

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung der Dissertation	XXI
Summary of the Dissertation	XXIII
Einleitung	1
Die Mathematiklehre als Spannungsfeld in der Ingenieurausbildung	1
Der Kontext dieser Dissertation: Das MatheMasch-Projekt	3
Die Ziele dieser Arbeit	4
Der Aufbau der Arbeit	4
1 Die Relevanz der deutschen Ingenieurausbildung und das Abbruchproblem	5
1.1 Zahlen und Fakten zum Studium in Deutschland	6
1.1.1 Allgemeine Zählungen	6
1.1.2 Anteile der Ingenieurwissenschaften	7
1.1.3 Studiendauer	8
1.1.4 Frauen in den Ingenieurwissenschaften	9
1.2 Bedeutung der Ingenieure für Deutschland	10
1.2.1 Einflüsse auf die Wirtschaft	11
1.2.2 Absolventenzahlen und Fachkräftemangel	13
1.3 Gründe und Zahlen zum Studienabbruch	15
1.3.1 Allgemeines zu den Studienabbruchquoten	15
1.3.2 Studienabbruch bei Ingenieuren	18
1.4 Hochschulprojekte	23
1.4.1 Klassische Maßnahmen	23
1.4.2 Ausgewählte Projekte	24
1.5 Studieren in Paderborn	32
1.5.1 Allgemeine Daten	32
1.5.2 Der Studiengang Maschinenbau	32
2 Mathematisches Modellieren in der mathematikdidaktischen Diskussion	39
2.1 Einführung	39

2.2	Definition von Modell, Modellieren und Modellierungsaufgaben	41
2.3	Modellierungskreisläufe und Modellierungskompetenzen . . .	43
2.3.1	Klassifizierung von Modellierungskreisläufen	43
2.3.2	Modellierungskompetenzen	52
2.4	Modellierungsperspektiven nach Greefrath et al.	53
2.4.1	Realistisches oder angewandtes Modellieren	54
2.4.2	Kontextuelles Modellieren	54
2.4.3	Pädagogisches Modellieren	55
2.4.4	Sozio-kritisches Modellieren	55
2.4.5	Epistemologisches oder theoretisches Modellieren . . .	55
2.4.6	Kognitives Modellieren	56
2.4.7	Affektive Ansätze zum Modellieren nach Borromeo Ferri	56
2.5	Ziele des Modellierens	57
2.5.1	Stoffbezogene Ziele	57
2.5.2	Pädagogische Ziele	57
2.5.3	Psychologische Ziele	58
2.5.4	Wissenschaftsorientierte Ziele	59
2.5.5	Weitere Ziele des Modellierens	59
2.6	Kategorien von Anwendungsaufgaben nach Greefrath et al. .	60
2.6.1	Klassische Sachaufgabentypen	60
2.6.2	Authentizität, Relevanz und Bezüge zum Modellierungsprozess	63
2.6.3	Weitere Analysekategorien für Modellierungsaufgaben	64
2.6.4	Aufgabenklassifizierung realitätsnaher Aufgaben nach Maaß	66
2.7	Argumente für und gegen die Lehre des mathematischen Modellierens	71
3	Das Konzept zur Entwicklung anwendungsorientierter Aufgaben	75
3.1	Ziele und Gründe der Konzept-Entwicklung	76
3.1.1	Unsere Ziele in Anlehnung an die Übersicht nach Kaiser	76
3.1.2	Ingenieurmathematik im hochschuldidaktischen Kontext	78
3.2	Das Konzept zur Aufgabenentwicklung: Innovation durch neue Aufgaben ohne sonstige Eingriffe	81
3.2.1	Die Problemlage	82
3.2.2	Die Konzeptidee für Anwendungsaufgaben in der Mathematik für Maschinenbauer	87
3.3	Das Konzept im Klassifizierungsschema nach Maaß	96
3.3.1	Ziele und Zielgruppen des Konzepts	96
3.3.2	Das Konzept im Klassifizierungsschema	98

3.4	Stoffdidaktische Analyse zweier Konzept-Aufgaben	101
3.4.1	Die Laserstrahl-Aufgabe	101
3.4.2	Die Halfpipe-Aufgabe	109
3.5	Anmerkungen zur konkreten Aufgabenkonstruktion	119
3.5.1	Die Checkliste	119
3.5.2	Hinweise zu den Musterlösungen	122
3.5.3	Vorschläge zur Einsetzbarkeit der Aufgaben	123
3.5.4	Bekanntheit als Nachteil?	123
3.6	Vergleich mit zwei ähnlichen Konzepten	124
3.6.1	Kontextorientierte Aufgaben aus Braunschweig	125
3.6.2	Anwendungsaufgaben von Papula	128
4	Das Untersuchungskonzept der Intervention	133
4.1	Zur Evaluation der Lehre an Hochschulen	133
4.1.1	Quellen der Lehrevaluation an Hochschulen	134
4.1.2	Klassifizierung nach Kromrey	137
4.2	Auswahl des Forschungsansatzes zur Evaluation der Intervention	141
4.2.1	Evaluationsforschung	141
4.2.2	Design-Based Research	142
4.2.3	Einordnung unseres Projektes	143
4.3	Überblick über die durchgeführten Studien	144
4.3.1	Beteiligte Personen	144
4.3.2	Ablauf der Studien und wichtige Begriffe	144
4.3.3	Äußere Einflüsse auf die Studien	151
4.3.4	Verwendete Tests und Programme	152
4.4	Hypothesen, Forschungsfragen und Operationalisierung	153
4.4.1	Die Forschungsfragen der Aufgabenevaluationsstudien	154
4.4.2	Die Forschungsfragen der Vergleichsstudien	160
4.4.3	Zu den Eigenschaften der Stichproben bei den Vergleichsstudien	175
5	Die Aufgabenevaluationsstudien	189
5.1	Aufbau und Instrumente	189
5.1.1	Aufbau der Studie	189
5.1.2	Die verwendeten Anwendungsaufgaben	190
5.1.3	Forschungsfragen und Instrumente	191
5.1.4	Änderungen an den Akzeptanzfragebögen zum WS14/15	201
5.2	Testgütekriterien	202

5.3	Ergebnisse zu den Forschungsfragen AF1-4 (Akzeptanzbefragungen)	206
5.3.1	Die Laserstrahl-Aufgabe im WS13/14	207
5.3.2	Die Aufgabe zur Flugsicherheit im WS13/14	223
5.3.3	Die Federpendel-Aufgabe im WS13/14	237
5.3.4	Die Aufgabe über den freien Fall im WS13/14	254
5.3.5	Die Stahlbalken-Aufgabe im WS13/14	269
5.3.6	Kommentare der Studierenden zu den Aufgaben im WS13/14	283
5.3.7	Erkenntnisse aus den Scans der studentischen Bearbeitungen vom WS13/14	286
5.3.8	Ein Fazit zu den Akzeptanzbefragungen im WS13/14	289
5.3.9	Die Laserstrahl-Aufgabe im Vergleich: WS13/14 zu WS14/15	292
5.3.10	Die Pendeluhr-Aufgabe im Vergleich: WS13/14 zu WS14/15	294
5.3.11	Die Halfpipe-Aufgabe im WS14/15	296
5.3.12	Die Aufgabe „Brücke im Winter“ im SoSe15	298
5.3.13	Die „Heißer Stahl“-Aufgabe im SoSe15	300
5.3.14	Die Aufgabe zur „Bauteilbelastung“ im SoSe15	303
5.4	Ergebnisse zu den Forschungsfragen AF5-7 (Endbefragungen)	304
5.4.1	Einstellungen zu den Aufgaben insgesamt (AF5)	304
5.4.2	Erinnerung an die Anwendungsaufgaben und ihre mathematischen Schwerpunkte (AF6)	316
5.4.3	Bewertung der erlebten Verbindung von Mathematik- und Ingenieurfachveranstaltung (AF7)	323
6	Zu den Eigenschaften der Stichproben bei den Vergleichsstudien	325
6.1	Design und Stichprobe zur Vergleichsstudie im WS13/14	325
6.1.1	Die Zusammensetzung der Probanden im WS13/14	325
6.1.2	Studienmotivation, Lernmotivation und Einstellungen zu Anwendungsaufgaben im WS13/14	337
6.1.3	Mathematikspezifische Lernstrategien und Feststellungen zum Wesen der Mathematik im WS13/14	343
6.1.4	Zur Forschungsfrage: Die Unterschiede im Überblick	355
6.2	Design und Stichprobe zur Vergleichsstudie im WS14/15 und SoSe15	357
6.2.1	Die Zusammensetzung der Probanden	357
6.2.2	Studienmotivation, Lernmotivation und Einstellungen zu Anwendungsaufgaben ab WS14/15	361

6.2.3	Mathematikspezifische Lernstrategien und Feststellungen zum Wesen der Mathematik ab WS14/15	367
6.2.4	Die Probanden in der Endbefragung WS14/15	372
6.2.5	Die Probanden in der Endbefragung SoSe15	372
6.2.6	Fazit	373
7	Ergebnisse zu den Vergleichsstudien	375
7.1	Unterschiede in der Relevanzeinschätzung der Mathematik	375
7.1.1	Gruppenunterschiede hinsichtlich der globalen Relevanzeinschätzung der Mathematik (VR1)	376
7.1.2	Zur Relevanz der einzelnen mathematischen Themen (VR2)	389
7.2	Die Selbsteinschätzung bezüglich der Anwendbarkeit des Gelernten	399
7.3	Auswirkungen auf die Motivation der Studierenden	401
7.3.1	Die Motivationsentwicklung im Vergleich zwischen Experimental- und Kontrollgruppe (VM1)	401
7.3.2	Die relative Bedeutung der Anwendungsaufgaben hinsichtlich der Motivationsentwicklung (VM2)	407
7.4	Verzahnung Mathematik und Ingenieurfachveranstaltungen	419
7.4.1	Bewertungen der erlebten Verzahnung	419
7.4.2	Die Unterschiede im Verzahnungswunsch	425
7.4.3	Zusammenfassung zur Verzahnungsthematik	428
7.5	Das Bedürfnis nach Anwendungsaufgaben	429
7.5.1	Die Bevorzugung des Aufgabentyps	429
7.5.2	Der Studiengruppenzugehörigkeitswunsch	433
7.5.3	Zusammenfassung zum Bedürfnis nach Anwendungsaufgaben	436
7.6	Auswirkungen auf das Lernverhalten insgesamt	437
7.6.1	Auswirkungen auf die Beschäftigungsintensität (VL1)	437
7.6.2	Freude an der Bearbeitung der Übungsaufgaben (VL2)	441
7.6.3	Zusammenfassung zu VL1 und VL2	442
7.7	Unterschiede in der Gesamtbewertung der Mathematik-Veranstaltung zwischen Experimental- und Kontrollgruppe	443
7.7.1	Nützlichkeitsbewertungen im WS13/14	444
7.7.2	Nützlichkeitsbewertungen im WS14/15	446
7.7.3	Nützlichkeitsbewertungen im SoSe15	448
7.7.4	Formelanwendung ohne Verständnis	449
7.7.5	Zusammenfassung zu den Unterschieden in der Gesamtbewertung	450

7.8	Unterschiede in der Klausurleistung und den erlangten Bonuspunkten zwischen Experimental- und Kontrollgruppe . . .	451
7.8.1	Klausurergebnisse und Bonuspunkte im WS14/15 . . .	451
7.8.2	Klausurergebnisse und Bonuspunkte im SoSe15	453
7.8.3	Zusammenfassung zur Klausurleistung	455
8	Zusammenfassung der Ergebnisse und Ausblick	457
8.1	Abschließende Beantwortung der Forschungsfragen	457
8.1.1	Die Aufgabenevaluation	457
8.1.2	Zu den Eigenschaften der Stichproben bei den Vergleichsstudien	465
8.1.3	Die Vergleichsstudien	466
8.2	Konsequenzen aus den wissenschaftlichen Studien für die Mathematikausbildung der Ingenieure	478
8.3	Ausblick	481
9	Anhang	485
9.1	Anhang A: Die verwendeten Fragebögen	485
9.2	Anhang B: Die Aufgabenstellungen der eingesetzten Anwendungsaufgaben	536
	Literaturverzeichnis	555