

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	11
1.1	Computer im Mathematikunterricht	11
1.1.1	Der Computer zum Programmieren	12
1.1.2	Der Computer als Werkzeug	12
1.1.3	Der Computer als „Lehrer“	14
1.2	Zielsetzung und Gliederung der Arbeit	15
2	Wissensbasierte Lernsysteme	17
2.1	Intelligente Tutorielle Systeme (ITS)	17
2.1.1	Das Expertenmodul	18
2.1.1.1	Expertenmodul versus Expertensystem	19
2.1.1.2	Black-Box- und White-Box-Experten	20
2.1.1.3	Wissensdarstellung: Modelle und Werkzeuge	22
2.1.2	Das Schülermodul	23
2.1.2.1	Wissenserwerb	24
2.1.2.2	Wissensdarstellung	24
2.1.2.3	Wissensherleitung	25
2.1.3	Das Unterrichtsmodul	26
2.1.3.1	Unterrichtsinhalte auswählen, sequenzieren und präsentieren	27
2.1.3.2	Aufgaben stellen	27
2.1.3.3	Auf Fehler und Fragen reagieren	27
2.1.4	Das Kommunikationsmodul	29
2.1.4.1	Benutzerschnittstellen	30
2.1.4.2	Hypermedia-Systeme	31
2.1.5	Probleme der Entwicklung von ITS	32
2.2	Advanced Computer Tutoring	33
2.3	Problemorientierte Tutorielle Systeme (PTS)	35
2.3.1	Das Konzept von PTS	35
2.3.2	Der Aufbau von PTS	36
2.3.3	Zusammenfassung	38
3	Der Schrittrechner von Mathlantis	39
3.1	Der Aufbau von Mathlantis	40
3.2	Das Kommunikationsmodul	42
3.3	Das Expertenmodul	44
3.3.1	Mathematische Anforderungen	44

3.3.1.1	Zahlen, Variablen, Terme, Gleichungen und Ungleichungen	45
3.3.1.2	Aufgabenklassen	46
3.3.2	Das Curriculum	48
3.3.2.1	Umformung von Termen	49
3.3.2.2	Lösen linearer Gleichungen und Ungleichungen	52
3.3.2.3	Definitionsbereich und Fallunterscheidungen	54
3.3.2.4	Lösen linearer Gleichungssysteme	55
3.3.3	Tutorielle Funktionalitäten	57
3.3.4	Technische Aspekte des Expertenmoduls	58
3.3.4.1	Datentypen für Zahlen, Variablen, Terme, Gleichungen, Ungleichungen und Mengen	58
3.3.4.2	Ein- und Ausgabe von Objekten: Kommunikation mit Mathlantis	62
3.3.4.3	Lösungsverfahren und Hilfsfunktionen	65
3.3.5	Zur Implementierung von <code>Compute()</code>	73
3.3.6	Zur Implementierung von <code>GetNextCommand()</code>	76
3.4	Das Unterrichtsmodul	76
3.5	Das Schülermodul	79
3.5.1	Das lokale Schülermodell	79
3.5.2	Das globale Schülermodell	80
3.6	Diskussion und Fazit	80
3.6.1	Fragen zum Curriculum	82
3.6.2	Technische Fragestellungen	84
3.6.3	Eine Prioritätenliste für zukünftige Entwicklungen	85
3.6.4	Abschließende Bemerkungen	86
4	Entwicklung von Software-Komponenten	89
4.1	Aspekte von Software-Komponenten	89
4.1.1	Zum Begriff der Software-Komponente	90
4.1.2	Anforderungen an Software-Komponenten	91
4.2	Komponentenarchitekturen	93
4.2.1	COM und ActiveX	93
4.2.1.1	COM-Objekte und Schnittstellen	94
4.2.1.2	Identifikation von Objekten und Schnittstellen	97
4.2.1.3	Paradigmen der OOP in COM	98
4.2.1.4	Beschreibung von Schnittstellen	99
4.2.1.5	Typ-Bibliotheken	100
4.2.2	ActiveX-Controls	100
4.2.3	JavaBeans	102
4.2.4	Vergleich von COM und JavaBeans	104
4.3	Software-Komponenten für Lernsysteme	105
5	Software-Komponenten für Lernsysteme	107
5.1	Der MuPAD-Kern	108
5.2	Das Simple Calculator Control	111
5.2.1	Technische Eigenschaften	111
5.2.2	Eingabe und Ausgabe mathematischer Ausdrücke	112
5.2.3	Modifikation der Templates	116
5.2.4	Änderungen am Layout der Komponente	118

5.2.5	Kommunikation mit MuPAD	118
5.2.5.1	Die Methoden <code>SetOperation</code> und <code>Execute</code> . . .	120
5.2.5.2	Die Methode <code>ExecuteString</code>	127
5.2.6	Das Document Object Model (DOM)	129
5.2.7	Die Rechnung als DOM-Dokument	129
5.2.8	Der Zugriff auf die Rechnung	132
5.2.9	Die MuPAD-DOM-Schnittstelle	138
5.2.9.1	Referenzierung der COM-Objekte in MuPAD .	138
5.2.9.2	Der Datentyp <code>MathContent</code>	140
5.2.9.3	DOM-Funktionen der Bibliothek <code>calc</code>	142
5.2.10	Zur Darstellung und Übertragung mathematischer Daten	144
5.2.11	Zukünftige Entwicklungen	147
5.3	Das Graph 3D Control	149
5.3.1	Technische Eigenschaften	150
5.3.2	Die Grafikszenen	151
5.3.3	Dreidimensionale grafische Objekte	151
5.3.4	Interaktionen mit grafischen Objekten	157
5.3.5	Die Kommunikation mit MuPAD	163
5.3.6	Zukünftige Entwicklungen	167
5.4	Diskussion und Fazit	168
5.4.1	Zur Verwendung des MuPAD-Kerns	168
5.4.2	Bemerkungen zu den ActiveX-Controls	170
6	Der Algebra-Experte	173
6.1	Das Kommunikationsmodul	174
6.2	Das Unterrichtsmodul	181
6.3	Das Expertenmodul	188
6.4	Fazit	193
7	Zusammenfassung	195
	Literaturverzeichnis	199
	Stichwortverzeichnis	207

Abbildungsverzeichnis

3.1	Mathlantis — Der Einstieg in den Spiel-, Lern- und Übungsteil	40
3.2	Mathlantis — Der „Mathe-Trainer“	41
3.3	Kommunikationsmodul — Eingabe und Ausgabe mathematischer Ausdrücke	43
3.4	Kommunikationsmodul — Auswahl einer Umformungsregel	43
3.5	Kommunikationsmodul — Auswahl eines Kommentars durch den Schüler	55
3.6	Mathlantis — Zur Kommunikation mit dem Expertenmodul	66
3.7	Expertenmodul — Die Unterteilung der Funktion <code>Compute()</code>	74
3.8	Unterrichtsmodule — Beispiel zur Lösung einer Bruchgleichung	77
4.1	COM — Diagramm einer virtuellen Tabelle (<code>vTable</code>)	95
4.2	COM — Kommunikation zwischen Clients und einem Server über Schnittstellen	96
4.3	COM — Registrierung von COM-Objekten unter Windows: Ein- trag der CLSID in die Windows-Registrierung	97
4.4	COM — Registrierung von COM-Objekten unter Windows: Ein- trag der ProgID in die Windows-Registrierung	97
4.5	COM — Registrierung von COM-Objekten unter Windows: Ein- trag der IID in die Windows-Registrierung	98
4.6	COM — Automatische Methodenergänzung unter Visual Basic	101
4.7	COM — Der Komponenten-Referenz-Dialog von Visual Basic	101
5.1	MuPAD — Unterteilung in Systemkern, Bibliotheken und Be- nutzerschnittstellen	109
5.2	Rechner-Komponente — Zur Overlay-Technik: Tastaturfolge zur Eingabe des Terms $(a + b)^2$	115
5.3	Rechner-Komponente — Verschiedene Layout-Beschreibungen für das Template "limitRight"	118
5.4	Rechner-Komponente — Die Eingabe zusätzlicher Argumente am Beispiel der Operation „ableiten“	124
5.5	Rechner-Komponente — Der Standard-Berechnungsablauf über die Methoden <code>SetOperation</code> und <code>Execute</code>	126
5.6	Rechner-Komponente — Inkonsistente Rechenschritte in einer Rechnung	127
5.7	Rechner-Komponente — Die Struktur einer Rechnung als DOM Dokument	130
5.8	Rechner-Komponente — Repräsentation eines mathematischen Ausdrucks	145

5.9	Grafik-Komponente — Beispielanwendung in Visual Basic: Kegelschnitte	156
5.10	Grafik-Komponente — Beispielanwendung in Visual Basic: Einzeichnen von Vektoren im Raum	163
5.11	Grafik-Komponente — Beispielanwendung in Visual Basic: Lage dreier Ebenen im Raum	167
6.1	AlgebraExpert — Das Kommunikationsmodul	175
6.2	AlgebraExpert — Beispiel eines Berechnungsablaufes	182

Tabellenverzeichnis

3.1	Expertenmodul — Die Datentypen	61
3.2	Expertenmodul — Basiseinträge der Datentypen	61
3.3	Expertenmodul — Einträge der Datentypen für die Operationen	62
3.4	Expertenmodul — Einträge der Datentypen zur Konvertierung und Analyse von Objekten	63
5.1	Rechner-Komponente — Templates: Layoutmasken zur Eingabe und Darstellung von Operatoren und Funktionen	114
5.2	Rechner-Komponente — Kleine Auswahl vordefinierter Namen für spezielle Zeichen und mathematische Symbole	116
5.3	Schnittstelle Calc — Eingabe und Darstellung von mathematischen Ausdrücken	119
5.4	Schnittstelle Calc — Eigenschaften zur Darstellung von mathematischen Ausdrücken und Operationen in einer Rechnung	119
5.5	Schnittstelle Calc -- Kommunikation mit MuPAD	121
5.6	Schnittstelle DOMNode — Auswahl wichtiger Methoden	133
5.7	Schnittstelle DOMDocument — Implementierte Methoden	133
5.8	Schnittstelle DOMELEMENT — Implementierte Methoden	134
5.9	Schnittstelle Calc -- Die Verbindung zu den DOM-Schnittstellen	134
5.10	Rechner-Komponente — Funktionen zur Konvertierung von Objekten vom Typ MathContent	141
5.11	Rechner-Komponente — Die MuPAD-Bibliothek calc: Werkzeuge zum Zugriff auf das DOM	143
5.12	Schnittstelle Graph3D — Auswahl an Attributen einer Grafiksze- ne und Einstellungen für die Kamera des Betrachters	152
5.13	Schnittstelle Graph3D — Operationen für Grafikobjekte	153
5.14	Schnittstelle Graph3D — Anwenden affiner Transformationen auf Grafikobjekte	154
5.15	Schnittstelle Graph3D -- Interaktionsmöglichkeiten mit Grafikob- jekten	158
5.16	Schnittstelle Graph3D -- Abfrage von 3D-Punkten	159