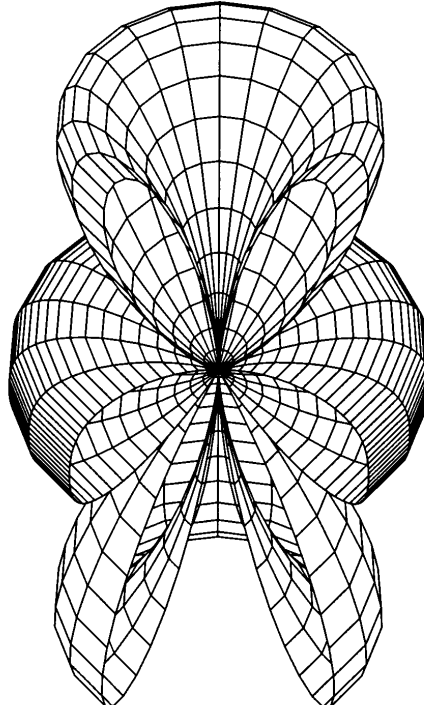


Michael Komma

# Moderne Physik mit Maple

Von Newton zu Feynman

$l, m = 3, 1$



# Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
Zur Physik . . . . .	2
Zum CAS . . . . .	5
<b>1 Einführung in Maple</b>	<b>9</b>
1.1 Worksheets . . . . .	10
1.1.1 Worksheets laden und speichern . . . . .	10
1.1.2 Worksheets editieren . . . . .	10
1.2 Einfache Befehle . . . . .	12
1.3 Funktionen . . . . .	16
1.4 Prozeduren . . . . .	17
1.4.1 Speichern und Laden von Prozeduren . . . . .	18
1.5 Library . . . . .	19
1.5.1 Packages . . . . .	20
1.6 Graphik . . . . .	21
1.6.1 Plots . . . . .	21
1.7 Extras . . . . .	23
1.7.1 pat.wri, pat.txt . . . . .	23
1.7.2 stich.ms . . . . .	23
1.7.3 index.htm, maple.htm . . . . .	24
1.7.4 fig.ms . . . . .	25
<b>2 Newton</b>	<b>27</b>
2.1 Kinematik . . . . .	29
2.1.1 Gleichförmige Bewegung . . . . .	29
2.1.2 Stückweise gleichförmige Bewegung . . . . .	34
2.1.3 Mittlere Geschwindigkeit . . . . .	35
2.1.4 Zwei gleichförmig bewegte Körper . . . . .	38
2.1.5 Beschleunigte Bewegungen . . . . .	40
2.1.6 Der Grundgedanke der Differential- und Integralrechnung . . . . .	42

2.1.7	Statistik-Befehle (nicht nur für Fortgeschrittene)	51
2.1.8	Dreidimensionale Kinematik	55
2.2	Die Bewegungsgleichung	60
2.2.1	Geschlossene Lösungen	61
2.2.2	Prozedur zur geschlossenen Lösung	76
2.2.3	Prozedur zur numerischen Lösung	82
2.2.4	Keplerbewegung	84
2.2.5	Mathematisches Pendel	86
2.2.6	Anwendungen	90
<b>3</b>	<b>Huygens</b>	<b>97</b>
3.1	Schwingungen	98
3.1.1	Darstellung und Handhabung von Lösungsfunktionen	99
3.1.2	Schnelle Fouriertransformation	102
3.1.3	Fourierreihe und -transformation	106
3.1.4	Gaußverteilung und Resonanzlinien	110
3.2	Die Wellengleichung	114
3.2.1	Pakete	125
3.3	Form aus Kohärenz	132
3.3.1	Anwendungen	141
<b>4</b>	<b>Hamilton</b>	<b>151</b>
4.1	Das Wirkungsprinzip	153
4.1.1	Die Wirkungsfunktion	158
4.1.2	Schwache Extrema	164
4.1.3	Lineare Approximation	172
4.1.4	Zufallspfade	176
<b>5</b>	<b>Feynman</b>	<b>183</b>
5.1	Der Brückenschlag	184
5.2	Klassische Beispiele der Mikrophysik	186
5.2.1	Der Wurf	186
5.2.2	Bewegung im Coulombfeld	200
5.2.3	Rydberg-Atome	213
5.2.4	H-Atome	220
5.3	Theorie und Ausblick	222
5.3.1	Der Propagator	222
5.3.2	Schrödingergleichung	230
5.3.3	Quantenpotential	234

<b>A</b>	<b>Gewöhnliche Differentialgleichungen</b>	<b>243</b>
A.1	DG-Werkzeuge . . . . .	244
A.2	Lineare Differentialgleichungen . . . . .	255
A.2.1	DG 1.Ordnung mit konstanten Koeffizienten . . . . .	255
A.2.2	DG 2.Ordnung mit konstanten Koeffizienten . . . . .	262
<b>B</b>	<b>Maple</b>	<b>277</b>
B.1	Routine . . . . .	277
B.2	Details . . . . .	285
<b>C</b>	<b>Worksheets</b>	<b>299</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>303</b>
	<b>Index</b>	<b>305</b>



# Abbildungsverzeichnis

Übersicht . . . . .	2
1.1 Plot-Strukturen . . . . .	20
1.2 Standardbereich für $x$ . . . . .	21
1.3 Explizite Bereichsangabe für $x$ . . . . .	21
1.4 Dreidimensionale Plots stellen Flächen im Raum dar . . . . .	22
2.1 x-t-Diagramm . . . . .	31
2.2 x-t-Diagramm (3D) . . . . .	32
2.3 x-t-Diagramm (Schar) . . . . .	33
2.4 Stückweise gleichförmige Bewegung . . . . .	34
2.5 Mittlere Geschwindigkeit . . . . .	36
2.6 Histogramm . . . . .	37
2.7 v-t-Diagramm . . . . .	38
2.8 Funktion und Ableitung . . . . .	40
2.9 Momentangeschwindigkeit als Ableitung . . . . .	41
2.10 Lineare Approximation . . . . .	44
2.11 Differenzieren . . . . .	45
2.12 Momentanes Mittel . . . . .	49
2.13 x-t-Diagramm (Näherung) . . . . .	50
2.14 Zusammenfassung . . . . .	52
2.15 Kurvenfit . . . . .	54
2.16 Wurfparabel . . . . .	57
2.17 Raumkurve und parametrischer Plot . . . . .	58
2.18 Phasenportraits (parametrischer Plot) . . . . .	59
2.19 Newtons Maschine . . . . .	60
2.20 Wurf-Diagramme . . . . .	68
2.21 Feuerwerk . . . . .	69
2.22 Steilschuß – Flachschuß . . . . .	71
2.23 Elektronenbahn . . . . .	75
2.24 Gedämpfte Schwingung . . . . .	80

2.25 v-x-Diagramm . . . . .	81
2.26 Keplerbewegung . . . . .	86
2.27 Mathematisches Pendel . . . . .	87
2.28 Phasenbahn . . . . .	87
2.29 Phasen 1 . . . . .	88
2.30 Phasen 2 . . . . .	88
2.31 Plot einer Liste . . . . .	89
2.32 a-v-Portrait . . . . .	89
3.1 Superposition . . . . .	99
3.2 Schwebung . . . . .	99
3.3 Gedämpfte Schwingung . . . . .	100
3.4 Phasen als Raumkurve . . . . .	100
3.5 Phasen als Fläche . . . . .	100
3.6 Lissajous . . . . .	101
3.7 Epizyklen . . . . .	101
3.8 Schnelle Fouriertransformation . . . . .	104
3.9 Diskretes Spektrum . . . . .	105
3.10 Fourierreihe und Spektrum . . . . .	107
3.11 Fouriertransformierte . . . . .	108
3.12 Frequenzband . . . . .	110
3.13 Gaußpakete . . . . .	111
3.14 Resonanzen . . . . .	113
3.15 Lösungen der Wellengleichung . . . . .	119
3.16 Elektron . . . . .	129
3.17 Information . . . . .	130
3.18 Lineare Antenne . . . . .	134
3.19 Richtantenne . . . . .	135
3.20 Kohärenz . . . . .	136
3.21 Doppelspalt - realistisch . . . . .	139
3.22 Dopplereffekt . . . . .	140
3.23 Mach . . . . .	140
3.24 Interferenzhyperbeln und -ellipsen . . . . .	142
3.25 Orthogonalität . . . . .	142
3.26 Strahlungscharakteristiken . . . . .	145
3.27 Auflösung . . . . .	146
3.28 Einzelspalt . . . . .	148
3.29 Mehrfachspalt . . . . .	148
3.30 Einhüllende . . . . .	150
3.31 Simulation . . . . .	150
4.1 Gleichgewichtslagen . . . . .	152
4.2 Virtuelle Bahn . . . . .	154

4.3	Virtuelle Bewegung	161
4.4	Extremalprinzip	161
4.5	Antimaterie	162
4.6	Iso-Wirkungen	163
4.7	Parameterraum	167
4.8	Näherungspolynom	171
4.9	Lineare Approximation	175
4.10	Zufallspfade	180
5.1	Senkrechter Wurf	188
5.2	Schiefer Wurf	193
5.3	Wellenfronten zum schiefen Wurf	194
5.4	Schiefer Wurf, quantenmechanisch	198
5.5	Konfokale Ellipsen	201
5.6	Hyperbelbahnen	202
5.7	Wellenfronten im Zentralfeld	204
5.8	Coulombwellen	206
5.9	Stationärer Zustand	207
5.10	Coulombwellen - Interferenz	208
5.11	s-Zustand	210
5.12	p-Zustand	211
5.13	Gaußpaket	216
5.14	Eingeschlossenes Paket	217
5.15	Polarpaket im SPS	218
5.16	Polarpaket im Labor-System	218
5.17	Stationäres Paket	219
5.18	3D-Winkelverteilung	220
5.19	H-Orbitale	221
5.20	Realteil des Propagators	227
5.21	Propagator	228
5.22	Doppelspalt	235
5.23	Quantenpotential	240
A.1	Lösungsscharen	245
A.2	Richtungsfelder	248
A.3	Isoklinen	250
A.4	Trajektorien	251
A.5	Orthogonaltrajektorien	253
A.6	Geometrische Reihe	261
A.7	Eigenwerte	266
A.8	Linien gleicher Amplitude	268
A.9	Fibonacci	272