

Bedeutung der Darstellenden Geometrie für den Techniker

Referent: W. Wunderlich, T. H. Wien

Die Bedeutung der Darstellenden Geometrie im Rahmen der Technik wird heutzutage von manchen Seiten nicht mehr richtig eingeschätzt, da dieselbe unter ihrem eigenen Namen nicht allein häufig in Erscheinung tritt und sich, sozusagen als beschadene und doch unentbehrliche Dienerin, manche Zurücksetzung gefallen läßt. Von Zeit zu Zeit hat sie geradezu einen Existenzkampf um ihren Bestand in den Schulen zu führen, und auch gegenwärtig kann die ihr im Unterricht zugebilligte Stundenzahl keineswegs als ausreichend angesehen werden. So mag es gut sein, sich die Werte dieses Faches wieder einmal vor Augen zu rücken und dabei vielleicht gleichzeitig den Stoff einer kritischen Prüfung zu unterziehen. Wenn dies auch in erster Linie vom Gesichtspunkt der Hochschule aus geschieht, so dürften viele Feststellungen in sinngemäßer Übertragung doch auch für alle anderen Techniker ausbildenden Lehranstalten Geltung haben.

Die praktische Bedeutung der Darstellenden Geometrie leitet sich aus ihrer wissenschaftlichen Aufgabe ab, die als eine doppelte angesehen werden kann, nämlich

1. räumliche Gebilde und Situationen auf eine ebene Zeichenfläche abzubilden, also in einer Zeichnung „darzustellen“, und
2. Aufgaben über räumliche Beziehungen in der betreffenden Zeichnung konstruktiv zu lösen.

Kein technisches Objekt, sei es nun ein ganzes Bauwerk oder nur ein Einzelbestandteil, wird heutzutage unmittelbar hergestellt, sondern stets über einen Plan, eine Zeichnung. Der Techniker hat jede seiner Schöpfungen, die vor seinem geistigen Auge entstehen, zunächst in Form von Zeichnungen zu Papier zu bringen, angefangen vom großzügigen Rohentwurf bis zu den letzten Einzelheiten, die in fortschreitender Vertiefung restlos zu klären sind. Hierbei steht dem Planenden im allgemeinen kein greifbares Modell zur Verfügung, er ist vielmehr ausschließlich auf seine Raumschauung angewiesen, und dieselbe Vorstellungskraft benötigt dann der verantwortliche Begutachter, der auf Grund der vorgelegten Pläne zu entscheiden hat, ob das beabsichtigte Werk tatsächlich zur Ausführung gelangen soll. — In ausgedehnter Zeichensprache sind dann aus dem Projekt alle Details in entsprechendem Maßstab herauszuziehen und mit allen notwendigen Kopen zu versehen, um die Fertigung am Herstellungsort in eindeutiger Weise zu leiten. Die Zeichnung erweist sich damit als das wichtigste Verständigungsmittel der Techniker untereinander, gewissermaßen als ihre Sprache, die von allen Beteiligten verstanden und beherrscht sein will.

Ist aber die Zeichnung die Sprache des Technikers, dann ist die Darstellende Geometrie deren Grammatik, deren Kenntnis eine selbstverständliche und unerlässliche Voraussetzung ist. Sie umfaßt die Gesetze eines Abbildungsverganges und lehrt die Herstellung

richtiger Bilder sowie die Ausführung räumlicher Operationen in der Zeichnung.

Die Vermittlung dieser Abbildungsgesetze und ihrer sachgemäßen Anwendung ist nun die Hauptaufgabe des Unterrichts in Darstellender Geometrie, dem damit eine grundlegende Rolle in der Ausbildung des Technikers zukommt. Dieser Unterricht erfüllt aber auch noch andere, nicht minder wichtige Aufgaben. Einmal macht er den Lernenden mit den Elementen der Raumgeometrie überhaupt erst richtig vertraut, er lehrt ihn im Verlauf der Bekanntschaft mit den verschiedenen Körperformen dieselben in seiner Umwelt und seinem zukünftigen Arbeitsbereich zu erkennen und in ihren gegenseitigen Beziehungen zu beachten. Der Unterricht in Darstellender Geometrie leistet also die so wichtige Ausbildung der räumlichen Anschauung, deren sich der Techniker später in selbstverständlichster Weise bedient, ohne sich immer bewußt zu sein, wenn er diese Fähigkeit — die er nicht von Anfang an besaß! — im Grunde zu danken hat. Zum anderen wird durch das Zeichnen das nötige Geschick im Gebrauch der Zeichengeräte erworben; wenn es sich hierbei auch um eine mehr manuelle Fertigkeit handelt, so ist sie doch keineswegs gering zu achten, ebensowenig wie die damit verbundene Erziehung zur Genauigkeit, Gewissenhaftigkeit und Selbstkontrolle übersehen werden darf. Und schließlich wird im Verein mit dem Mathematikunterricht die Erziehung zum logischen und kritischen Denken und die Ausbildung eines inhaltlich wie formal einwandfreien sprachlichen Ausdrucks gefördert, durchwegs Fähigkeiten, an welchen es der heranwachsenden Generation vielfach in erschütterndem Maße mangelt.

Sämtliche praktisch Anwendung findenden Abbildungsmethoden des Raumes auf eine Ebene gründen sich auf den Begriff der Projektion aus einem Zentrum, das dabei im Endlichen oder im Unendlichen liegen kann. Diese Abbildungsart hat die fundamentale Eigenschaft, daß sich gerade Linien stets gerade abbilden (wenn sie nicht zufällig als Punkt erscheinen). Die zahlreichen anderen, allgemeineren Abbildungsverfahren, die im Rahmen der höheren Geometrie erdacht wurden und dort wichtige Aufgaben erfüllen, sind für die technische Durchspraxis vorläufig noch ohne Bedeutung. — Welche Projektionsart der Techniker jeweils heranzieht, hängt ganz von den Wünschen ab, die an die Abbildung gestellt werden. Die anschaulichsten Bilder wird die dem optischen Sehvorgang am besten entsprechende eigentliche Zentralprojektion liefern; solche „perspektivischen Ansichten“ erfordern allerdings einen gewissen konstruktiven Aufwand bei der Herstellung und gestatten überdies nicht, irgendwelche Originalabmessungen direkt aus dem Bild abzugreifen. Diesem Wunsch wird durch eine möglichst stark spezialisierte Projektionsart am besten Rechnung getragen, nämlich durch die Normalprojektion auf eine gegenüber dem Objekt ausgezeichnete Ebene; da hierbei alle zur Bildebene parallelen Abmessungen unverkürzt erscheinen, solche Bilder sind leicht herzustellen, besitzen dafür aber einen wesentlich geringeren Grad der Anschaulichkeit. Eine Mittelstellung zwischen den beiden Extremen kommt dann den äxonometrischen Abbildungen zu, die auf einer Parallelprojektion in nicht ausgezeichneter Richtung beruhen; parallele Strecken erscheinen auch im Bild parallel und in gleichem Maße verzerrt.

Auf Grund ihrer Einfachheit und ihrer angenehmen Eigenschaften kommt der unter die Normalprojektionen einzurechnenden Darstellung in Grund- und Auf- und Kreuzriß bei der Arbeit des Technikers die größte Bedeutung zu. Alle „Pläne“ sind auf dieser Grundlage angelegt, da sich hier auch die Kanten am besten entwerfen lassen. — Es liegt im Wesen der Abbildung des dreidimensionalen Raumes auf die zweidimensionale Zeichenebene, daß ein einziges Bild ohne nähere Angaben nicht bei Kenntnis der Abbildungsart räumlichen Gegenstandes ausreicht, selbst bei Kenntnis der Abbildungsart nicht, weil prinzipiell jeder Bildpunkt von unendlich vielen Raumpunkten hertriften kann (die alle auf demselben Projektionsstrahl liegen). Man verwendet daher im allgemeinen grundsätzlich wenigstens zwei Risse, wobei die Bildebenen meist rechtwinklig zueinander angenommen werden.

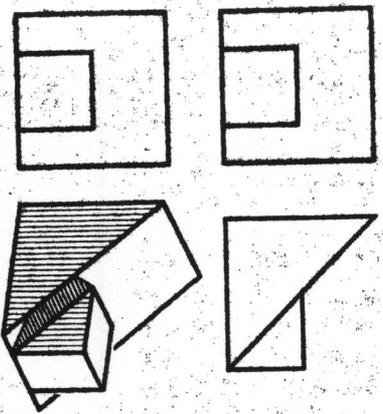


Abb. 1

Die Beschäftigung mit dem Normalrißverfahren wird nach dem Gesagten naturgemäß auch im Unterricht die Hauptrolle spielen. Ob dabei das Eintafelprinzip an die Spitze gestellt oder von Anfang an mit zwei Rissen gearbeitet wird, ist Geschmackssache und richtet sich zum Teil auch nach dem Zuhörerkreis. Im Falle von zukünftigen Bau- oder Vermessungingenieuren mag man gern mit dem Eintafelverfahren beginnen, weil die für die Geländedarstellung wichtige „kodierte Projektion“ sowieso zum Stoff gehört. Für Maschinenbauer hingegen erscheint von vornherein eher das Zweifelfverfahren angezeigt, weil diese mit dem Eintafelprinzip über das Zweifelfverfahren angezeigte, weil diese mit dem Eintafelprinzip nicht viel anfangen können. Je früher übrigens die psychologischen Schwierigkeiten des Zweifelfsystems überwunden werden, um so besser ist es. Diese Schwierigkeiten, die im gleichzeitigen Auffassen und vergleichenden Zuordnen zweier verschiedener Ansichten eines Gegenstandes liegen, sind zweifellos vorhanden, wie selbst der Geübte erfahren kann, wenn er gelegentlich mit Rissen in „amerikanischer Anordnung“ zu tun hat (Abb. 2). So nebensächlich die Anordnung der Risse an und für sich erscheinen mag, die Abweichung vom Gewohnten erzeugt auf beiden Seiten Verwirrung und Unbehagen, weil sie mit dem geläufigen Sichtbarkeitsvorstellungen in Widerspruch steht. — Bei kritischer Abwägung der beiden Möglichkeiten wird man wohl unbedingt der europäischen den Vorzug geben müssen, weil dabei ein Gegenstand unmittelbar auf die Grundrißebene gestülkt oder an

zueinander angenommen werden. Vielfach wird aber noch ein dritter Riß (und mehr) herangezogen werden müssen, um ausreichende Klarheit zu schaffen, da ja in der Praxis die Punkte nicht beschriftet werden, so daß die Bildpunkte nicht immer ohne weiteres zu paaren sind (vgl. Abb. 1). Letzte Klarheit wird aber häufig erst ein axonometrisches oder perspektivisches Bild bringen, und sei es bloß als Handskizze hinzugefügt. Die plastische Wirkung einer solchen anschaulichen Ansicht läßt sich unter Umständen durch Eintragung von Schatten noch erheblich steigern.

die Aufrisfebene gehelfet werden kann, was viele Vorstellungen anschaulicher macht und zur Vereinfachung der Konstruktionen beiträgt (vgl. Abb. 4). Im Rahmen des Grund- und Aufrißverfahrens hat der Unterrichts vor allem das Einführen von Seitenrissen — die ein universelles Hilfsmittel darstellen — zu pflegen, ferner die sogenannten Grundaufgaben zu beherrschen und an Hand der verschiedensten Anwendungen bis zur vollkommenen

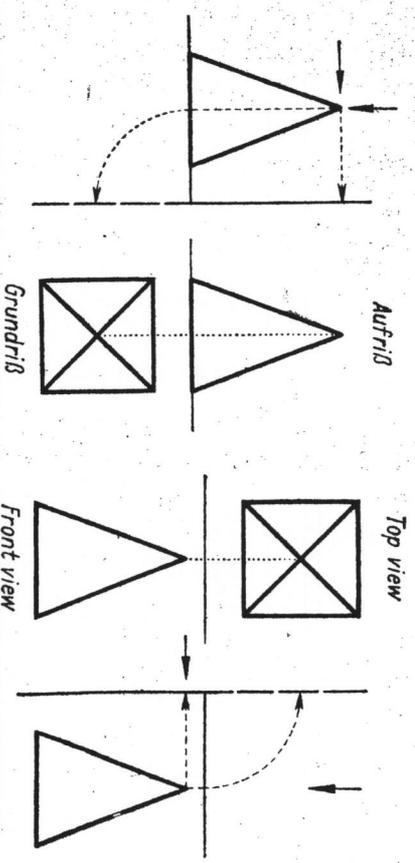


Abb. 2a

Abb. 2b

Europäische Anordnung zugeordneter Normalrisse (Objekt zwischen Betrachter und Bildebene). Amerikanische Anordnung zugeordneter Normalrisse (Bildebene zwischen Betrachter und Objekt).

sicheren Beherrschung einzutüben. Wenn man es recht besieht und die Umkehrungen nicht eigens aufzählt, so sind der Grundaufgaben durchaus nicht viele: Schnitt einer Geraden mit einer Ebene, Schnitt zweier Ebenen; wahre Länge einer Strecke, wahre Gestalt einer ebenen Figur; normale Lage zwischen Gerade und Ebene. Diese Dinge können als das Einmaleins der Darstellenden Geometrie angesehen werden; dessen sichere und geläufige Beherrschung ist wie in der Mathematik Voraussetzung für alles andere. Gegen eine weitgehend mechanische Ausführung der notwendigen Konstruktions Schritte — was vielfach als verpönt gilt — ist im Grunde genommen eigentlich nichts Stichhältiges einzuwenden. Auch in der Mathematik wird das Einmaleins auswendig gelernt, um vom Fingerringen loszukommen! Damit soll natürlich keineswegs einem verständnislosen Eindrillen geometrischer Konstruktionen das Wort geredet werden; es soll lediglich dem rein Handwerksmäßigen die ihm zukommende untergeordnete Rolle zugewiesen werden.

Es wäre ganz und gar verfehlt, den Grundaufgaben auf Grund ihres elementaren Gehaltes nur eine Art von Übungsscharakter zuerkennen zu wollen. Sie werden immer den Schlüssel zur Lösung räumlicher Probleme bieten.

schild, dieselben entsprechend analysiert sind. Als Beispiel sei ein aus amerikanischen Industriekreisen stammendes Fertigungsproblem vor- geführt: Zwei ebene Wände α und β , die unter rechtem Winkel zusammen- stoßen, sind durch ein zweimal geknicktes Blechband zu verbinden, dessen Befestigungspunkte A und B vorgegeben sind, und das zwecks rationaler Fertigung aus einem einfachen Rechteckstreifen hergestellt werden soll (Abb. 3). Mit Rücksicht auf Nietköpfe oder Beilagscheiben sollen die beiden

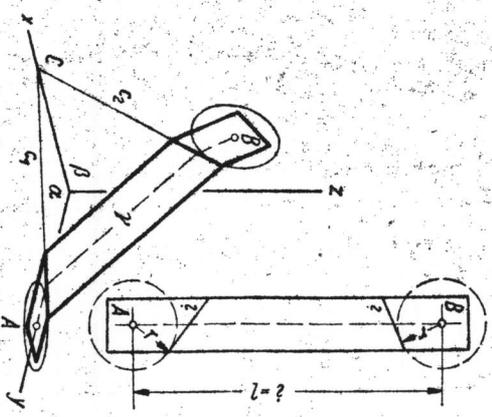


Abb. 3

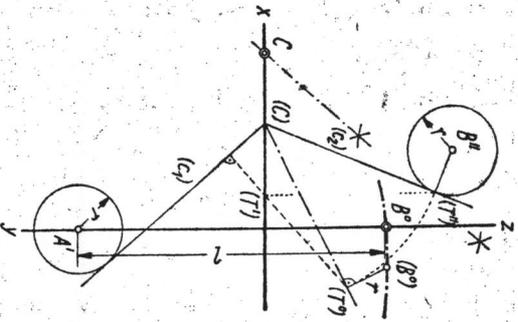


Abb. 4

Biegeflächen einen vorgeschriebenen Abstand r von A und B besitzen. Zusätzlich wird noch gefordert, daß die Anfangsrichtung des Bandes in α normal zu β sein soll. Gefragt ist nach der Länge des Streifens (also vor allem nach dem Zentralabstand l der Nietlöcher), ferner nach den Winkeln der Biegeflächen gegen die Streifenänder und schließlich nach der Größe der Biegewinkel. Es sind immerhin fünf zu bestimmende Unbekannte, so daß es verständlich erscheint, daß man durch bloßes Probieren zu keinem befriedigenden Resultat kam.

Zur zeichnerischen Behandlung wird man die Wände α und β als Ribbebenen betrachten. Zunächst ist klar, daß die Biegeflächen mit den Spuren jener Ebene γ zusammenfallen, die das Mittelstück des Bandes trägt, und daß sie einander daher in einem Punkt C der Ribbfläche $\alpha\beta = x$ begegnen müssen. Nimmt man versuchsweise diesen Knotenpunkt in (C) auf x an, so lassen sich die Spuren (α_1) und (α_2) als Tangenten an die Abstandskreise $A_1(r)$ und $B_1(r)$ sehen, und das Band kann in die Grundribbebene ausgebreitet werden (Abb. 4). Der Punkt B gelangt dabei nach B_0' und sollte eigentlich auf die Ebene α senkrecht γ -Achse fallen. Nach wiederholten Versuchen kann die Konstruktion der Punkte (C) gezeichnet werden und ihr Schnitt mit der

γ -Achse gibt dann die richtige Lage B_0 . Der richtige Knotenpunkt C muß von B'' und B_0 gleich weit entfernt sein und wird also von der Symmetrale der Strecke $B''B_0$ aus x ausgeschnitten. Die Vervollständigung der Figur und die Beantwortung der gestellten Fragen bietet dann keinerlei Schwierigkeiten mehr. — Die zeichnerische Lösung beruht also wirklich nur auf der Anwendung von Grundaufgaben und ist überraschend einfach, wenn man bedenkt, daß die mathematische Behandlung auf eine Gleichung 24. Grades hinausläuft¹⁾. Es zeigt sich wieder einmal recht deutlich der gelegentliche Vorteil graphischer Methoden, deren Beliebtheit in Ingenieurkreisen durchaus berechtigt ist.

Die wichtigsten Kapitel, die im Anschluß an die Grundaufgaben im Zweibildersystem zu behandeln wären, seien im folgenden aufgezählt. Natürlich werden sich, je nach dem Interessenzkreis, gewisse Verschiebungen als nötig erweisen.

1. Kreisdarstellung. Die bei den Schülern so merkwürdig beliebte Rytzsche Achsenkonstruktion der Ellipse ist bei der Kreisdarstellung im Normalriß ganz unzweckmäßig und überflüssig.
2. Kugel. Falsche Darstellungen des Meridian- und Parallelkreisnetzes sind auf Plakaten und selbst in gediegenen Werken leider noch immer anzutreffen.
3. Zylinder und Kegel. Genügende Vertrautheit mit den Kegelschnitten darf heute, zwei Jahrtausende nach ihrer Entdeckung, wohl allgemein verlangt werden. Die darstellend-geometrischen Konstruktionen dieser Linien verdienen bei weitem den Vorzug vor den auf den Brennpunkteigenschaften beruhenden, die sehr verbreitet, aber wenig praktisch und genau sind. Im Rahmen dieses Abschnittes sollten die perspektive Affinität und Kollinearität nicht übergangen werden.
4. Drehflächen. Die Umrilmittlung bei geneigter Achse wird meist unterdrückt, obwohl sie wichtiger wäre als die schwierigere Schattenbestimmung; die stoffliche Lücke macht sich dann auch in Unsicherheiten und Verstößen bemerkbar. Die Konstruktion ebener Schnitte leitet zwanglos über zu den
5. Durchdringungen. Auf die eigene Behandlung von Durchdringungen ebenförmig begrenzter Körper kann ruhig verzichtet werden. Bei Durchdringungen krummer Flächen hüte man sich im Hinblick auf die praktisch meist sehr speziellen Anordnungen vor allzu allgemeinen und abenteuerlichen Kombinationen. Auf die Konstruktion von Tangenten sollte hingegen Wert gelegt werden.
6. Verbindungen (Abwicklungen). Dieser für die Praxis so wichtige Prozeß verdient ausgiebige Pflege. Auch die Umkehrungsaufgabe, die

¹⁾ W. WUNDERLICH: Ein geometrisches Fertigungsproblem. *Betrieb und Fertigung* 4 (1950), 37—39.

eines Punktes P in das Achsenkreuz eingetragen wird: Der Abstand u von der Nulllinie unverkürzt, der Abstand v von der Standlinie verkürzt gemäß $v \cdot \sin \alpha$. Die Höhe z von P über der Grundebene ist dann noch auf $z \cdot \cos \alpha$ verkürzt aufzutragen. Abgesehen von dem Ordner im Abstand u , von der Nulllinie werden keine Hilfslinien benötigt, da sich das Abgreifen, Übertragen und Verkürzen aller Abstände mit dem Stechzirkel allein bewältigen läßt. Grundriß, Aufriß und (normal-) axonometrisches Bild können überdies auf verschiedene Blätter verteilt sein.

Zu den althergebrachten Verfahren der perspektivischen Abbildung ist in neuerer Zeit kaum etwas Bemerkenswertes hinzugefügt worden, so daß es sich erübrigt, auf dieselben einzugehen. Die „freie Perspektive“ wird wohl in den meisten Fällen den Vorzug verdienen, doch wird sich gelegentlich auch die „Durchschnittsmethode“ als nützlich erweisen. — Ausdrücklich sei jedoch auf die wichtige Umkehrungsaufgabe hingewiesen, aus einer vorliegenden Perspektive — in der Praxis einer photographischen Aufnahme — das abgebildete Objekt zu rekonstruieren und etwa in Normalrissen darzustellen. Diese Möglichkeit bildet die Grundlage der im Vermessungswesen ständig an Bedeutung gewinnenden Photogrammetrie, sie wird aber auch dem Baumeister gute Dienste leisten können.

Mit diesen Andeutungen, die jedenfalls die unverminderte Aktualität der Darstellenden Geometrie aufzeigt und ihren Lehrstoff umrissen haben, muß es diesmal genug sein. Abschließend sei es zur Unterstreichung noch gestattet, einige Worte zu zitieren, die kürzlich die Redaktion einer deutschen technischen Zeitschrift einem der Darstellenden Geometrie gewidmeten Aufsatz vorangestellt hat¹⁾: „Die Lehre von den zeichnerischen Abbildungsverfahren der technischen Körper, also die darstellende Geometrie, gehört zwar seit ihren Anfängen zu den Grundlagen der Ingenieurausbildung. In den letzten Jahrzehnten wurde aber der Unterricht in dieser einen der allerwichtigsten Grundpfeiler darstellenden Wissenschaft zugunsten anderer neu aufzunehmender Fächer immer weiter beschränkt. Die Notwendigkeiten der industriellen Praxis wurden von den für die Lehrplangestaltung der Technischen Hochschulen und Ingenieurschulen maßgebenden Kreisen verkannt. Die unausbleiblichen Folgen dieser Maßnahmen machen sich heute schon recht fühlbar: Firmen von Weltruf veröffentlichten in Prospekten, Bedienungsanweisungen usw. Zeichnungen, welche nicht nur theoretisch gegen die seit Hunderten von Jahren bekannten Gesetze der Darstellung verstoßen, sondern welche auch dem unbewußten natürlichen Empfinden des Betrachters widersprechen und einen peinlichen, primitiven Eindruck hervorrufen. Es scheint daher für die Praxis sehr dringlich, sich mit dieser Frage, welche in Deutschland immer brennender wird, zu befassen.“

Diese Worte stammen, wie gesagt, nicht vom Verfasser, sondern von unparteiischen Vertretern der Praxis. Man hätte sich also davor, die Darstellende Geometrie für nebensächlich oder gar überflüssig zu halten.

¹⁾ E. Sauerbrey: Die zeichnerischen Abbildungsverfahren in der Technik. Feinwerktechnik 65 (1931), Heft 4.