

Teubner Studienbücher

Informatik

Berstel: **Transductions and Context-Free Languages**

278 Seiten. DM 38,- (LAMM)

Beth: **Verfahren der schnellen Fourier-Transformation**

316 Seiten. DM 34,- (LAMM)

Bolch/Akyildiz: **Analyse von Rechensystemen**

Analytische Methoden zur Leistungsbewertung und Leistungsvorhersage
269 Seiten. DM 29,80

Dal Cin: **Fehlertolerante Systeme**

206 Seiten. DM 24,80 (LAMM)

Ehrig et al.: **Universal Theory of Automata**

A Categorical Approach. 240 Seiten. DM 24,80

Giloi: **Principles of Continuous System Simulation**

Analog, Digital and Hybrid Simulation in a Computer Science Perspective
172 Seiten. DM 25,80 (LAMM)

Kandzia/Langmaack: **Informatik: Programmierung**

234 Seiten. DM 24,80 (LAMM)

Kupka/Wilsing: **Dialogsprachen**

168 Seiten. DM 21,80 (LAMM)

Maurer: **Datenstrukturen und Programmierverfahren**

222 Seiten. DM 26,80 (LAMM)

Oberschelp/Wille: **Mathematischer Einführungskurs für Informatiker**

Diskrete Strukturen. 236 Seiten. DM 24,80 (LAMM)

Paul: **Komplexitätstheorie**

247 Seiten. DM 26,80 (LAMM)

Richter: **Betriebssysteme**

Eine Einführung. 152 Seiten. DM 28,80 (LAMM)

Richter: **Logikkalküle**

232 Seiten. DM 24,80 (LAMM)

Schlageter/Stucky: **Datenbanksysteme: Konzepte und Modelle**

2. Aufl. 368 Seiten. DM 34,- (LAMM)

Schnorr: **Rekursive Funktionen und Ihre Komplexität**

191 Seiten. DM 25,80 (LAMM)

Spaniol: **Arithmetik in Rechenanlagen**

Logik und Entwurf. 208 Seiten. DM 24,80 (LAMM)

Vollmar: **Algorithmen in Zellularautomaten**

Eine Einführung. 192 Seiten. DM 23,80 (LAMM)

Weck: **Prinzipien und Realisierung von Betriebssystemen**

299 Seiten. DM 34,- (LAMM)

Wirth: **Compilerbau**

Eine Einführung. 3. Aufl. 117 Seiten. DM 17,80 (LAMM)

Wirth: **Systematisches Programmieren**

Eine Einführung. 5. Aufl. 160 Seiten. DM 23,80 (LAMM)

Preisänderungen vorbehalten

Zu diesem Buch

Dieses Buch ist entstanden aus FORTRAN 77-Vorlesungen mit Programmierpraktika, die der Verfasser für Ingenieure verschiedener Fachrichtungen seit einigen Jahren an der Fachhochschule Gießen-Friedberg hält. Es gliedert sich in drei Kapitel. Das 1. Kapitel enthält kurze Aufgaben zum Einüben einzelner Sprachelemente, die in einer Praktikumsdoppelstunde programmiert und getestet werden können.

Im 2. Kapitel sind Verfahren der numerischen Mathematik als Aufgaben formuliert. Diese Algorithmen können auch später in der Berufspraxis vom Ingenieur benutzt werden: Lösen von Interpolationen, Approximationen, Gleichungssystemen, Integralen und Differentialgleichungen.

Das letzte Kapitel bringt Aufgaben zur Computergrafik: Zentral- und Parallelprojektion, Hidden-Line-Algorithmen bei der Darstellung von Flächen und Körpern, konforme Abbildungen und Computerkunst.

Programmierpraktikum für Ingenieure

Mit grafischen und numerischen Aufgaben

Von Dr. phil. nat. Wilhelm M. Pieper
Professor an der Fachhochschule
Gießen-Friedberg

Mit 188 Bildern, 25 Beispielen und
294 Aufgaben



B. G. Teubner Stuttgart 1985

Prof. Dr. phil. nat. Wilhelm M. Pieper

Geboren 1937 in Westönnen/Westfalen. Von 1958 bis 1965 Studium der Physik an den Universitäten Freiburg und München. Diplom bei S. Flügge in Freiburg. Von 1965 bis 1969 wiss. Mitarbeiter von W. Greiner an der Universität Frankfurt/Main. 1967/68 Research Associate am Center for Advanced Studies in Charlottesville/Virginia. 1969 bis 1972 Prozeßrechnereinsatz in Kernkraftwerken bei AEG, Frankfurt/Main und General Electric in San Jose. Seit 1972 Professor an der Fachhochschule Gießen-Friedberg im Bereich Gießen.

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Pieper, Wilhelm M.:

Programmierpraktikum für Ingenieure : mit graf. u. numer. Aufgaben / von Wilhelm M. Pieper. - Stuttgart : Teubner, 1985.

(Teubner Studienskripten ; 107 : Informatik)

ISBN 978-3-519-00107-2

ISBN 978-3-322-96632-2 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-322-96632-2

NE: GT

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, besonders die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Bildentnahme, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege, der Speicherung und Auswertung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei Verwertung von Teilen des Werkes, dem Verlag vorbehalten.

Bei gewerblichen Zwecken dienender Vervielfältigung ist an den Verlag gemäß § 54 UrhG eine Vergütung zu zahlen, deren Höhe mit dem Verlag zu vereinbaren ist.

© B. G. Teubner, Stuttgart 1985

Gesamtherstellung: Beltz Offsetdruck, Hemsbach/Bergstr.
Umschlaggestaltung: M. Koch, Reutlingen

VORWORT

Dieses Buch ist entstanden aus einer FORTRAN-Vorlesung mit Programmierpraktiken, die der Verfasser seit einigen Jahren an der Fachhochschule in Gießen in den Fachbereichen Elektrotechnik, Maschinenbau und Technisches Gesundheitswesen hält. Es soll dazu anregen, selbst Programme zu schreiben und nicht etwa fremde Programme zu übernehmen.

So wie man eine gesprochene Sprache am besten dadurch erlernt, daß man gezwungen wird, die eigenen Gedanken frei zu formulieren, so beherrscht man auch eine Programmiersprache erst dann, wenn man einige Programme selbst erstellt hat.

Andererseits sollte aber schon aus Zeitgründen nicht jeder Anfänger mühsam alle Tricks der Programmierung neu erfinden müssen, denn auch Kinder lernen die ersten Worte durch Nachsprechen.

Aus diesem Grunde ist das Praktikum in zwei Teile geteilt: die Präsenzübungen, in denen einzelne Sprachelemente an kleinen Aufgaben geübt werden und die Hausübungen, in denen Programme von ca. 50 bis 150 Zeilen selbständig erstellt werden.

In den Präsenzübungen wird den Teilnehmern von den Betreuern jede Hilfe gegeben, um in einer Doppelstunde (90 Minuten) die Programme zu schreiben, in den Rechner zu geben und auszutesten. Die Aufgaben sind im 1. Kapitel des Buches wiedergegeben.

Für die etwas längeren Hausübungen haben die Teilnehmer vier Wochen Zeit. Sie behandeln im Wesentlichen Aufgaben aus der numerischen Mathematik (2. Kapitel) und der graphischen Datenverarbeitung (3. Kapitel). Nach der Programmabgabe erhalten die Studenten die Möglichkeit, innerhalb von zwei Wochen die Programme zu verbessern, falls sich bei der Durchsicht noch Fehler herausstellen. Neben der Programmiererfahrung sollen die Teilnehmer an den Hausübungen auch ein Gespür dafür bekommen, welche Probleme sich heute mit Rechnern leicht lösen lassen. Dabei motivieren die graphischen Übungen unheimlich, da sie nicht nur abstrakte, numerische, sondern sichtbare Ergebnisse liefern. Außerdem springen bei ihnen Programmfehler sofort ins Auge.

Die mathematischen Grundlagen werden bei den einzelnen Aufgaben oder bei den Musterprogrammen hergeleitet. Vorausgesetzt werden lediglich Kenntnisse in elementarer Vektorrechnung (Skalar- und Vektorprodukt), in elementarer Matrizenrechnung und in Differentialrechnung.

Wegen der großen Teilnehmerzahl sind zu vielen Aufgaben Varianten oder mögliche Erweiterungen angegeben. Von diesen Varianten sollte in einer Hausübung immer nur eine Version bearbeitet werden. Die "Namen" der Aufgaben dienen dazu, die Verständigung zwischen den Praktikumsteilnehmern und den Betreuern bei Rückfragen zu erleichtern. Eine gewisse Freiheit bei der Lösung der Aufgabe ist zulässig. Wird z.B. in einer Aufgabe verlangt, ein Feld mit 100 Komponenten einzulesen, so soll damit lediglich angedeutet werden, daß eine Schleife zu programmieren ist. Natürlich genügt es dann, ca. 10 Werte einzulesen.

Die im Buch wiedergegebenen Abbildungen müssen nicht in jedem Detail mit der zugehörigen Aufgabe übereinstimmen. Oft wurden Zeichnungstexte bei der Buchwiedergabe fortgelassen, um dafür Zeichnungsdetails im Buch größer darstellen zu können. Auch können in den Abbildungen die Kurvenparameter anders gewählt sein als in der Aufgabenstellung.

Danken möchte ich den vielen Studenten für ihre Mitarbeit, für Anregungen zu den Aufgaben, für Fehlerhinweise und für einige schöne Grafiken.

Ebenso danke ich den Kollegen der technischen Fachbereiche in Gießen und Herrn Prof. H. Meintzen von der FH Konstanz für viele Hinweise und Anregungen und den Laboringenieuren Herrn B. Kuntscher und Herrn R. Novak, die bei der Betreuung der Praktika halfen, die den Terminalknoten der CYBER-Anlage der Universität Gießen bzw. die PDP-11/60-Anlage 'on-line' gehalten haben und die die Kommandoprozeduren geschrieben haben, ohne die das Praktikum nicht so reibungslos ablaufen würde.

Mein besonderer Dank gilt unserem EDV-Tutor Herrn N. Studer. Er ist der gute Geist der DV-Ausbildung, bestens eingearbeitet in die Betriebssysteme (NOS bzw. RSX-11M) und stets hilfsbereit zu den Anwendern. Von ihm wurde das Polyederprogramm geschrieben (Aufg. 3.4 j) Darstellung eines Fußballs).

Last not least sei auch Herrn M. Knopp gedankt für die mühevollen Arbeit, das Manuskript auf einer Typenradmaschine zu tippen.

Gießen, März 1985

W.M.Pieper

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

VORWORT

5

INHALT

7

KAPITEL 1: CODIERPRAKTIKUM

15

1.1 Datentypen: Ein- und Ausgabe/Formate/Einfache Rechnungen

- a) Musterprogramm zur Ein- und Ausgabe von Daten 16
- b) Ein- und Ausgabe von Namen und Geburtsdaten 19
- c) Ein- und Ausgabe von ganzen Zahlen 20
- d) Ein- und Ausgabe von reellen Zahlen
- e) ABS, AMOD, SIGN, EXP
- f) DIM, ATAN2, FLOAT, ALOG10
- g) COS, AMAX0, ATAN, ALOG
- h) Ein- und Ausgabe von doppelt genauen Zahlen 21
- i) DINT, DEXP, DMIN1, DCOS
- j) DMOD, DSIGN, DCOS, DATAN2
- k) DATAN, DSQRT, SNGL, DBLE
- l) Ein- und Ausgabe von komplexen Zahlen
- m) CMPLX, CSIN, CLOG
- n) CCOS, REAL, AIMAG, CABS
- o) Ein- und Ausgabe von logischen Zahlen
- p) Ein- und Ausgabe von Zeichenketten (FORTRAN77)
- q) Die Funktionen: CHAR, ICHAR, INDEX, LEN 22
- r) Vermischte Aufgaben 23

1.2 Verzweigungen/IF-Schleifen/Iterationen

- a) Musterprogramm zur Lösung einer quadratischen Gleichung 24
- b) Summe: $L^2 + (L+1)^2 + \dots + K^2$ 26
- c) Berechnung von n!
- d) Kettenbruch: $\arctan(x)$ 27
- e) Iteration beim freien Fall
- f) Quotient: $\sin(1)/(\sin(2)/(\sin(3)/\dots/\sin(n))\dots)$ 28
- g) Dreiecksfläche nach Heron
- h) Grenzwert: $\text{SQRT}(2 + \text{SQRT}(2 + \text{SQRT}(2 + \dots)))$
- i) Neigungswinkel beim Kettenkarussell 29
- j) Iterative Wurzelberechnung
- k) Transzendente Gleichung: $\ln x = 5 - x$ 30
- l) Euklidischer Algorithmus (GGT)
- m) Kubische Gleichung 31

1.3 DO-Schleifen

- a) Schleife mit IF-Anweisung 32
- b) DO-implizite Liste 33
- c) Integer-Divisionen
- d) Alternierende Reihe 34

| | Seite |
|--|-------|
| 1.3 | |
| e) Ausdruck eines Musters | |
| f) Reihenentwicklung von x | |
| g) Polynomrechnung nach Horner | 35. |
| h) Schleife mit variabler Grenze | |
| i) Vertafeln einer Funktion | |
| j) Schleife mit Schrittweite >1 | |
| k) Verzinsung eines Kapitals | |
| l) Tilgung eines Darlehens | 36 |
| m) Punkte im Parabeltopf | |
| n) KGV | |
| o) Pythagoräische Tripel | |
| p) \sin -Reihe | |
| q) x -Berechnung als Grenzwert | 37 |
| r) Kettenbruch $\tan(z)$ | |
| s) Bernoullische Zahlen (Rekursionsformel) | |
| 1.4 | 38 |
| Felder | |
| a) Bearbeiten eines linearen Feldes | 39 |
| b) Skalarprodukt | |
| c) Suchen in einem eindimensionalen Feld | |
| d) Ausdruck eines linearen Feldes in umgekehrter Reihenfolge | |
| e) Arbeiten mit einem "Kontroll-Feld" | |
| f) Mittelwerte | 40 |
| g) Indexgesteuerter Feldaufbau | |
| h) Mischen zweier Vektoren | |
| i) Ausdruck mit DO-impliziter Liste und Short List | |
| j) "Stürzen" einer Matrix | |
| k) Übernahme von Vektorkomponenten in eine Matrix | |
| l) Serpentin förmiges Eintragen eines Vektors in eine Matrix | 41 |
| m) Winkelförmiger Aufbau einer Matrix | |
| n) "Faltung" einer Matrix | |
| o) Berechnung einer Matrix aus zwei linearen Feldern | 42 |
| p) Fußballtabelle | |
| q) Großes Einmaleins | |
| r) Pascalsches Dreieck | 43 |
| s) "Spiegeln" einer Matrix an der Nebendiagonale | |
| t) Ausdruck eines Dreiecks | |
| u) Schwach besetzte Vektoren | |
| v) Kondensieren eines Feldes | 44 |
| 1.5 | 45 |
| Rechnen mit komplexen und logischen Größen | |
| a) Musterprogramm zum Arbeiten mit komplexen Größen | 47 |
| b) Produkt und Quotient komplexer Zahlen | 48 |
| c) Satz von de Moivre | |
| d) Wurzeln komplexer Zahlen/Einheitswurzeln | |
| e) Eulersche Formel | 49 |
| f) Die Funktion: CABS/Cassini'sche Kurve | 50 |
| g) Riemann'sche ζ -Funktion | |
| h) Die ganze lineare Transformation: $w = az + b$ | 51 |

| | Seite |
|-----|--|
| 1.5 | |
| i) | Bilineare Möbiustransformation 51 |
| j) | Feld mit komplexen Komponenten 53 |
| k) | Musterprogramm zum Rechnen mit logischen Großen 54 |
| l) | Vollständige Variation logischer Signale |
| m) | Blockübertragung im Walking-Kode 55 |
| n) | Prioritätsschaltung 56 |
| o) | Prüfschaltung |
| 1.6 | Anweisungsfunktion 57 |
| a) | Vertafeln einer Funktion 58 |
| b) | Geschachtelte Aufrufe einer Anweisungsfunktion |
| c) | Äquivalenz-Funktion 59 |
| d) | Schalbild |
| e) | Anweisungsfunktion: ARC(Z) 60 |
| f) | Komplexe Wurzel |
| g) | Vertafelung komplexer Werte |
| 1.7 | FUNCTION 61 |
| a) | Flächeninhalt eines n-Ecks 63 |
| b) | Logische FUNCTION mit reellem Argument |
| c) | Abstand eines Punktes von einer Kurve |
| d) | Maximum diskreter Funktionswerte |
| e) | Kettenbruch 64 |
| f) | Geometrisches Mittel |
| g) | Schaltfunktion |
| h) | Schwankungsbreite bei gegebenen Stützstellen |
| i) | Abstand einer diskreten von einer kontinuierlichen Funktion 65 |
| j) | Inhalt einer Rotationsfläche |
| k) | Laplace-Operator 66 |
| l) | Schnittwinkel zweier Ebenen |
| m) | Funktionsprodukt |
| n) | Geometrische Reihe 67 |
| o) | (3*3)-Determinante |
| p) | Gewichtete Summe von Funktionswerten |
| q) | Summe mit variablen Gewichten |
| r) | Arcusfunktionen 68 |
| s) | "Regula falsi"-Nullstellenbestimmung |

| | Seite |
|---|--------|
| 1.8 SUBROUTINE | 69 |
| a) Umspeichern eines Vektors in eine Matrix | |
| b) Produkt von Funktionswerten bei gegebenen Stützstellen | |
| c) Stern-Dreieck-Schaltung | |
| d) Vergleich zweier Matrizen | |
| e) Symmetrisierung einer Matrix: $B = A^T A$ | 70 |
| f) Vertauschen zweier Zeilen einer Matrix | |
| g) Umrechnung von Zeilen | |
| h) Lösung eines Gleichungssystems mit Dreiecksmatrix | |
| i) Schnittpunkte zweier Geraden | 71 |
| j) Mittelwert einer Funktion $f(x)$ | |
| k) Mittelwerte der Spalten einer Matrix | |
| l) Aufbau eines Feldes aus seiner kondensierten Form | |
| KAPITEL 2: NUMERISCHE ÜBUNGEN | 72 |
| 2.1 Interpolation und Approximation | |
| a) Interpolation nach Newton | 73 |
| b) Interpolation nach Lagrange | 74 |
| c) Kubische Spline-Interpolation | 75 |
| d) Rationale Interpolation | 77 |
| e) Zweidimensionale Interpolation nach Lagrange | 79 |
| f) Approximation durch ein Polynom | |
| g) Approximation durch orthogonale Polynome | 81 |
| h) Approximation durch eine Gerade bzw. Parabel | 82 |
| i) Approximation durch eine Ebene | 83 |
| j) Fourieranalyse als Approximation periodischer Funktionen | 84 |
| 2.2 Differentiation und Integration | 86 |
| a) Berechnung von Ableitungen mit minimaler Stützstellenzahl | |
| b) Berechnung von f'' mit wachsender Zahl von Stützstellen | 87 |
| c) Berechnung von f' mit verschiedener Schrittweite h | 88 |
| d) Ableitungen von Polynomen | |
| e) Gauß-Legendre-Integration | 90 |
| f) Gauß-Laguerre-Integration | 91 |
| g) Simpson'sche Regel | 93 |
| h) Romberg'sche Integration | 94 |
| 2.3 Matrizen und Gleichungssysteme | 95 |
| a) Methode von Gauß-Seidel | 99 |
| b) Gauß-Jordan-Algorithmus | 100 |
| c) Methode von Faddejew | 103 |
| d) Cholesky-Verfahren zur Lösung eines tridiagonalen Gleichungssystems | 105 |
| e) Lösung eines linearen Gleichungssystems nach der Methode der konjugierten Gradienten | 106 |
| f) Gauß-Seidel-Methode für nichtlineare Systeme | 108 |
| g) Das Newton'sche Verfahren zur Lösung nichtlinearer Systeme | 109 |
| h) Bestimmung des größten und kleinsten Eigenwertes | 110 |
| i) Gauß'scher Algorithmus für tridiagonale Matrizen | 112 |

| | Seite |
|--|-------|
| 2.4 Nullstellen | 113 |
| a) Größte und kleinste Nullstelle eines Polynoms | |
| b) Abdividieren von Nullstellen eines Polynoms | 114 |
| c) Sämtliche Nullstellen in einem Intervall | 116 |
| d) QD-Algorithmus | |
| 2.5 Differentialgleichungen | 118 |
| a) Das Prädiktor-Korrektor-Verfahren von Heun | 119 |
| b) Das Runge-Kutta-Verfahren | |
| c) Differentialgleichungen höherer Ordnung und Systeme von Differentialgleichungen | 120 |
| d) Partielle Differentialgleichung | 122 |
| 2.6 Pseudozufallszahlen und Sortierverfahren | 127 |
| a) Gleichverteilte Pseudozufallszahlen | |
| b) Monte-Carlo-Methode | 128 |
| c) Verrauschen einer Funktion | 129 |
| d) Analyse eines verrauschten Signals durch Autokorrelation | |
| e) Sortieren durch Auswählen | 130 |
| f) Sortieren durch Vertauschen von Nachbarerelementen | 131 |
| g) Sortieren durch Einfügen | |
| h) Sortieren mit abnehmender Schrittweite: Shell Sort | 132 |
| KAPITEL 3: GRAPHISCHE ÜBUNGEN | 134 |
| 3.1 Graphische Standard-Software | |
| a) Musterprogramm: Graph der Funktion $y = 3\sin^2(x)$ | |
| b) Starten und Beenden der Zeichenarbeit: PLOTS | 136 |
| c) Bewegung des Zeichenstiftes: PLOT | 138 |
| d) Beschriften der Zeichnung: SYMBOL, NUMBER | |
| e) Skalieren von Achsen: SCALE | |
| f) Zeichnen einer Achse: AXIS | |
| g) Zeichnen einer Kurve durch vorgegebene Punkte: LINE | 142 |
| h) Die Unterprogramme FACTOR, NEWPEN, WHERE | 144 |
| 3.2 Zeichnen von Kurven und Diagrammen | 145 |
| a) Gespitzte Zykloide | 146 |
| b) Verschlungene und gestreckte Zykloide | |
| c) Epizykloiden und Kardioide | 147 |
| d) Verschlungene und gestreckte Epizykloide/Wankelmotor | 148 |
| e) Hypozykloide, Astroide und Ellipse | 149 |
| f) Cassini'sche Kurve und Lemniskate | 150 |
| g) Spiralen | 152 |
| h) Kettenlinie | 154 |
| i) Traktrix | 156 |
| j) Kartesisches Blatt | |
| k) Zissoide | 157 |

| | Seite |
|---|-------|
| 3.2 | |
| l) Strophoide | 157 |
| m) Konchoide des Nikomedes | 158 |
| n) Lissajon-Figuren | 159 |
| o) Schwingende Kreise | |
| p) Amplituden- und frequenzmodulierte Schwingungen | 160 |
| q) Synthese eines Spektrums | 161 |
| r) Fouriersynthese | 162 |
| s) Darstellung von Daten im Kreisdiagramm | 163 |
| t) Darstellung von Daten im Balkendiagramm | 164 |
| u) Evoluten | 167 |
| v) Messerantrieb einer Mähmaschine | 168 |
| w) Kegelschnitte | 170 |
| 3.3 Kurvenscharen | 172 |
| a) Planck'sche Strahlung: $P(\lambda, T)$ | 173 |
| b) Von der Waal'sche Gasgleichung | 174 |
| c) Frequenzgang der Amplitude gedämpfter Schwingungen | |
| d) Mach'scher Kegel | 176 |
| e) Hüllkurven zu Kurvenscharen | |
| f) Orthogonaltrajektorien | 177 |
| g) Kreisbüschel | 178 |
| h) Ortskurven | 181 |
| i) Smith-Diagramm | 182 |
| j) Orthogonale Netze bei der konformen Abbildung | 183 |
| α) Kartesisches Netz bei $w = \sin z$ | 185 |
| β) Polarkoordinatennetz bei $w = \sin z$ | |
| γ) Relief von $w = \sin z$ | |
| δ) Perspektivisches Bild von $w = \sin z$ | 186 |
| ϵ) Simultane Darstellung von Urbild und Abbild | |
| k) Ebene Potentiale und Strömungen | 187 |
| α) Potential $w = 1/z$ einer Doppelquelle bzw. eines ebenen elektrostatischen Dipols | 189 |
| β) Potential $w = \sqrt{z}$ einer umströmten (bzw. elektrisch geladenen) Platte | |
| γ) Durchströmen eines rechten Winkels: $w = z^2$ | 190 |
| δ) Durchströmen eines Winkels von 60° : $w = z^3$ | |
| ϵ) Feld eines Quadrupols: $w = 1/z^3$ | |
| ζ) Strömung um einen Zylinder/Feld eines Zylinders mit diametraler Platte: $w = (z - a^2/z)/2$ | |
| η) Quelle und Senke im endlichen Abstand: $w = c \ln((z - a)/(z + a))$ | 191 |
| l) Joukowskyprofile | 192 |
| m) Schar verallgemeinerter Strophoiden | 193 |

| | Seite |
|--|-------|
| 3.4 Flächen zweiten Grades | 194 |
| a) Perspektivische Darstellung: Zentralprojektion/Parallelprojektion | |
| b) Problem der verdeckten Linien | 196 |
| c) Musterprogramm: Bild einer Kugel | 199 |
| d) Ellipsoid | 202 |
| 1. Variante: Ellipsoid in Parallelprojektion als Polar- koordinatennetz | 203 |
| 2. Variante: Ellipsoid dargestellt durch drei Ellipsenscharen | |
| 3. Variante: Rotationsellipsoid | 204 |
| 4. Variante: Ellipsoid mit abgeschnittener Polkappe | |
| e) Hyperboloid | |
| 1. Variante: Zweischaliges Hyperboloid | |
| 2. Variante: Einschaliges Hyperboloid in Parameterdarstellung | 205 |
| 3. Variante: Zweischaliges Hyperboloid in Parameterdarstellung | |
| 4. Variante: Hyperboloid in der Darstellung durch Geraden- scharen | |
| 5. Variante: Hyperboloid mit einem Netz aus Polarkoordinaten | 206 |
| f) Paraboloid | 207 |
| 1. Variante: Elliptisches Paraboloid | |
| 2. Variante: Hyperbolisches Paraboloid dargestellt durch Parabelscharen | 208 |
| 3. Variante: Hyperbolisches Paraboloid dargestellt durch Hyperbeln und Parabeln | |
| 4. Variante: Gleichseitiges hyperbolisches Paraboloid | |
| 5. Variante: Hyperbolisches Paraboloid dargestellt durch Geradenscharen | 209 |
| 6. Variante: Offenes elliptisches Paraboloid | 210 |
| g) Kegel | 211 |
| 1. Variante: Massiver Doppelkegel | |
| 2. Variante: Zwei Kegel über einem gemeinsamen Grundkreis | 212 |
| h) Zylinder | 213 |
| 1. Variante: Beleuchteter Zylinder | |
| 2. Variante: Durchdringung zweier Rohre | 215 |
| 3. Variante: Durchschnittsmenge zweier sich schneidender Zylinder | 216 |
| 4. Variante: Durchschnittsmenge dreier sich orthogonal durchdringender Zylinder | |
| 5. Variante: Ansetzen eines kleinen Zylinders an einen größeren Zylinder | 217 |
| i) Differenzkörper aus Halbkugel und Zylinder | 218 |
| j) Polyeder mit vorgegebenen Ecken | |
| Vorübung: Polygon | 219 |
| α) Drahtmodell eines Polyeders | |
| β) Flächenmodell eines Polyeders | |

| | | | |
|-----|----------------------------|---|-----|
| 3.4 | | | |
| | γ) | Volumenmodell eines Polyeders | 219 |
| | δ) | Würfel | 220 |
| | ε) | Oktaeder | |
| | ζ) | Dodekaeder | |
| | η) | Kuboktaeder | 221 |
| | θ) | Ikosaeder | |
| | ι) | Fußball | 222 |
| | k) | Polyeder mit vorgegebener Oberfläche | |
| | l) | Drehung eines Körpers | 223 |
| 3.5 | Allgemeine Flächen im Raum | | 224 |
| | a) | Torus | |
| | b) | Schwingende Pneus | 225 |
| | c) | Flächen $z = f(x,y)$ | 227 |
| | d) | Flächenförmige Regelflächen | 231 |
| | e) | Bandförmige Regelflächen | 233 |
| | f) | Schraubfläche | 235 |
| | 1. | Schraubtorse | 236 |
| | 2. | Flachgängige Wendelfläche | |
| | 3. | Schiefe Regelschraubfläche | 237 |
| | 4. | Gewinde einer Schraube | |
| | 5. | Zyklische Schraubfläche | 238 |
| | 6. | Schwingende Gerade in Rotation | 239 |
| | g) | Rotationskörper | 240 |
| | α) | Rotationsflächen $z = g(r)$ | 241 |
| | β) | Vasenförmige Rotationskörper $r = f(z)$ | 243 |
| | h) | 3D-Bilder/Anaglyphen | 244 |
| 3.6 | Computerkunst | | 246 |
| | a) | Pingraphik mit außenliegenden Pins | |
| | α) | Dreieck | |
| | β) | Quadrat | 247 |
| | γ) | Kreis | |
| | b) | Pingraphik mit innenliegenden Pins | |
| | c) | Apfel | |
| | d) | Verformung einer Ellipse zu einem Dreieck | |
| | e) | "Spirograph" | 248 |
| | f) | Spiralformen | 249 |
| | LITERATURVERZEICHNIS | | 250 |
| | SACHREGISTER | | 252 |