

Konstruktive Geometrie in der Technik

Von

Dr. Fritz Hohenberg

o. ö. Professor an der Technischen Hochschule in Graz

Zweite, neubearbeitete und erweiterte Auflage

Mit 459 Textabbildungen



Springer-Verlag Wien GmbH 1961

ISBN 978-3-7091-3914-1 ISBN 978-3-7091-3913-4 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-7091-3913-4

Alle Rechte,
insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten

Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages
ist es auch nicht gestattet, dieses Buch oder Teile daraus
auf photomechanischem Wege (Photokopie, Mikrokopie)
oder sonstwie zu vervielfältigen

© 1956 and 1961 by Springer-Verlag Wien
Ursprünglich erschienen bei Springer-Verlag in Vienna 1961

Vorwort zur ersten Auflage

Der Name „Darstellende Geometrie“ ist zu weit und zu eng. Zu eng, denn es wird nicht nur Gegebenes, Fertiges dargestellt, sondern man konstruiert auch Neues, z. B. Durchdringungen. Zu weit, denn eine Darstellung von Punkten gibt es auch in der analytischen Geometrie, nämlich durch Koordinaten, und man könnte die Abbildungen des Raumes auf die Ebene auch an Hand ihrer Abbildungsgleichungen untersuchen. E. KRUPPA hat in seiner Inaugurationsrede (Technische Hochschule Wien, 1953) den Namen „Konstruktive Geometrie“ vorgeschlagen. In den Rahmen einer konstruktiven Geometrie passen die bekannten Abbildungsverfahren und manches Notwendige aus der Geometrie der Ebene. In diesen Rahmen paßt auch eine Einführung in die Geometrie der Getriebe und Verzahnungen, wie sie an vielen Technischen Hochschulen in die Vorlesungen der Geometer eingebaut ist.

„Konstruktive Geometrie“ soll geometrische Formen und Vorgänge verstehen, vorstellen, gestalten und zeichnen lehren. Gelingt ihr das, so leistet sie einen organischen Beitrag zum Werdegang des Ingenieurs. Hervorragende Techniker wie A. RIEDLER und F. PORSCHER haben betont, wie wichtig dies für den Ingenieur ist. Eine solche Grundlage und Voraussetzung seiner technischen Bildung soll der junge Techniker zu Beginn seines Studiums erwerben. Fachstudium und Berufarbeit sollten nicht durch geometrische oder zeichnerische Unzulänglichkeit belastet sein.

In der Auswahl, Gliederung und Darbietung des Stoffes müssen neue Wege beschritten werden, um jenes Ziel zu erreichen und den Wirkungsgrad des Studiums zu erhöhen. Denn Auge und Hand der Achtzehnjährigen sind heute viel schlechter geschult als Mund und Ohr, und die Ausbildungszeit an der Hochschule ist sehr knapp. Geändert haben sich auch Einstellung, Geschmack und Bedürfnisse der Techniker.

Um diesen Bedürfnissen zu genügen und um die Konstruktionsübungen an der Hochschule individuell, technisch interessant und fruchtbar gestalten zu können, wurden weit über tausend geometrische Formen von technischer Bedeutung gesammelt. Die notwendigen geometrischen Kenntnisse ergaben methodisch geordnet Inhalt und Aufbau dieses Buches. Bedeutende Vertreter der technischen Forschung und Lehre haben diese Entwicklung begrüßt und durch wertvolle Hinweise gefördert.

So ergibt sich eine Stoffauswahl, die von der herkömmlichen stark abweicht. Metrisch bestimmte Formen stehen im Vordergrund, während z. B. der projektive Gesichtspunkt zurücktritt. Das technisch Wichtige hat den Vorrang vor dem geometrisch Wertvollen. Dabei sollen die technischen Anwendungen die Aufmerksamkeit des Lesers nicht vom Geometrischen ablenken, vielmehr soll die durch das Berufsinteresse geschärfte Aufmerksamkeit dem Erfassen des geometrischen Gehalts zugute kommen. Ohne jenes Interesse können im Studium auch die formalen Bildungswerte dieses Faches nicht zur Geltung kommen.

Der Verfasser hält an der Technischen Hochschule in Graz getrennte Vorlesungen und Übungen für die Studienrichtungen des Bauwesens und für die Studienrichtungen des Maschinenwesens. Sie sind in der Auswahl der Stoffgebiete und Einzelbeispiele den fachlichen Interessen und der Reife der Hörer angepaßt. Der Aufbau dieses Buches ist elastisch genug, daß aus ihm solche getrennte Vorlesungen herausgehoben werden können. — Doch blicke der Lernende hie und da über den Zaun der eigenen Fakultät; er wird manches finden, was zum Inhalt technischer Allgemeinbildung gehört. Er wird vielleicht auch einen Eindruck von der kulturellen Bedeutung dieses Faches bekommen. Es träfe nicht den Kern der Sache, wollte man dieses Fach allein nach seinem geometrischen Gehalt oder allein nach seinem technischen Nutzen beurteilen.

Besondere geometrische Kenntnisse werden nicht vorausgesetzt; deshalb findet der Leser hier auch sein Schulwissen vor, aber in einer für den Techniker brauchbaren Form und durch technische Anwendungen ergänzt. An welche technischen Berufe sich die einzelnen Kapitel oder Abschnitte wenden, wird jeder Leser leicht erkennen. Manche Abschnitte geben Ergänzungen oder Vertiefungen dessen, was Vorlesungen zu bringen pflegen; derlei kann bei einem flüchtigen Studium überschlagen werden. Unter den technischen Anwendungen und Übungsbeispielen möge der Leser eine Auswahl treffen. Die geometrischen Grundlagen sind einfach, die Anwendungen mannigfaltig. Wer sich auf die Betrachtung typischer Anwendungen beschränken möchte, gelangt nicht zu hochschulgemäßem Verständnis und Überblick. Wer sich mit der Theorie begnügt, bleibt blind gegenüber den Anwendungen; er bekommt ein Werkzeug, versteht es aber nicht zu gebrauchen und bleibt im Formalen stecken. Darum entwickle der Leser sein Wissen zum Können, indem er einen Teil der Beispiele selbst zeichnet und bei einem anderen Teil sich wenigstens den Gang der Lösung überlegt.

Es ist die Absicht dieses Buches, mit einem geringen geometrischen Rüstzeug ein Optimum an technisch brauchbarem Wissen und Können zu vermitteln. Dem Leser soll die Brücke von der Theorie zur Praxis gezeigt werden. Schon in der Auswahl und Darbietung des Stoffes sollen sich Theorie und Praxis verzahnen. Anschauliches Erfassen und begriffliches Denken sollen die Vorstellung in jener Richtung schulen, die dem Techniker gemäß ist. Der Leser soll im technischen Gegenstand die geometrischen Eigenschaften erkennen lernen. An einer nicht zu geringen Zahl technischer Beispiele soll er sehen, wie ein und derselbe geometrische Gedanke in verschiedenen technischen Gebieten auftritt.

Unpraktisches, Unnötiges und Ungebräuchliches wird vermieden, z. B. Ribachse, Spuren, Ineinanderlegen der Risse, Bevorzugung der allgemeinen Lage, schwierige Schattenkonstruktionen. Ist eine Konstruktion geometrisch erläutert, so kann der Text zu den Anwendungen knapp gehalten werden; dies fördert die Fähigkeit, technische Zeichnungen zu lesen.

Dieses Buch ist für Techniker geschrieben. Die Begründungen, die hier zu geben sind, müssen genetischer und anschaulicher sein, als mathematische Beweise heute zu sein pflegen; sie dürfen aber nicht immer die Schärfe und Allgemeinheit mathematischer Entwicklungen anstreben, wollen sie nicht ermüden und vom Hauptzweck — der Entwicklung der Anschauung — ablenken.

Man könnte mit der Perspektive (wie z. B. FIEDLER) oder auch mit der kotierten Projektion (wie SCHEFFERS) beginnen. In der historischen Entwicklung treten diese Abbildungen aber erst spät auf. Genetisch folgerichtig und methodisch vorteilhaft erscheint es, mit der Darstellung durch Normalrisse zu beginnen. Dies führt unmittelbar zur Hauptregel des technischen Zeichnens, jeden Gegenstand und jeden Teil eines Gegenstandes in der einfachsten Lage durch Normal-

risse darzustellen. Wie ursprünglich diese Darstellung ist, zeigt ihre Verwendung im naiven Zeichnen der Frühgeschichte und des Kindes. Die kotierte Projektion kommt trotz ihrer Einfachheit spät, denn diese Abbildung entfaltet ihre Vorteile gerade bei empirischen Kurven und Flächen und das Konstruieren erfordert hier erhöhtes zeichnerisches Geschick.

Einige geschichtliche Angaben und Literaturhinweise auf weniger bekannte Dinge sind dem Text eingefügt. Was sonst sachlich oder methodisch neu ist, wird der Fachmann erkennen.

Ich danke den Herren J. TSCHUPIK, J. DOBNIG und H. STARMÜHLER. Für die Druckstöcke haben sie die Abbildungen ins reine gezeichnet und dabei manch guten Rat beige-steuert. Für andere Hilfe danke ich Frau Dr. W. MOTHWURF und den Herren H. CROCE und Dr. W. ALMER. Dem Springer-Verlag und seinen Mitarbeitern danke ich für das Verständnis und die Sorgfalt, die sie dem Buch haben angedeihen lassen.

Graz, Neujahr 1956

Fritz Hohenberg

Vorwort zur zweiten Auflage

In der zweiten Auflage wurden zahlreiche Stellen des Textes ausführlicher geschrieben, einige Umordnungen im Text vorgenommen, Literaturangaben ergänzt und Abbildungen hinzugefügt. Inhaltliche Erweiterungen finden sich bei der Raumkollineation und Reliefperspektive, beim Einschneideverfahren in Perspektive, bei der Konstruktion von Krümmern, bei der Schraubtorse, beim Fräsen und Schleifen von Schraubflächen, bei angenäherten Geradführungen, bei der Krümmung von Bahnkurven und Hüllkurven einer ebenen Bewegung, beim Abschnitt über Trochoiden usw.

Hinzugekommen sind die dreifache Erzeugung der Koppelkurven, die WATTschen Kurven, vor allem aber die geometrischen Grundlagen des WANKEL-NSU-Motors.

Hinzugekommen sind auch Übersichtsfragen am Schlusse jedes Kapitels. Sie sollen den Leser veranlassen, sich Rechenschaft über die erworbenen geometrischen Kenntnisse zu geben.

Wiederum danke ich den Herren Dr. J. TSCHUPIK, H. STARMÜHLER und J. DOBNIG für ihre wertvolle Hilfe. Fräulein G. KRISTJAN danke ich für ihre Hilfe beim Lesen der Korrekturen.

Dem Springer-Verlag und seinen Mitarbeitern danke ich erneut für die gewohnte Sorgfalt und für das freundliche und verständnisvolle Entgegenkommen.

Graz, Herbst 1960

Fritz Hohenberg

Inhaltsverzeichnis

A. Normalrisse, Schrägrisse und Zentralrisse

	Seite
I. Grund- und Aufriß, Kreuzriß, Seitenrisse	I
1. Grund- und Aufriß	I
2. Kreuzriß	3
3. Anordnung und Bezeichnung von Ansichten und Schnitten	3
4. Einfache Seitenrisse	5
5. Doppelte Seitenrisse	7
6. Entwicklung des technischen Zeichnens	8
II. Geraden und Ebenen	10
7. Darstellung von Geraden	10
8. Perspektive Affinität zwischen ebenen Figuren	12
9. Darstellung von Ebenen	13
10. Dachausmittlungen	17
11. Abbildung rechter Winkel	18
12. Verwendung einfacher Seitenrisse	20
13. Verwendung doppelter Seitenrisse	22
14. Prismen	24
15. Pyramiden	28
16. Fernpunkt, Ferngerade, Fernebene	29
17. Perspektive Kollineation zwischen ebenen Figuren	31
18. Perspektive Kollineation zwischen räumlichen Figuren	32
III. Kreise und Kugeln	34
19. Abwicklung von Kreisen und Kreisbögen	34
20. Berührung von Kreisen	35
21. Normalriß des Kreises	37
22. Normalriß der Kugel	40
23. Komplexe Erweiterung der Ebene und des Raumes	43
IV. Kegelschnitte	44
24. Ebener Schnitt des Drehzylinders	44
25. Ebene Schnitte des Drehkegels	46
26. Kurven 2. Ordnung	51
27. Einige Brennpunkteigenschaften der Kegelschnitte	52
28. Affines Bild eines Kegelschnittes	55
29. Zylinder und Kegel 2. Ordnung	61
30. Abwicklung von Zylindern und Kegeln	65
V. Normale Axonometrie	67
31. Herstellung normalaxonometrischer Bilder	67
32. Abbildung von Kreisen	69
33. Übergang zu gepaarten Normalrissen und zu neuen Achsenkreuzen	71
34. Bildwirkung	72
35. Verwendung axonometrischer Bilder	74
VI. Schrägrisse und schiefe Axonometrie	75
36. Schrägrisse	75
37. Schatten bei Parallelbeleuchtung	77
38. Schiefe Axonometrie	79
39. Frontale Axonometrie	82
40. Der Satz von POHLKE	85

	Seite
VII. Perspektive	88
41. Grundbegriffe der Perspektive	88
42. Durchschnittsverfahren	91
43. Aufbauverfahren	93
44. Freie Perspektive frontalgestellter Bauwerke	95
45. Freie Perspektive schräggestellter Bauwerke	97
46. Günstige Wahl des Auges und der Bildebene	100
47. Vergleich mit der Photographie	103
48. Schatten in perspektiven Bildern	104
49. Spiegelungen in perspektiven Bildern	106
50. Darstellung von Kegelschnitten	106
51. Perspektive bei geneigter Bildebene	114
52. Umzeichnen von Perspektiven bei lotrechter Bildebene	120
53. Umzeichnen von Perspektiven bei geneigter Bildebene	122
VIII. Rekonstruktionen	124
54. Rekonstruktion einer ebenen Figur	124
55. Rekonstruktion einer räumlichen Figur	128
56. Rekonstruktion aus zwei Photos	132
IX. Kritik der Perspektive	134
57. Über das Betrachten perspektiver Bilder	134
58. Kurvierte Perspektiven	136
59. Andere anschauliche Darstellungsweisen	138

B. Technisch wichtige Kurven und Flächen

X. Flächen zweiter Ordnung	143
60. Nichtzerfallende Schnittkurven	144
61. Zerfallende Schnittkurven	149
62. Das einschalige Drehhyperboloid	154
63. Die übrigen Flächen 2. Ordnung	156
XI. Differentialgeometrische Konstruktionen	160
64. Ebene Kurven	160
65. Raumkurven	165
66. Krumme Flächen	168
XII. Drehflächen	170
67. Allgemeine Eigenschaften	170
68. Die Kreisringfläche (Torus)	171
69. Ebene Schnitte von Drehflächen	172
70. Schnitte von Drehflächen mit Zylindern	174
71. Durchdringungen von Drehflächen mit parallelen Achsen	175
72. Durchdringungen von Drehflächen, deren Achsen sich schneiden	176
73. Normalaxonomische Darstellung von Drehflächen	177
74. Perspektive Darstellung von Drehflächen	179
XIII. Schraubflächen	181
75. Schraublinie und Schraubtorse	181
76. Verschraubung einer Kurve	185
77. Regelschraubflächen	187
78. Kreisschraubflächen	193
79. Verschraubung einer Fläche	194
80. Fräsen und Schleifen von Schraubflächen	196
81. Normalriß von Schraublinien und Schraubflächen bei geneigter Achse	200
XIV. Andere Bewegungsflächen	203
82. Regelflächen	203
83. Rohrflächen, Kanalfächen und andere Kreisflächen	206
84. Schiebflächen	208

	Seite
XV. Kotierte Projektion	210
85. Geraden und Ebenen in kotierter Projektion	210
86. Kurven in kotierter Projektion	215
87. Flächen in kotierter Projektion	216
88. Anwendungen im Straßenbau	220
89. Andere Anwendungsgebiete	224
C. Geometrie der Getriebe und Verzahnungen	
XVI. Kinematische Geometrie in der Ebene	228
90. Bahnkurven, Polkurven, Hüllkurven	228
91. Elliptische Bewegung	233
92. OLDFHAM-Bewegung (Kreuzschieberbewegung)	235
93. Allgemeine Dreistabgetriebe	237
94. Durchschlagende Dreistabgetriebe	243
95. Ausartungsfälle und ihre Umkehrungen	246
96. Zyklische Bewegungen	255
97. Mehrere Bewegungen in einer Ebene	260
98. Krümmung von Bahnkurven und Hüllkurven	264
99. Einige Trochoidenmaschinen	267
XVII. Verzahnung von Stirnrädern	273
100. Verzahnungsgesetz. Konstruktion von REULEAUX	273
101. Gestaltung der Zahnkränze	274
102. Evolventenverzahnung	275
103. Triebstockverzahnung	279
104. Zykloidenverzahnung	282
105. Allgemeine Stirnradverzahnung	283
XVIII. Geometrie der Bewegungen im Raum	286
106. Bewegungen im Raum	286
107. Verzahnung von Kegelrädern	291
108. Räumliche Verzahnungen	293
Namen- und Sachverzeichnis, getrennt nach	
A. Geometrie	298
B. Anwendungen	309

Bezeichnungen und Abkürzungen

Punkte werden mit großen Kursiv-Buchstaben oder -Ziffern bezeichnet, Linien mit kleinen Kursiv-Buchstaben, Flächen mit kleinen oder großen griechischen Buchstaben.

Das Schneiden wird manchmal durch runde Klammern, das Verbinden durch eckige Klammern angedeutet, z. B.: $(a\ b)$ = Schnittpunkt der Geraden a, b . $(\alpha\ \beta)$ = Schnittgerade der Ebenen α, β . $(\alpha\ a)$ = Schnittpunkt der Ebene α mit der Geraden a . $(\alpha\ \beta\ \gamma)$ = Schnittpunkt der Ebenen α, β, γ . $[AB]$ = die durch A und B gelegte Gerade. $[ABC]$ = die durch die Punkte A, B, C gelegte Ebene, $[Aa]$ = die durch Punkt A und Gerade a gelegte Ebene.

\parallel = parallel, \perp = normal, \overline{AB} = Länge der Strecke mit den Endpunkten A, B . \overline{Aa} = Abstand des Punktes A von der Geraden a . $\overline{A\alpha}$ = Abstand des Punktes A von der Ebene α . $\sphericalangle ABC$ = Winkel mit dem Scheitel B und den Schenkeln BA und BC . $\sphericalangle ab$ bzw. $\sphericalangle \alpha\beta$ = Winkel zweier Geraden bzw. Ebenen. Rechte Winkel werden in den Figuren mit \square bezeichnet. $k(O; r)$ oder $(O; r)$ = Kreis mit der Mitte O und dem Radius r . $(O; A)$ = Kreis um O durch A .

Wenn keine Verwechslungen zu befürchten sind, werden Klammern, Querstriche usw. weggelassen.