



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Universitätsbibliothek Paderborn

Lehrbuch des Hochbaues

Grundbau, Steinkonstruktionen, Holzkonstruktionen, Eisenkonstruktionen ,
Eisenbetonkonstruktionen

Esselborn, Karl

Leipzig, 1908

A. Allgemeines.

[urn:nbn:de:hbz:466:1-50294](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-50294)

V. Kapitel.

Eisenbetonkonstruktionen.

Bearbeitet von

Reinhard Weder,

Ingenieur und Lehrer am Technikum Hildburghausen.

(Mit 130 Abbildungen.)

A. Allgemeines.

§ 1. **Entwicklung der Eisenbetonbauweise.** Während die Vorzüge des reinen Betonbaues, bei dem Mischungen von Zement oder Kalk mit Sand und Kies oder Steinschlag Verwendung finden, schon seit langer Zeit allgemein bekannt sind, ist die Herstellung des eigentlichen Eisenbetons erst eine Errungenschaft der neuesten Zeit. Als Erfinder dieser aus Zementbeton mit Eiseneinlagen bestehenden Konstruktionsweise wird allgemein ein Pariser Gärtner, JOSEPH MONIER, bezeichnet. Dieser fertigte zuerst Blumenkübel aus Beton, die der größeren Festigkeit halber mit einer Eiseneinlage versehen wurden. Doch schon früher hatte man vielfach versucht, dünne und doch feste und feuersichere Bauteile in ähnlicher Weise herzustellen. So empfahl unter andern COIGNET schon 1861 für die Ausführung von Gewölben, Röhren usw. die Verwendung von eisenarmierten Beton. Immerhin ist MONIER aber als derjenige zu bezeichnen, durch den diese neue Bauweise in größerem Umfang angewandt wurde. Nachdem er 1867 das erste französische Patent für seine Konstruktionsweise erhalten hatte, bemühte er sich, diese auch auf die verschiedensten Ausführungsarten auszudehnen und so folgten denn diesem ersten sehr bald noch eine Reihe weiterer Patente für die Herstellung von Decken, Behältern, geraden und gebogenen Balken in Verbindung mit Decken usw.

Naturgemäß waren diese ersten Ausführungsweisen aber nicht alle einwandfrei und wirtschaftlich genug. Es galt deshalb zunächst die einzelnen wirklich zweckmäßigen auszuwählen und diese entsprechend zu vervollkommen. In dieser Richtung gebührt Deutschland unzweifelhaft das größte Verdienst, denn hier wurden bereits 1884 die ersten Patente MONIERS durch die Firmen FREYTAG und HEIDSCHUCH in Neustadt und MARTENSTEIN und JOSSEAUX in Offenbach a. M. angekauft und weiter ausgearbeitet. Außer den Genannten erwarb auch Ingenieur G. A. WAYSZ in Frankfurt a. M. das Ausführungsrecht und zwar war es besonders der letztere, der, unterstützt durch Professor BAUSCHINGER in München, auf Grund eingehender Untersuchungen die Monierpatente so ausgestaltete, daß diese vom Jahre 1887 an wirklich sachgemäß und wirtschaftlich angewandt werden konnten. Diese Untersuchungen ergaben unter anderem auch zum ersten Male einwandfrei, daß die Eiseneinlagen immer dort anzuordnen sind, wo Zugspannungen auftreten und daß die beiden Bestandteile, Beton und Eisen, infolge ihrer außerordentlichen

Adhäsion statisch zusammenwirken müssen. In einer besonderen Broschüre wies Ingenieur WAYSZ an verschiedenen Beispielen die Zweckmäßigkeit der neuen Bauweise nach und Regierungsbaumeister KOENEN-Berlin stellte auf Grund jener Versuche Berechnungsmethoden für Eisenbetonkonstruktionen auf, welche die erste theoretische Grundlage für deren Dimensionierung darstellen.

Auch in anderen Ländern, wie Österreich, England und den Vereinigten Staaten fand die Verwendung von Eisenbeton sehr bald Eingang, ja dieser wurde hier teilweise schon seit geraumer Zeit zur Erhöhung der Feuersicherheit hergestellt, ohne daß sich die Konstrukteure besonders mit seinen günstigen Eigenschaften befaßt hatten. Nachdem man jedoch den hohen Wert derselben zweifellos erkannt hat, findet der Eisenbeton auch hier weitgehendste Anwendung.

Die günstigen Erfolge der Monierbauweise wurden naturgemäß sehr bald Anregung für eine große Zahl Erfinder, die durch kleinere oder größere Änderungen bezüglich der Einlagen neue Systeme zum Patent anmeldeten. So entstanden denn im Laufe der Zeit über 200 verschiedene Ausführungsweisen, die sich in ihren Grundzügen und Verwendungsarten indessen nur wenig von dem Moniersystem unterscheiden. Trotzdem sollen einzelne derselben später besonders angeführt werden, da hierdurch ein besseres Verständnis für die verschiedenen Möglichkeiten erreicht wird.

§ 2. Wirkungsweise und Konstruktionsgrundsätze. Allgemein bezeichnet man mit Eisenbeton alle diejenigen Bauweisen und Konstruktionen, die aus Portlandzement-Beton bzw. Zementmörtel in Verbindung mit Eisen hergestellt werden. Die Verbindung beider Materialien muß dabei aber derart sein, daß sie als innig zusammenhängende Stoffe gegen alle äußeren Beanspruchungen zu gemeinsamer statischer Wirkung gelangen. Für die konstruktive Anordnung gilt hierbei als Grundsatz, daß das Eisen im wesentlichen die Zugspannungen, der Beton dagegen die Druckspannungen aufzunehmen hat, denn der Beton kann erfahrungsgemäß wohl bedeutende Druckbeanspruchungen aber wenig oder gar keine Zugspannungen aufnehmen, während das Eisen beiden Kraftwirkungen nahezu gleichen Widerstand entgegensetzt. Durch die weitgehendste Berücksichtigung dieses Umstandes wird es möglich, die Festigkeitseigenschaften beider Stoffe möglichst wirtschaftlich auszunutzen und Bauwerke herzustellen, die alle Vorzüge des Massivbaues mit der leichten Erscheinung der Eisenkonstruktionen vereinen.

Damit bei dieser Bauweise, ähnlich wie bei Bauteilen aus einheitlichem Stoff, eine gemeinsame statische Wirkung der an sich verschiedenartigen Materialien möglich wird, ist es notwendig, daß beide eine innige Verbindung miteinander eingehen und daß ihr Verhalten unter der Einwirkung äußerer Kräfte nahezu gleichartig ist. Diese Bedingungen werden aber durch die grundlegenden Eigenschaften des Betons und Eisens erfüllt, denn die Adhäsion des Zementbetons am Eisen ist eine sehr bedeutende und auch die Temperaturendeckungskoeffizienten des Eisens und Betons sind nahezu gleich groß. Sie betragen nach den Versuchen von BONICEAU für 1°C 0,00001235 für Eisen und 0,00001370 für Portlandzementbeton.

Außerdem haben weitgehende Versuche CONSIDERES ergeben, daß der Portlandzementbeton als Umhüllung von Eiseneinlagen imstande ist, bei Zugbeanspruchungen größere Dehnungen auszuhalten, als ohne Einlagen. Diese Versuche führten seinerzeit sogar zu der Vermutung, daß der Beton als Eisenumhüllung Dehnungen ausführen könnte, die eine vollständige Ausnutzung der Zugfestigkeit des Eisens bis zur Elastizitätsgrenze zuließen. Nach den neuesten Forschungen von Reg.-Bauf. KLEINVOGEL u. a. erscheint diese Annahme zwar nicht zutreffend, doch ist die Dehnungsfähigkeit des armierten Betons immerhin wesentlich größer als diejenige des nicht armierten.

Die Erkenntnis dieser grundlegenden Eigenschaften im Verein mit einer wirtschaftlichen Berechnungsart, die, wenn auch nicht ganz einwandfrei, doch alle in Betracht kommenden Faktoren berücksichtigt, sind die Ursache, daß die Anwendungsgebiete des Eisenbetonbaues mehr und mehr an Umfang gewinnen und zurzeit im gesamten Hoch- und Tiefbau eine wesentliche Rolle spielen.

Als Konstruktionsgrundsätze für die sachgemäße und wirtschaftliche Verwendung des Eisenbetons sind dabei in erster Linie folgende zu beachten:

1. Der Widerstand des Betons ist überall dort durch Eiseneinlagen zu verstärken, wo der betreffende Konstruktionsteil auf Zug oder Schub beansprucht wird.
2. Die Verwendung des Eisens ist, soweit es die gegenwärtige Berechnung zuläßt, zu beschränken, damit die Bauweise wirtschaftlich bleibt.
3. Die Herstellung der einzelnen Bauteile muß nach jeder Richtung hin mit größter Sorgfalt und Gewissenhaftigkeit erfolgen, da die Sicherheit, die den Rechnungen zugrunde liegt, nur hierdurch herbeigeführt werden kann.

Nach dem ersten Grundsatz wird man demzufolge in jedem einzelnen Fall zunächst die einwirkenden Kräfte ermitteln und mit Hilfe der bekannten Festigkeitsregeln die hierdurch bedingten Spannungen feststellen. So ergeben sich z. B. für eine freiaufhängende Platte, die auf Biegung beansprucht wird, in den oberen Fasern Druck-, in den unteren dagegen Zugspannungen. Da nun der Zementbeton wohl ziemliche Druckbeanspruchungen aber nur geringe Zug- und Schubspannungen aushalten kann, das Eisen für Druck und Zug aber gleiche Festigkeit zeigt, so ergibt sich ohne weiteres, daß hier die Einlagen möglichst dicht an der Plattenunterkante vorzusehen sind (Abb. 1 u. 2). Würde dieselbe Platte dagegen an beiden Enden fest eingespannt sein, so entstehen bei der Durchbiegung

Abb. 1 u. 2. Eiseneinlagen in einer freiaufhängenden Platte.

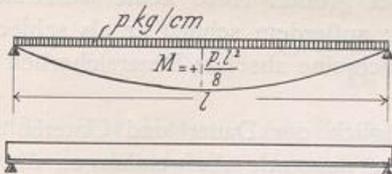
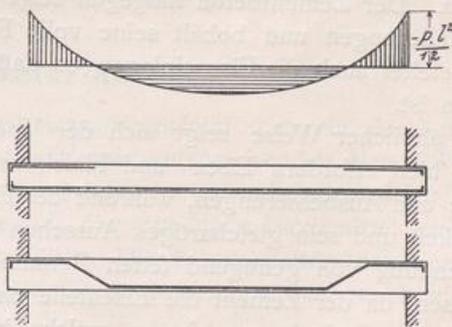


Abb. 3 bis 5. Eiseneinlagen in einer an beiden Enden fest eingespannten Platte.



beiderseits negative Momente. Die Zugspannungen werden demzufolge nur im mittleren Teil unten, sonst aber oben auftreten, weshalb die Einlagen hier in der aus Abb. 3 bis 5 ersichtlichen Weise angeordnet werden. Mit Rücksicht auf die statischen Verhältnisse läßt sich demnach die richtige Lage der Eisen in jedem Falle genau bestimmen, so daß für die Herstellung sachgemäßer Konstruktionen nicht nur die einzelnen Systeme, sondern in erster Linie diese statischen Wirkungen zu beachten sind.

Daß die weitere Ausbreitung der Eisenbetonbauweise trotz der verschiedenen Vorteile im wesentlichen von ihrer Wirtschaftlichkeit abhängig ist, leuchtet ohne weiteres ein, weshalb auch dem zweiten Grundsatz besondere Bedeutung beizumessen ist. Man wird also die Einlagen nicht, wie es bisher bei verschiedenen Systemen der Fall ist, so anordnen, daß sie teilweise nur wenig oder gar nicht ausgenutzt werden, sondern man wird das Eisen nur in beschränktem Maße und dort verwenden, wo es unbedingt notwendig ist. Dabei ist keineswegs zu befürchten, daß die Festigkeit der einzelnen Bauteile zu

gering wird, denn die gegenwärtig allgemein Verwendung findenden Berechnungsweisen und Bestimmungen bieten gerade nach dieser Richtung hin genügende Sicherheit. Es ist also nicht notwendig, größere Eisenmengen als die durch Rechnung ermittelten einzulegen, denn damit würde die Bauweise ohne praktischen Wert nur teurer gemacht.

Von weit größerem Einfluß ist in diesem Sinne die richtige und gewissenhafte Ausführung, wie sie im dritten Konstruktionsgrundsatz gefordert wird. Gerade hier werden vielfach noch jetzt die größten Fehler gemacht, weshalb denn auch trotz der sorgfältigsten Rechnung häufig genug Einstürze vorkommen, die nur zu oft als Nachteile der Bauweise selbst bezeichnet werden. Um diese für die weitere Entwicklung des Eisenbetonbaues nachteiligen Unfälle soweit als angängig zu verhindern, ist es notwendig, daß die einzelnen Arbeiten mit vollem Verständnis und mit Rücksicht auf die Wirkungsweise der einzelnen Teile ausgeführt werden. Da es aber dem Einzelnen nicht immer möglich ist, sich dieses Verständnis auf der Baustelle selbst anzueignen, so sollen die dabei beachtenswerten Regeln und Einzelheiten noch in einem besonderen Abschnitt (vergl. E) besprochen werden.

§ 3. Vorteile und Anwendungen des Eisenbetons. Als vorteilhafte Eigenschaften der Eisenbetonbauweise sind anzuführen: 1. die absolute Feuersicherheit, 2. die fast unbeschränkte Dauer bei äußerst geringer Unterhaltungsarbeit, 3. die bedeutende Tragfähigkeit und Festigkeit, 4. die leichte Formbarkeit und 5. der geringe Materialbedarf und die hierdurch bedingte Billigkeit.

Durch diese im vollen Umfange nur dem Eisenbeton eigenen Vorteile ist dieser nach jeder Richtung hin als ein vorzügliches Baumaterial zu bezeichnen. Zwar erscheint uns der reine Eisenbau in mancher Hinsicht ebenso zweckmäßig; doch hat gerade dieser auch wesentliche Nachteile. So ist z. B. die Feuersicherheit des Eisens durchaus ungenügend, denn die Erfahrungen bei großen Bränden lassen ohne jeden Zweifel erkennen, daß eiserne Tragkonstruktionen unter der Einwirkung großer Hitze vollständig zerstört werden. Der Zementbeton hingegen zeigt selbst bei größter Hitze keine wesentlichen Formänderungen und behält seine volle Festigkeit; außerdem schützt er als schlechter Wärmeleiter auch die Eiseneinlagen, so daß tatsächlich eine absolute Feuersicherheit vorhanden ist.

In ähnlicher Weise zeigt sich der Vorteil bezüglich der Dauer und Unterhaltung. Auch hier erfordern Eisen- und Holzkonstruktionen dauernde Aufwendungen für Anstriche und Ausbesserungen, während der Eisenbeton auch ohne diese seine ursprüngliche Festigkeit und sein gleichartiges Aussehen behält; denn ein Rosten der Einlagen ist bei Verwendung von genügend fetten Betonmischungen (1 : 3 bis 1 : 5) vollständig ausgeschlossen, da der Zement die Eisenteile umhüllt und so von der atmosphärischen Luft abschließt. Bedenkt man ferner, welche bedeutenden Aufwendungen an Zeit und Material die verschiedenartigen Verbindungen und Anschlüsse bei Eisen- und Holzkonstruktionen erfordern, so erscheint auch der Vorteil leichter Formbarkeit nicht unbedeutend. In Eisenbeton lassen sich selbst die unregelmäßigsten Formen ohne jede Schwierigkeit schnell und billig herstellen; denn hier können die Verbindungen der tragenden Teile in einfachster Weise geschaffen und die Konstruktionshöhen auf ein Mindestmaß beschränkt werden. Kunstvolle Gewölbe- und Treppenformen können hierbei ebenso leicht und schnell ausgeführt werden wie Überdeckungen unregelmäßiger Räume usw. Da außerdem auch die Tragfähigkeit ganz bedeutend ist, läßt sich für Fabrik- und Versammlungssäle, Schulen u. dergl. die Zahl der unterstützenden Säulen wesentlich beschränken, so daß die Raumausnutzung, Lüftung und Beleuchtung, soweit als überhaupt möglich, begünstigt wird.

Mit Rücksicht auf diese vielseitigen Vorteile ergibt sich ohne weiteres, daß die Anwendungsgebiete der Eisenbetonbauweise ganz beträchtlich sein müssen. Tatsächlich findet sie denn auch die vielseitigste Verwendung, und es gibt gegenwärtig kaum noch größere Neubauten, bei denen der Eisenbeton fehlt. In einzelnen Fällen wird er sogar ausschließlich verwendet, so daß schon Bauwerke ohne jedes andere Material vom Grundmauerwerk bis zum Dach aus Eisenbeton hergestellt wurden. In ganz besonderem Maße eignet sich dieser zur Ausführung von weit gespannten, schwer belasteten Decken in Lagerhäusern, Magazinen, Gasthöfen, Warenhäusern usw. Hier werden die sonst aus Eisen hergestellten Säulen, Träger und Unterzüge durch solche aus Eisenbeton ersetzt, wodurch das Gebäude eine wesentlich größere Steifigkeit und vor allen Dingen Feuer-sicherheit erhält. Da in den meisten Fällen sämtliche Teile an Ort und Stelle ausgeführt werden, so bildet das Ganze eine vollkommen steife Verbindung, die vielfach durch besondere Verstärkungen an den Säulen und Balken noch erhöht wird.

Die Auflagerung der Eisenbetonträger an den Außenmauern kann dabei entweder unmittelbar auf dem gewöhnlichen Mauerwerk erfolgen, oder es werden besondere Wandpfeiler vorgesehen, welche die Hauptlasten direkt auf die Fundamente übertragen. Im ersten Fall müssen die Umfassungen gut fundiert und möglichst in Zementmörtel gemauert werden, damit keine Setzungen eintreten. Wird hingegen die zweite Art der Ausführung gewählt, so kann die tragende Eisenbetonkonstruktion unabhängig von allem Mauerwerk für sich allein emporggeführt und fertiggestellt werden. Hierdurch wird es möglich, daß die Umfassungen nur als einfache Verkleidung von geringer Stärke ausgeführt werden. Doch nicht nur für Gebäude der genannten Art empfiehlt sich die Eisenbetonbauweise, auch bei solchen mit geringeren Belastungen, kann sie unter Umständen vorteilhaft Verwendung finden. So wird man in erster Linie Treppenanlagen und Deckenkonstruktionen in dieser Bauweise herstellen, da hierdurch die Gefahr bei Bränden wesentlich vermindert wird. Allgemein lassen sich die Verwendungsmöglichkeiten dahingehend zusammenfassen, daß es gegenwärtig im gesamten Hochbau wohl keine Bauteile mehr gibt, die nicht schon, wenigstens versuchsweise, in Eisenbeton ausgeführt wurden.

B. Das Material.

§ 4. Der Beton. Als Beton im allgemeinen bezeichnet man ein Gemisch von Zement, Sand und Kies oder Steinschlag, das mit einer entsprechenden Menge Wasser verarbeitet wird. Die Festigkeit dieser Masse hängt dabei im wesentlichen von der Menge und Beschaffenheit des Zementes ab, da dieser als das eigentliche Bindemittel wirkt und den innigen Zusammenhang aller Teile herbeiführt. Die Eigenschaften des Zementes sind deshalb in jedem Falle mit besonderer Sorgfalt zu prüfen, weshalb auch hier zunächst die notwendigen Angaben dazu folgen sollen.

a) **Die Zemente.** Allgemein versteht man unter Zement ein Material, welches hydraulische Eigenschaften besitzt und als Bindemittel zu Bauzwecken benutzt wird. Nach der Herstellungsweise unterscheidet man gegenwärtig zwei Zementarten, deren Bestandteile im wesentlichen dieselben sind; es ist dies der Portlandzement und der Puzzolan-zement (Schlackenzement). Für die Ausführung von Beton- und Eisenbetonbauten kommt indessen fast nur der Portlandzement in Betracht.

Portlandzement ist ein in seiner Masse gleichartiger, durch Zusatz von Wasser erhärtender Mörtelstoff, der dadurch erzeugt wird, daß man eine in bestimmten Verhältnissen zu einander hergestellte innige Mischung von Kalk und Ton, oder anderen Materialien, die Silikate enthalten, bis zur Sinterung brennt und dann durch Mahlen zerkleinert.