Josef Trölß

Angewandte Mathematik mit Mathcad

Lehr- und Arbeitsbuch

Band 1

Einführung in Mathcad

Dritte, aktualisierte Auflage

SpringerWienNewYork

Mag. Josef Tröls
Asten/Linz, Österreich

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdruckes, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten.

© 2005, 2007, 2008 Springer-Verlag/Wien
Printed in Germany
SpringerWien New York ist ein Unternehmen von
Springer Science + Business Media
springer.at

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Buch berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Produkthaftung: Sämtliche Angaben in diesem Fachbuch/wissenschaftlichen Werk erfolgen trotz sorgfältiger Bearbeitung und Kontrolle ohne Gewähr. Insbesondere Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen müssen vom jeweiligen Anwender im Einzelfall anhand anderer Literaturstellen auf ihre Richtigkeit überprüft werden. Eine Haftung des Autors oder des Verlages aus dem Inhalt dieses Werkes ist ausgeschlossen.

Korrektur: Mag. Eva-Maria Oberhauser/Springer-Verlag
Satz: Reproduktionsfertige Vorlage des Autors
Druck und Bindearbeiten: Strauss GmbH, 69509 Mörlenbach, Deutschland

Gedruckt auf säurefreiem, chlorfrei gebleichtem Papier – TCF
SPIN: 12174416

Mit zahlreichen Abbildungen

Bibliografische Informationen der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-211-76742-9 SpringerWienNewYork
ISBN 978-3-211-71178-1 2. Aufl. SpringerWienNewYork

Vorwort

Dieses Lehr- und Arbeitsbuch aus dem vierbändigen Werk "Angewandte Mathematik mit Mathcad" richtet sich vor allem an Schülerinnen und Schüler höherer Schulen, Studentinnen und Studenten, Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftler sowie Anwenderinnen und Anwender, speziell im technischen Bereich, die sich über eine computerorientierte Umsetzung mathematischer Probleme informieren wollen und dabei die Vorzüge von Mathcad möglichst effektiv nützen möchten. Das vierbändige Werk wird noch ergänzt durch das Lehr- und Arbeitsbuch "Einführung in die Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung und in die Qualitätssicherung mithilfe von Mathcad".

Computer-Algebra-Systeme (CAS) und **computerorientierte numerische Verfahren (CNV)** vereinfachen den praktischen Umgang mit der Mathematik ganz entscheidend und erfahren heute eine weitreichende Anwendung. Bei ingenieurmäßigen Anwendungen kommen CAS und CNV nicht nur für anspruchsvolle mathematische Aufgabenstellungen und Herleitungen in Betracht, sondern auch als Engineering Desktop Software für alle Berechnungen.

Mathcad stellt eine Vielfalt an Werkzeugen zur Verfügung. Die laufenden Neuerscheinungen heben sich dank zahlreicher Verbesserungen und Erweiterungen deutlich von den Vorgängerversionen ab. Konsistent mit älteren Versionen verbindet Mathcad **mathematische Formeln, Berechnungen, Texte, Grafiken usw.** in einem einzigen Arbeitsblatt. So lassen sich Berechnungen und ihre Resultate besonders einfach **illustrieren, visualisieren und kommentieren**. Werden dabei einzelne Parameter variiert, passt die Software umgehend alle betroffenen Formeln und Diagramme des Arbeitsblattes an diese Veränderungen an. Spielerisch lässt sich so das "Was wäre wenn" untersuchen. Damit eignet sich diese Software in hervorragender Weise zur **Simulation** vieler Probleme. Auch die Visualisierung durch **Animation** kommt nicht zu kurz. Ein weiterer Vorteil besteht auch darin, dass die meisten **mathematischen Ausdrücke** mit modernen Editierfunktionen **in gewohnter standardisierter mathematischer Schreibweise** dargestellt werden können. Zusätzliche Erleichterung schaffen übersichtliche Symbolleisten, welche die vorhandenen Symbole zur Auswahl anbieten. In der Seitengestaltung rückt Mathcad weitere Schritte näher an professionelle Textverarbeitungen heran. Mithilfe eines Lineals lassen sich Tabulatoren platzieren, an denen Textabschnitte, mathematische Formeln oder Grafiken exakt ausgerichtet werden können. Die frei gestaltbaren Arbeitsblätter können aber auch mit verschiedenen Schriften und Farben versehen werden, sodass sich letztendlich ein schönes druckbares Gesamtbild ergibt.

Mithilfe neuer Werkzeuge lassen sich Arbeitsblätter mit Hyperlinks versehen und über Hyperlinks zu "elektronischen Büchern" samt Inhaltsverzeichnis und Index zusammenfassen. Thematisch sortiert stellt die Firma PTC bereits mit der Software in der Ressourcen-Symbolleiste solche elektronische Bücher zur Verfügung. In ihr sind Lernprogramme, QuickSheets und Verweistabellen zusammengestellt, die vom Anwender mit wenigen Handgriffen an die eigene Aufgabenstellung angepasst werden können. Über die Ressourcen-Symbolleiste Lernprogramme können auch noch ein Benutzerhandbuch und Versionshinweise aufgerufen werden. Außerdem unterstützt Mathcad den Microsoft-Standard OLE 2 (Object Linking and Embedding) für die Zusammenarbeit mit anderen Programmen. Damit werden Drag & Drop sowie die Inplace-Aktivierung sowohl auf dem Client als auch auf dem Server möglich. Dass sich Daten, wie ASCII-Dateien und Daten gängiger Programme, wie Excel, Matlab, SmartSketch, SolidWorks, Labview u. a. m., ohne Probleme importieren und weiterverarbeiten lassen, ist für Mathcad-Anwender daher inzwischen eine Selbstverständlichkeit. Mathcad verarbeitet aber auch Daten aus anderen Anwendungen und stellt auch eigene Resultate für eine Weiterverarbeitung zur Verfügung. So können u. a. Mathcad-Arbeitsblätter als OLE-Objekt in Visual Basic oder in C++ Programmen eingebettet werden. Außerdem lässt sich ein Add-In für Excel aus dem Internet herunterladen. Es macht das gesamte Mathematik- und Grafik-Potential von Mathcad innerhalb von Excel nutzbar. Ein Arbeitsblatt kann auch als Internetseite gespeichert werden. Durch die offene Anwendungsarchitektur, die Unterstützung für **.NET Framework** und das **programm-eigene XML-Format** kann Mathcad auf einfache Weise in andere technische Anwendungen und Strukturen eingebunden werden.

Noch einen Schritt weiter geht die Integration von Mathcad in Pro/ENGINEER und das Produktentwicklungssystem von PTC. Darüber hinaus können Mathcad-Arbeitsblätter in der PTC Windchill® gespeichert und verwaltet werden, wodurch die zentrale Verfügbarkeit, gemeinsame Nutzung und Wiederverwendung von wichtigen Berechnungen sichergestellt wird. Zusätzlich steht für die Veröffentlichung von Mathcad-Arbeitsblätter der **Mathcad Calculation (Application) Server** zur Verfügung. Der Mathcad Calculation Server ermöglicht interaktive Mathcad-Arbeitsblätter über das Internet und über Intranets zu verteilen. Damit können verschiedene Personen über standardisierte Web-Browser sofort auf die Arbeitsblätter zugreifen und interaktiv damit arbeiten.

Gliederung des ersten Bandes

In diesem Band sollen die Funktionalitäten des heute weitverbreiteten CAS- und CNV-Systems Mathcad vorgestellt und anhand theoretischer und allgemein verständlicher praktischer Berechnungen erläutert werden. Dieses Buch wurde weitgehend mit Mathcad 14 (M011) erstellt, sodass die vielen angeführten Beispiele leicht nachvollzogen werden können. Sehr viele Aufgaben können aber auch mit älteren Versionen von Mathcad gelöst werden. Die einzelnen Themen werden für das Verständnis möglichst kurz gefasst, sodass sich der Leser schnell einarbeiten kann. Natürlich kann nicht immer auf alle Details und alle verfügbaren Funktionen eingegangen werden, denn dies würde den Umfang dieses Buches bei weitem sprengen.

Die Themen wurden im Wesentlichen in 19 Kapitel eingeteilt. Die ersten 8 Kapitel sollte vor allem der Anfänger zuerst durcharbeiten. Aber auch der fortgeschrittene Anwender wird vielleicht in diesen Kapiteln einige Anregungen finden. In Kapitel 20 wurden die derzeit verfügbaren Funktionen in Kurzform zusammengefasst.

Kapitel 1:

In einer verkürzten Darstellungsform wird hier die Oberfläche von Mathcad beschrieben. Dazu werden die wesentlichen Fenster, Symbolleisten und Kontextmenüs aufgezeigt.

Kapitel 2:

Hier findet sich eine Einführung über die Darstellung und Handhabung der Variablen.

Kapitel 3:

Dieses Kapitel behandelt das Rechnen mit beliebigen Zahlen und die Handhabung der SI-Einheiten.

Kapitel 4:

Wie mit Termen und allgemeinen Ausdrücken symbolisch gerechnet werden kann, wird in diesem Kapitel aufgezeigt.

Kapitel 5:

Das numerische und symbolische Rechnen mit Summen und Produkten wird hier kurz abgehandelt.

Kapitel 6:

In diesem Kapitel wird auf das Wesentliche der sehr wichtigen Vektor- und Matrizenrechnung eingegangen.

Kapitel 7:

Dieses Kapitel zeigt den Umgang mit den wesentlichen 2D- und 3D-Grafiken. Auch auf die Video-Animation wird hier kurz eingegangen.

Kapitel 8:

Wie Gleichungen, Ungleichungen, Gleichungssysteme und Ungleichungssysteme gelöst werden können, wird hier anhand von zahlreichen Beispielen aufgezeigt.

Kapitel 9:

Der Einstieg in die höhere Mathematik beginnt hier mit der Behandlung von Folgen, Reihen und Grenzwerten.

Kapitel 10:

Die numerische und symbolische Differentiation von Funktionen mit einer und mehreren Variablen sind Inhalt dieses Kapitels.

Kapitel 11:

Verschiedene Integrale und ihre numerische und symbolische Auswertungsmöglichkeit sollen hier aufgezeigt werden.

Kapitel 12:

Hier wird auf die Taylor- und Laurentreihen Bezug genommen.

Kapitel 13:

Ein umfangreiches Kapitel stellen die Fourierreihen und das Fourierintegral dar.

Kapitel 14:

Laplace- und z-Transformation sind bei vielen Anwendungen sehr nützlich und stellen daher eine wichtige Grundlage dar.

Kapitel 15:

Auf die Beschreibung dynamischer Systeme mithilfe von Differentialgleichungen und deren Lösungsmöglichkeiten wird hier eingegangen.

Kapitel 16:

Bei vielen Datenauswertungen ist die Fehler- und Ausgleichsrechnung sowie die Interpolation ein wichtiges Hilfsmittel.

Kapitel 17:

In Mathcad können auch Operatoren selbst erstellt werden.

Kapitel 18:

In diesem Kapitel wird der Umgang mit logischen Ausdrücken und logischen Verknüpfungen sowie das Programmieren von selbsterstellten Funktionen erklärt.

Kapitel 19:

Dieses sehr umfangreiche Kapitel befasst sich mit den zahlreichen Schnittstellen in Mathcad.

Seit den letzten Mathcad-Versionen stehen neue Funktionen aus dem Finanz- und Geschäftsbereich zur Verfügung. Diese Werkzeuge eignen sich sehr gut zu Kredit- oder Cashflow-Berechnungen sowie zur Bestimmung von Investitionskosten. Auf diese Funktionen wird hier jedoch nicht weiter eingegangen. Im angefügten Literaturverzeichnis finden sich Hinweise darauf.

Darüber hinaus stehen noch viele statistische Verteilungen, die in der Praxis häufig benötigt werden, samt ihren Umkehrungen zur Verfügung. Näheres dazu kann meinem **Statistik-Buch** (siehe Literaturverzeichnis) entnommen werden.

Spezielle Hinweise

Beim Erstellen eines Mathcad-Dokuments ist es hilfreich, viele mathematische Sonderzeichen verwenden zu können. Ein recht umfangreicher Zeichensatz ist die **Unicode-Schriftart "Arial"**. Eine neue **Mathematik-schriftart (Unicode-Schriftart "Mathcad UniMath")** von Mathcad erweitert die verfügbaren **mathematischen Symbole (wie z. B. griechische Buchstaben, mathematische Operatoren, Symbole und Pfeile) beträchtlich**. Einige **Sonderzeichen** aus der **Unicode-Schriftart "Arial"** stehen auch im **"Ressourcen-Menü"** von Mathcad zu Verfügung (**QuickSheets-Gesonderte Rechensymbole**).

Spezielle Zeichen finden sich auch in anderen Zeichensätzen wie z. B. **Bookshelf Symbol 2, Bookshelf Symbol 4, Bookshelf Symbol 5, MT Extra, UniversalMath1 PT, Castellar und CommercialScript BT**. **Empfohlen wird aber der Einsatz von reinen Unicode-Schriftarten.**

Zum **Einfügen verschiedener Zeichen** aus **verschiedenen Zeichensätzen** ist das **Programm Charmap.exe** sehr nützlich. Dieses Programm finden Sie unter **Zubehör-Zeichentabelle** in **Microsoft-Betriebssystemen**. **Es gibt aber auch andere nützliche Zeichentabellen-Programme.**

Viele **Zeichen** können aber auch mithilfe des **ASCII-Codes** (siehe Zeichentabelle) eingefügt werden (Eingabe mit Alt-Taste und Zifferncode mit dem numerischen Rechenblock der Tastatur).

Damit Variable zur Darstellung von **Vektoren und Matrizen** von normalen Variablen unterschieden werden können, werden diese hier in **Fettschreibweise** dargestellt. Die Darstellung von Vektoren mit Vektorpfeilen als Variablen ist in Mathcad **nur dann möglich, wenn z. B. die Schriftart "Tvector"** installiert wird. Der Vektorpfeil über mathematische Ausdrücke (in der Symbolleiste-Matrix) stellt einen Vektorisierungsoperator dar.

Zur Darstellung von **komplexen Variablen** wird hier die **Fettschreibweise mit Unterstreichung** gewählt.

Texte und Variable werden in diesem Buch in der Schriftart Arial dargestellt.

Damit Variable, denen bereits ein Wert zugewiesen wurde, wertunabhängig auch für nachfolgende symbolische Berechnungen mit den Symboloperatoren (live symbolic) verwendet werden können, werden diese einfach redefiniert (z. B. **$x:=x$**). Davon wird öfters Gebrauch gemacht.

Tasten und Tastenkombinationen werden in spitzen Klammern dargestellt z.B. bei **<Strg>+<c>** wird die Strg-Taste gedrückt gehalten und dann die c-Taste gedrückt.

Angaben wie **<Alt>+stf** bedeuten, dass bei gedrückt gehaltener Alt-Taste die Tasten s, t und f hintereinander gedrückt werden müssen.

Systemvoraussetzungen

Hardware:

- Pentium-kompatibler 32-Bit- (x86) oder 64-Bit-Prozessor (x86-64, EM64T), 400 MHz oder höher; 700 MHz oder höher empfohlen
- 256 MB Arbeitsspeicher; mindestens 512 MB empfohlen
- 550 MB freier Speicherplatz auf der Festplatte (250 MB für Mathcad, 100 MB für die erforderlichen Komponenten, 200 MB temporärer Speicher während der Installation)
- CD-ROM- oder DVD-Laufwerk (nur bei Installation von CD)
- Mindestens SVGA-Grafikkarte und -Bildschirm
- Maus oder kompatibles Zeigegerät

Software:

- Windows 2000 SP4, Windows XP SP2, Windows XP Professional x64, Windows 2003, Windows Vista
- Microsoft .NET Framework® 2.0 (*)
- MSXML 4.0 SP2 oder höher (*)
- Microsoft Data Access Components 2.6 oder höher (*)
- Internet Explorer 6.0 oder höher (*)
- Adobe Acrobat Reader 5.0 oder höher (*)

Die mit (*) gekennzeichnete Software kann während der Installation von Mathcad optional automatisch mitinstalliert werden.

Der Internet Explorer 6.0 oder höher ist zur Unterstützung des Hilfesystems, für den Zugriff auf HTML-Inhalte im Ressourcenfenster, das Öffnen und Speichern Webbasierter Dateien und die automatische Produktaktivierung erforderlich. Sie müssen den Internet Explorer nicht als Standard-Browser definieren, um diese Funktionalitäten nutzen zu können.

Versionshinweise

Versionshinweise für Mathcad 14 finden Sie in der **Ressourcen-Symbolleiste-Lernprogramme** oder **-QuickSheets** unter **Anmerkungen zur Version**. Diese Datei namens **Relnotes.htm** befindet sich im Verzeichnis **Programme\Mathcad\Mathcad14\doc**.

Dieses Dokument enthält die neuesten Informationen zu Mathcad 14:

- 1. Neue Funktionen in Mathcad**
- 2. Informationen zur Installation**
- 3. Bekannte Einschränkungen**
- 4. Behobene Probleme**
- 5. Weitere Hilfe zu Mathcad**

Versionshinweise und andere Hinweise zu Mathcad 14 finden sich auf der Webseite www.ptc.com unter **PRODUKTE-Mathcad**.

Danksagung

Eine große Hilfe waren beim Erstellen dieses Buches die vielen Beiträge im Internet und einige im Anhang angeführte Bücher, von denen ich viel gelernt habe, und deren Ideen und Vorschläge sich in einigen Bereichen dieser Arbeit widerspiegeln.

Mein außerordentlicher Dank gebührt meinen geschätzten Kollegen Reinhard Scheiblhofer, Reinhard Leitner und Bernhard Roiss für ihre Hilfestellungen bei der Herstellung des Manuskriptes, für wertvolle Hinweise und zahlreiche Korrekturen.

Hinweise, Anregungen und Verbesserungsvorschläge sind jederzeit willkommen.

Linz, im Februar 2008

Josef Trölb

Mathcad, Electronic Books, QuickSheets, Collaboratory, Calculation Server sind eingetragene Warenzeichen von PTC.

Microsoft und Windows sind eingetragene Warenzeichen der Microsoft Corp.

MATLAB ist ein eingetragenes Warenzeichen von The Math, Inc.

OpenGL ist ein eingetragenes Warenzeichen von Silicon Graphics, Inc.

SmartSketch ist ein eingetragenes Warenzeichen der Intergraph Corporation.

Andere genannte Marken- und Produktnamen sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen ihrer jeweiligen Eigentümer.

Inhaltsverzeichnis

1. Beschreibung der Oberfläche und Bearbeitung eines Arbeitsblattes 1 ... 48

1.1 <u>Mathcad-Oberfläche</u>	1
1.2 <u>Menüleiste</u>	2
1.3 <u>Standard-Symboleiste</u>	11
1.4 <u>Formatierungsleiste</u>	11
1.5 <u>Arbeitsblatt erstellen</u>	12
1.6 <u>Bearbeiten von Arbeitsblättern</u>	17
1.6.1 <u>Texteingabe und Formatierung</u>	18
1.6.2 <u>Eingabe von mathematischen Ausdrücken und Formatierung</u>	21
1.6.3 <u>Einfügen von Diagrammen und Grafiken</u>	23
1.6.4 <u>Region einfügen, sperren und ausblenden</u>	25
1.6.5 <u>Hyperlink einfügen und bearbeiten</u>	26
1.6.6 <u>Verweis auf eine Datei einfügen</u>	28
1.6.7 <u>Komponente einfügen</u>	29
1.6.8 <u>Objekt einfügen</u>	30
1.6.9 <u>Speichern und schützen von Mathcad-Arbeitsblättern</u>	32
1.7 <u>Allgemeine Hinweise</u>	38

2. Variablen, Operatoren und Funktionen 49 ... 73

2.1 <u>Gültige und ungültige Variablennamen</u>	49
2.1.1 <u>Gültige Variablennamen</u>	49
2.1.2 <u>Ungültige Variablennamen</u>	55
2.2 <u>Operatoren</u>	55
2.3 <u>Variablendefinitionen</u>	57
2.3.1 <u>Lokale Variablen</u>	58
2.3.2 <u>Globale Variablen</u>	59
2.3.3 <u>Indizierte Variablen (Vektoren und Matrizen)</u>	60
2.3.4 <u>Bereichsvariablen</u>	63
2.4 <u>Funktionen</u>	64
2.4.1 <u>Einige nützliche vordefinierte Funktionen</u>	65
2.4.2 <u>Selbstdefinierte Funktionen</u>	67

3. Rechnen mit beliebigen Zahlen und Einheiten 74 ... 104

3.1 <u>Numerisches Rechnen</u>	74
3.2 <u>Numerische und symbolische Auswertung</u>	81

Inhaltsverzeichnis

3.3 <u>Rechnen mit Einheiten</u>	86
3.3.1 <u>Winkelmaße</u>	95
3.3.2 <u>Vordefinierte und nicht vordefinierte Einheiten</u>	99
<hr/>	
4. <u>Umformen von Termen</u>	105 ... 131
<hr/>	
4.1 <u>Polynome</u>	108
4.1.1 <u>Multiplikation und Summe von Polynomen</u>	108
4.1.2 <u>Potenzgesetze und Potenzen von Polynomen</u>	112
4.2 <u>Bruchterme (ganzrationale Terme)</u>	116
4.2.1 <u>Addition, Subtraktion und Division</u>	116
4.3 <u>Logarithmische Ausdrücke</u>	119
4.4 <u>Trigonometrische und hyperbolische Ausdrücke</u>	120
4.5 <u>Andere Umformungen</u>	123
<hr/>	
5. <u>Summen und Produkte</u>	132 ... 139
<hr/>	
5.1 <u>Numerische Auswertung von Summen und Produkten</u>	133
5.2 <u>Symbolische Auswertung von Summen und Produkten</u>	135
5.3 <u>Funktionen mit Summen und Produkten</u>	137
<hr/>	
6. <u>Vektoren und Matrizen</u>	140 ... 160
<hr/>	
6.1 <u>Erstellen von Vektoren und Matrizen</u>	141
6.1.1 <u>Erstellen mithilfe von Bereichsvariablen</u>	141
6.1.2 <u>Erstellen mit der Symbolleiste Matrix</u>	142
6.2 <u>Vektor- und Matrizenoperationen</u>	142
6.2.1 <u>Vektor- und Matrizenoperatoren</u>	142
6.2.2 <u>Vektor- und Matrizenfunktionen</u>	150
6.2.3 <u>Verschachtelte Datenfelder</u>	159
<hr/>	
7. <u>Funktionsdarstellungen</u>	161 ... 238
<hr/>	
7.1 <u>X-Y-Diagramm (Kartesisches Koordinatensystem)</u>	161
7.2 <u>Logarithmisches Koordinatensystem</u>	194
7.3 <u>Ebenes Polarkoordinatensystem</u>	203
7.4 <u>X-Y-Z-Diagramm (Räumliches Koordinatensystem)</u>	211

Inhaltsverzeichnis

7.5 <u>Flächen in Parameterform</u>	228
7.6 <u>Animation</u>	232
<hr/>	
8. <u>Gleichungen, Ungleichungen und Systeme</u>	239 ... 299
<hr/>	
8.1 <u>Allgemeines</u>	239
8.2 <u>Gleichungen und Ungleichungen</u>	242
8.3 <u>Lösen eines linearen Gleichungssystems</u>	264
8.4 <u>Lösen eines nichtlinearen Gleichungssystems mit und ohne Nebenbedingungen</u>	277
8.5 <u>Numerisches Suchen von Minima und Maxima einer Funktion</u>	287
8.6 <u>Numerisches Lösen von linearen Optimierungsaufgaben</u>	295
8.7 <u>Numerisches Lösen von Differenzengleichungen</u>	298
<hr/>	
9. <u>Folgen-Reihen-Grenzwerte</u>	300 ... 314
<hr/>	
9.1 <u>Folgen</u>	300
9.2 <u>Endliche Reihen</u>	302
9.3 <u>Unendliche Reihen</u>	303
9.4 <u>Grenzwerte</u>	305
9.5 <u>Grenzwerte und Stetigkeit von reellwertigen Funktionen</u>	308
<hr/>	
10. <u>Ableitungen von Funktionen</u>	315... 349
<hr/>	
10.1 <u>Ableitungen von Funktionen in einer Variablen</u>	317
10.1.1 <u>Symbolische Ableitungen</u>	317
10.1.2 <u>Ableitung von Funktionen in Parameterdarstellung</u>	319
10.1.3 <u>Numerische Ableitungen</u>	320
10.2 <u>Ableitungen von Funktionen in impliziter Form</u>	334
10.3 <u>Ableitungen von Funktionen in mehreren Variablen</u>	336
10.3.1 <u>Symbolische Ableitungen in mehreren Variablen</u>	336
10.3.2 <u>Numerische Ableitungen in mehreren Variablen</u>	345
<hr/>	
11. <u>Bestimmtes und unbestimmtes Integral</u>	350 ... 379
<hr/>	
11.1 <u>Einfache Integrale</u>	352
11.1.1 <u>Symbolische Integration</u>	352
11.1.2 <u>Numerische Integration</u>	362
11.2 <u>Uneigentliche Integrale</u>	367

Inhaltsverzeichnis

11.3 <u>Linien- oder Kurvenintegrale</u>	371
11.4 <u>Mehrfachintegrale</u>	374
<hr/>	
12. <u>Potenzreihen, Taylorreihen und Laurentreihen</u>	380 ... 392
<hr/>	
12.1 <u>Potenzreihen</u>	381
12.2 <u>Taylorreihen</u>	381
12.3 <u>Laurentreihen</u>	391
<hr/>	
13. <u>Fourierreihen und Fourierintegral</u>	393 ... 434
<hr/>	
13.1 <u>Darstellung von periodischen Signalen</u>	394
13.2 <u>Fourierreihen</u>	406
13.3 <u>Fast-Fourier-Transformation und inverse Transformation</u>	414
13.4 <u>Fouriertransformation</u>	423
<hr/>	
14. <u>Laplace- und z-Transformation</u>	435 ... 471
<hr/>	
14.1 <u>Laplacetransformation</u>	436
14.1.1 <u>Laplacetransformationen elementarer Funktionen</u>	437
14.1.2 <u>Allgemeines Prinzip zum Lösen von Differentialgleichungen</u>	445
14.2 <u>z-Transformation</u>	455
14.2.1 <u>z-Transformationen elementarer Funktionen</u>	456
14.2.2 <u>Allgemeines Prinzip zum Lösen von Differenzengleichungen</u>	461
<hr/>	
15. <u>Differentialgleichungen</u>	472 ... 546
<hr/>	
15.1 <u>Differentialgleichungen 1. Ordnung</u>	481
15.1.1 <u>Integration der linearen Differentialgleichungen 1. Ordnung</u>	482
15.2 <u>Differentialgleichung 2. Ordnung</u>	494
15.2.1 <u>Lineare Differentialgleichungen 2. Ordnung mit konstanten Koeffizienten</u>	494
15.2.2 <u>Lineare Differentialgleichungen 2. Ordnung mit nicht konstanten Koeffizienten</u>	508
15.3 <u>Differentialgleichungen höherer Ordnung</u>	510
15.3.1 <u>Lineare Differentialgleichungen höherer Ordnung mit konstanten Koeffizienten</u>	510
15.4 <u>Lineare Differentialgleichungssysteme mit konstanten Koeffizienten</u>	519
15.5 <u>Nichtlineare Differentialgleichungen und Differentialgleichungssysteme</u>	527
15.6 <u>Partielle Differentialgleichungen</u>	535

16. Fehler- und Ausgleichsrechnung 547 ... 581

- 16.1 Auswertung und Beurteilung einer Messreihe 547
 - 16.2 Untersuchung der Fortpflanzung von zufälligen Messabweichungen 555
 - 16.3 Bestimmung einer Ausgleichs- oder Regressionskurve 558
 - 16.4 Interpolation und Prognose 576
-

17. Operatoren 582 ... 587

18. Programmieren 588 ... 622

- 18.1 Boolesche Ausdrücke und Funktionen 588
 - 18.2 Unterprogramme 595
 - 18.2.1 Sequenz (Abfolge) 597
 - 18.2.2 Auswahlstruktur (Verzweigung) 600
 - 18.2.3 Bedingte Schleifen 604
 - 18.2.4 Zählerschleifen 608
 - 18.3 Debugging 621
-

19. Schnittstellenbeschreibung 623 ... 689

- 19.1 Allgemeines 623
- 19.2 OLE-Objekte in Mathcad 625
 - 19.2.1 Bildverarbeitung 625
 - 19.2.2 Benutzerdefiniertes Objekt 626
 - 19.2.3 Spezielle Objekte (Komponenten) in Mathcad 629
 - 19.2.3.1 Datenimport-Assistent 634
 - 19.2.3.2 MATLAB-Komponente 636
 - 19.2.3.3 Excel-Komponente 637
 - 19.2.3.4 ODBC-Komponente (Open Database Connectivity) 642
 - 19.2.3.5 Skriptobjekt-Komponente 645
 - 19.2.3.6 SmartSketch-Komponente 660
 - 19.2.4 Mathcad als OLE-Automatisierungsserver (OLE Automation Interface) 661
 - 19.2.5 Weitere spezielle Objekte (Komponenten) in Mathcad 666
 - 19.2.5.1 Eingabetabelle-Komponente 666
 - 19.2.5.2 Datendatei lesen- bzw. Datendatei schreiben-Komponente 669

Inhaltsverzeichnis

19.3 <u>Dateizugriffsfunktionen</u>	674
19.3.1 <u>ASCII-Dateien bearbeiten</u>	674
19.3.2 <u>Binär-Dateien bearbeiten</u>	677
19.3.3 <u>WAV-Dateien bearbeiten</u>	678
19.4 <u>Mathcad-Arbeitsblätter für das Web</u>	681
19.5 <u>Programmpakete von Mathcad</u>	684

20. <u>Mathcadfunktionen</u>	690 ... 714
-------------------------------------	--------------------

20.1 <u>Rundungsfunktion</u>	690
20.2 <u>Abbruchfunktionen</u>	690
20.3 <u>Modulo- und Winkelberechnungsfunktion, ggT und kGV</u>	690
20.4 <u>Exponential- und Logarithmusfunktionen</u>	691
20.5 <u>Trigonometrische- und Arcusfunktionen</u>	691
20.6 <u>Hyperbolische- und Areafunktionen</u>	691
20.7 <u>Funktionen für komplexe Zahlen</u>	692
20.8 <u>Bedingte (unstetige) Funktionen</u>	692
20.9 <u>Zeichenfolgefunktionen</u>	692
20.10 <u>Ausdruckstypfunktionen</u>	693
20.11 <u>Vektor- und Matrixfunktionen</u>	693
20.12 <u>Sortierfunktionen</u>	694
20.13 <u>Funktionen zur Lösung von Gleichungen</u>	695
20.14 <u>Funktionen zur Funktionsoptimierung</u>	695
20.15 <u>Kombinatorische Funktionen</u>	695
20.16 <u>Statistische Funktionen</u>	695
20.16.1 <u>Datenanalysefunktionen</u>	695
20.16.2 <u>Dichtefunktionen, Verteilungsfunktionen und Zufallszahlen</u>	697
20.16.3 <u>Interpolation und Prognosefunktionen</u>	701
20.16.4 <u>Datenglättungsfunktionen</u>	704
20.16.5 <u>Kurvenanpassungsfunktionen</u>	704
20.17 <u>Lösungsfunktionen für Differentialgleichungen</u>	705
20.18 <u>Besselfunktionen</u>	706
20.19 <u>Fouriertransformationfunktionen</u>	707
20.20 <u>Dateizugriffsfunktionen</u>	708
20.21 <u>Spezielle Funktionen</u>	710
20.22 <u>Finanzmathematische Funktionen</u>	711
20.23 <u>Spezielle Funktionen für symbolische Auswertungen</u>	713

Inhaltsverzeichnis

Anhang

715 ... 727

Literaturverzeichnis

715

Tastaturbefehle

716 ... 720

Sachwortverzeichnis

721 ... 729