

Drittes Capitel.

Die Theorie der Holz- und Eisenconstruktionen.

§. 33. Holz- und Eisenconstruktionen. Von den in den vorhergehenden Capiteln besprochenen Bauconstruktionen aus Stein unterscheiden sich diejenigen aus Holz und Eisen zunächst wesentlich dadurch, daß diese Materialien ebensowohl Zugkräften wie Druckkräften zu widerstehen vermögen, während bei den Steinconstruktionen auf die absolute Festigkeit des Mörtels nicht gerechnet werden kann. Dieser Beanspruchung durch Zugkräfte gemäß sind die einzelnen Bestandtheile der hier zu betrachtenden Bauwerke unter sich in solcher Weise durch Zapfen, Bolzen, Nieten &c. zu vereinigen, daß die Verbindungen ebenfalls Zugspannungen auszuüben vermögen. Die bei weitem häufigste Verwendung finden die Holz- und Eisenconstruktionen bei der Ueberdeckung von Räumen oder Oeffnungen, namentlich bei der Ausführung von Decken und Dächern in Gebäuden und bei der Herstellung von Brücken. Diesen Zwecken sowie der Eigenthümlichkeit des Materials entsprechend haben die Hauptbestandtheile der Holz- und Eisenconstruktionen meistens die Gestalt stabförmiger oder prismatischer Stücke von größerer Länge, als man sie den Werkstücken aus Stein geben kann. Was ferner die Querschnitte dieser einzelnen Theile anbetrifft, so ist man bei der Verwendung von Holz nicht nur durch die Stärke der zu benutzenden Baumstämme innerhalb gewisser Grenzen beschränkt, sondern auch fast ausschließlich auf die kreisförmige und rechteckige Querschnittsgestalt angewiesen. Bei der Verwendung von Eisen dagegen kann man leicht gerippte oder sonst geeignete Querschnitte von solcher Form zur Anwendung bringen, daß das Material in möglichst vortheilhafter Weise zur Wirkung kommt. Die Anwendung solcher gerippter Querschnitte empfiehlt sich für hölzerne Construktionstheile aus dem einfachen Grunde nicht, weil dieselben

nur durch Ausarbeitung aus vollen Holzstücken herzustellen wären, womit eine beträchtliche Materialvergeudung verbunden sein würde. Die Haupttheile einer Construktion haben entweder eine horizontale Lage wie die Schwellen, Balken, Träger zc., oder sie stehen vertical wie die Pfosten, Stiele und Säulen, oder sie haben, wie die Sparren, eine gegen den Horizont geneigte Stellung, in welchem Falle sie Streben oder Bänder heißen, je nachdem sie einer Zusammendrückung oder einer Ausdehnung zu widerstehen haben. Auch bei den verticalen Stielen oder Säulen, welche zur Unterstützung horizontaler Balken dienen, macht man den Unterschied zwischen Standsäulen, die den Balken von unten stützen, und Hängesäulen, d. h. solchen, welche den unterhalb angehängten Balken zu tragen haben, die also auf Zug beansprucht werden, während die Standsäulen durch die Last der auf ihnen ruhenden Balken zusammengedrückt werden.

Um die Stabilität einer Construktion zu untersuchen, handelt es sich zunächst um die Ermittlung der äußeren Kräfte, welche darauf wirken. Diese Kräfte bestehen der Hauptsache nach immer aus den Gewichten der Construktionstheile selbst und der von ihnen zu tragenden Lasten; in einzelnen Fällen kommen auch noch besondere horizontale Kräfte in Betracht, z. B. bei Dächern und Brücken der Druck des Windes. Das Eigengewicht der einzelnen Construktionstheile ist in jedem Falle aus den Dimensionen und specifischen Gewichten der betreffenden Theile zu bestimmen, während man die außerdem zu tragenden, sogenannten zufälligen Belastungen nach bestimmten Erfahrungsregeln anzunehmen hat, welche weiter unten für die meist vorkommenden Fälle angegeben sind. Während das Eigengewicht der Construktion eine stets vorhandene constante Belastung darstellt, ist die zufällige Belastung, z. B. die eines Speichers durch Waaren, einer Brücke durch einen Eisenbahnzug u. s. w. eine veränderliche, welche bald in größerem bald in geringerem Betrage auftritt. Wenn es nun auch selbstredend erforderlich ist, daß das Bauwerk für denjenigen Fall die genügende Stabilität besitze, für welchen die zufällige Last in ihrem größten Betrage vorhanden ist, so findet doch in vielen Fällen die ungünstigste Beanspruchung einzelner Theile bei einer nur theilweisen Belastung statt, und es muß daher immer durch eine besondere Untersuchung der für jeden Theil ungünstigste Belastungszustand ermittelt werden.

Es ist ebenfalls selbstverständlich, daß ebensowohl die Haupttheile, wie auch sämtliche Verbindungen den auf sie einwirkenden Kräften vermöge ihrer Elasticitätswirkungen hinreichenden Widerstand entgegensetzen müssen. Damit dies möglich sei, hat man die Materialstärken oder Querdimensionen der einzelnen Bestandtheile den in Thl. I, Abschn. IV entwickelten Regeln der Festigkeitslehre gemäß zu bestimmen. Hierbei kommt es darauf an, diese

Dimensionen so klein als möglich zu wählen, da mit übermäßig großen Stärken nicht nur eine nutzlose Vergendung des Materials sondern auch eine schädliche Belastung durch die Eigengewichte verbunden ist. Zur Erzielung der möglichsten Ersparniß an Material ist es erforderlich, daß dasselbe bei der ungünstigsten Beanspruchung durch die äußeren Kräfte in allen seinen Theilen mit der höchsten zulässigen Spannung reagire, was nur dann erreichbar ist, wenn, wie bei gezogenen oder gedrückten Stäben, die Spannungen sich gleichmäßig über die ganze Querschnittsfläche vertheilen. Dagegen ist dieser ideale Zustand bei der Biegung der Körper niemals zu erreichen, da die einzelnen Elemente eines auf relative Elasticität beanspruchten Körpers bekanntlich Spannungen ausgesetzt sind, deren absolute Größen mit den Abständen von der neutralen Aze des Querschnitts proportional sind. Wenn daher, wie dies von jeder soliden Construction gefordert werden muß, die von der neutralen Aze entferntesten Fibern höchstens mit der für das Material zulässigen Spannung beansprucht werden, so sind alle der Aze näher liegenden Elemente mit geringeren Spannungen wirksam, als sie es zu sein vermöchten, ja die in der neutralen Aze selbst liegenden Elemente tragen gar nichts zum Widerstande bei. Es geht hieraus hervor, daß bei den Biegung beanspruchten Constructionstheilen die Wirksamkeit des Materials niemals so vollkommen ausgenutzt werden kann, wie bei den auf Zug oder Druck beanspruchten, und zwar wird die Ausnutzung um so unvollkommener sein, je mehr das Material in der Nähe der neutralen Faserschicht angehäuft ist. Daraus folgt, daß z. B. bei den hölzernen Balken, deren Querschnitt fast immer ein rechteckiger ist, von vornherein nur eine viel weniger vortheilhafte Verwendung des Materials stattfinden kann, als bei eisernen Trägern, bei denen man, etwa durch I förmige Querschnitte, dafür sorgen kann, daß die Hauptmasse des Materials in thunlichst großem Abstände von der neutralen Aze sich befindet. Wenn man nun auch, vermöge geeigneter Querschnittsformen, sich dem idealen Zustande einer gleichmäßigen Anstrengung aller Fasern nähern kann, so ist doch leicht zu erkennen, daß man diesen Zustand selbst bei gebogenen Körpern niemals in so vollkommener Weise wird erreichen können, wie dies bei den einfach gedrückten oder gezogenen der Fall ist. Es ergibt sich daher aus dieser Betrachtung ohne Weiteres das bei allen neueren Ausführungen zur Geltung kommende Princip, wonach die Constructionen so anzuordnen sind, daß die einzelnen Theile möglichst nur durch Zug- oder durch Druckkräfte in Anspruch genommen werden, und daß die einer Biegung ausgesetzten Theile auf das unumgänglich nöthige Maß eingeschränkt werden. Den sogenannten Fachwerksystemen, nach welchen in neuerer Zeit alle größeren Brücken- und Dachconstructionen ausgeführt werden, liegt durchweg dieses Princip zu Grunde.

Bei den folgenden Untersuchungen der Holz- und Eisenconstruktionen können die in Thl. I, Abschn. IV entwickelten Gesetze und Regeln der Elasticitätslehre als bekannt vorausgesetzt werden, und es sollen nur diejenigen Verhältnisse einer besonderen Untersuchung unterworfen werden, welche speciell bei den einschlägigen Construktionen in Frage kommen. Bevor die Stabilitätsverhältnisse selbst untersucht werden, möge eine kurze Zusammenstellung der Belastungen angeführt werden, welche erfahrungsmäßig bei den zu betrachtenden Bauwerken in Rechnung zu stellen sind.

Belastungen. Wie schon bemerkt worden, besteht die Belastung der §. 34. Bauconstruktionen aus ihrem Eigengewichte oder der permanenten und aus der zufälligen Last, welche letztere bei Brücken auch wohl Verkehrslast heißt. Wenn auch das Eigengewicht bei einer vorliegenden Construktion immer leicht aus dem Volumen und dem specifischen Gewichte der Bestandtheile ermittelt werden kann, so ist es doch für den Entwurf eines Bauwerkes, dessen Dimensionen erst zu bestimmen sind, bequem, zuvörderst gewisse erfahrungsmäßig ermittelte Durchschnittswerthe für das Gewicht der Construktion der Rechnung zu Grunde zu legen, durch welche die Dimensionen der einzelnen Theile festgesetzt werden. Ist letzteres geschehen, so kann das Eigengewicht aus den gefundenen Dimensionen genauer berechnet und, wenn es sich als nöthig herausstellen sollte, auf Grund dieser genauer bestimmten Eigenlast eine Correction der Dimensionen vorgenommen werden. Die Angaben über die Belastung, sowohl durch das Eigengewicht wie auch durch die zufällige oder Nutzlast, werden in der Regel auf eine Quadratinheit (Quadratmeter) der horizontalen Grundfläche bezogen, welche überdeckt ist. Für Dächer pflegt man die Belastung durch das Eigengewicht, Schnee- und Winddruck auch häufig auf die Quadrateinheit der geneigten Dachfläche zu bestimmen, während man für Brücken von bestimmter Breite, z. B. pro Geleis, auch wohl die Belastung für den laufenden Meter angiebt. Wenn Mauern auf einzelnen Construktionstheilen ruhen, so ist die dadurch hervorgerufene Belastung bei einer gegebenen Mauerstärke mit der Größe der verticalen Ansichtsfläche der Mauer, also pro laufenden Meter mit der Höhe der Mauer proportional. Die in solcher Weise im Folgenden angegebenen Werthe gelten für ruhende Lasten, und man kann den etwa stattfindenden Erschütterungen, wie sie z. B. bei Brücken durch die Bewegung der Wagen und in Fabriken durch den Betrieb von Maschinen auftreten, dadurch Rechnung tragen, daß man in jedem solchen Falle entweder eine entsprechend größere Belastung, oder eine geringere zulässige Anstrengung des Materials voraussetzt, da der Einfluß solcher Erschütterungen sich wohl nur in den seltensten Fällen durch die Rechnung feststellen läßt.

Die folgenden Tabellen über die Belastung von Zwischendecken und