

Steineisendecken im Deutschen Reich 1892-1925

Band 1

Entwicklungsgeschichte, Typologie und Bewertung

Band 2

Katalog und Herstellungsverfahren

Band 3

Anlagen

Von der Fakultät Architektur, Bauingenieurwesen und Stadtplanung der
Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus
zur Erlangung des akademischen
Grades eines Doktor-Ingenieurs
genehmigte Dissertation

vorgelegt von

Dipl.-Ing. Michael Fischer
Lichtenstein

Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Werner Lorenz
Gutachterin: Prof. M.Sc. Karen Eisenloffel
Gutachter: Prof. Berthold Burkhardt
Tag der Disputation: 03.07.2008

Steineisendecken im Deutschen Reich 1892-1925

Band 1

Entwicklungsgeschichte, Typologie und Bewertung

Band 2

Katalog und Herstellungsverfahren

Band 3

Anlagen

Inhaltsübersicht

Vorwort		V
1 Einleitung		1
1.1 Aktueller Kenntnisstand und heutiger Umgang mit Steineisendecken		1
1.1.1 Entwicklungsgeschichte und Konstruktion		1
1.1.2 Tragverhalten und Bewertung des Bestandes		3
1.1.3 Konstruktive Ertüchtigung		4
1.2 Zielsetzung der Arbeit		5
1.3 Methodik und Bestandteile der Arbeit		6
1.4 Zeitlicher Rahmen – Steineisendecken zwischen 1892 und 1925		8
1.5 Quellen		9
1.6 Terminologie		11
1.6.1 Steineisen- und Füllkörperrippendecken		11
1.6.2 Steine und Ziegel		12
2 Genealogie der Steineisendecken		14
2.1 Vorformen der Steineisendecken		14
2.1.1 Antike Topf- und Tonröhrengewölbe		14
2.1.2 Französische, englische und deutsche Hohlziegeldecken		16
2.2 Auslöser für die Verbreitung der Steineisendecken		19
2.2.1 Die großindustrielle Produktion von Deckenhohlziegeln in Nordamerika		19
2.2.2 Die Kleinesche Decke – Initiator für die Verbreitung der Steineisendecken in Deutschland		21
3 Chronologie – Steineisendecken im Deutschen Reich		22
3.1 Herausbildung der Steineisendecken gegen Ende des 19. Jahrhunderts		22
3.1.1 Die Wirtschaftliche Lage der Ziegelindustrie		22
3.1.2 Die Konstellation im Deckenbau		23
3.1.3 Anforderungen an Decken		26
3.2 Konkurrenz der Steineisen- und Eisenbetondecken		29
3.2.1 Stand des Eisenbetonbaus im Deutschen Reich		29
3.2.2 Bewertung von Steineisen- und Eisenbetondecken		34
3.3 Steineisendecken im internen Wettbewerb		40
3.3.1 Der Patent- und Gebrauchsmusterschutz		40
3.3.2 Erfindungen und Innovationen im Steineisendeckenbau		47
3.4 Stagnation der Steineisendeckenentwicklung nach 1910		58
3.4.1 Der Einfluss von Krieg und Inflation auf das Bauwesen		58
3.4.2 Der Bedeutungsverlust der Steineisendecken		59

4	Verbreitung der Steineisendecken	60
4.1	Die Verbreitung beeinflussende Faktoren	61
4.1.1	Verfügbarkeit der Hohlziegel	61
4.1.2	Eigenschaften der Hohlziegel	62
4.1.3	Präsenz der Ziegel und Decken in der historischen Fachliteratur	64
4.2	Überregional verbreitete Steineisendecken	66
4.2.1	Decken aus einfachen, rechteckigen Hohlziegeln	66
4.2.2	Decken aus Formziegeln	67
4.2.3	Decken aus allseitig geschlossenen Hohlziegeln	70
4.3	Regional verbreitete Steineisendecken	70
5	Baustoffe, Hilfsgerüste und Herstellungsverfahren	72
5.1	Steine und Ziegel	72
5.1.1	Schwemmsteine	72
5.1.2	Poröse Vollziegel	76
5.1.3	Hohlziegel	78
5.1.4	Geschlossene Hohlziegel	82
5.2	Bewehrung	87
5.2.1	Band- und Flacheisen, Rund- und Quadrateisen	87
5.2.2	Profileisen	90
5.2.3	Sonstige Bewehrungseisen	91
5.3	Schalungen, Teilschalungen und Lehrgerüste	93
5.4	Herstellungsverfahren für Steineisendecken	97
6	Typologie	99
6.1	Bisherige Ansätze zur Ordnung aller Arten von Massivdecken	99
6.2	Mögliche Kriterien zur Typenbildung	100
6.3	Typologie der Steineisendecken hinsichtlich Ziegel, Konstruktion und Herstellung	101
7	Baupolizeiliche Zulassung von Steineisendecken	103
7.1	Entwicklung der Zulassung	103
7.1.1	Allgemeine Genehmigung zur Ausführung einer Steineisendecke	103
7.1.2	Zulassung der Steineisendecken nach den <i>Eisenbeton-Bestimmungen</i>	106
7.2	Probebelastungen an Steineisendecken	107
7.2.1	Versuchsaufbau und Durchführung	107
7.2.2	Messung der Durchbiegungen	111
7.2.3	Publizierte Ergebnisse von Probebelastungen	111
7.2.4	Probebelastungen als Grundlage historischer Bemessungsverfahren	112
7.2.5	Regelungen zu Probebelastungen	113

8	Historische Bemessung der Steineisendecken	117
8.1	Entwicklung der Normen	117
8.2	Biegebemessung bis 1925	118
8.2.1	Das n-Verfahren im Eisenbetonbau	118
8.2.2	Das n-Verfahren im Steineisendeckenbau – Festlegung der Parameter	120
8.2.3	Zulässige Spannungen	121
8.3	Biegebemessung nach 1925 – Entwicklung und Diskussion	123
8.3.1	Das n-Verfahren im Allgemeinen	123
8.3.2	Zum n-Wert für die Steineisendeckenberechnung	124
8.3.3	Zur Stärke der Druckschicht	125
8.3.4	Zur Berücksichtigung der Ziegelhohlräume	126
8.3.5	Zulässige Spannungen	128
9	Nachbemessung historischer Steineisendecken	131
9.1	Beispielrechnungen zum Hohlraumanteil an der Druckfläche	132
9.1.1	Zentrale Annahmen, Wahl der Parameter	132
9.1.2	Darstellung der Einzelergebnisse	134
9.1.3	Charakteristische Ergebnisse	137
9.2	Aktuelle Nachbemessungen auf der Basis des n-Verfahrens	139
9.2.1	Wahl des Parameters „n“	139
9.2.2	Berücksichtigung von Druckschichten	140
9.2.3	Zulässige Spannungen	141
9.2.4	Potential aktueller Nachbemessungen auf der Basis des n-Verfahrens	143
10	Tragfähigkeitsmindernde Einflüsse	146
10.1	Aufnahme der Haftzugspannungen durch den Mörtel	148
10.2	Aufnahme der Druckspannungen durch die Ziegel und den Mörtel	150
10.3	Aufnahme der Schubspannungen durch die Ziegel und den Mörtel	155
10.4	Weitere konstruktive Befunde	157
10.5	Versagensmechanismen der Steineisendecken	159
11	Zusammenfassung	163
11.1	Entwicklungsgeschichte und Bedeutung	163
11.2	Bemerkenswerte Entwicklungsschritte	164
11.3	Katalog und Typologie	165
11.4	Verbreitung	165
11.5	Historische Belastungsversuche	166
11.6	Historische Bemessung	167
11.7	Bewertung der Tragfähigkeit	167
11.8	Ausblick – weitere Forschungen	168

Literaturverzeichnis	169
Zeitschriftenverzeichnis	179
Verzeichnis der Regelwerke und Normen	180
Verzeichnis der Patente und Gebrauchsmuster	182
Abbildungsverzeichnis	188
Tabellenverzeichnis	191
Abkürzungsverzeichnis	192
Ausführliches Inhaltsverzeichnis	193

Vorwort

Im frühen 20. Jahrhundert prägten Steineisendecken als einfach zu erstellende und preiswerte Lösungen maßgeblich den Stockwerksbau. Sie übertrafen hinsichtlich Vielfalt und Verbreitung viele Jahre lang die etwa zeitgleich entwickelten Eisenbetondecken und erlangten vor allem in Verbindung mit Skelettragwerken weltweit Bedeutung.

Die vorliegende Dissertation untersucht die historisch-konstruktive Entwicklung der Steineisendecken. Erstmals wird eine umfassende Entwicklungsgeschichte erarbeitet, dokumentiert und bewertet. Band 1 der Dissertation behandelt die Genealogie, die Chronologie, die Baustoffe, die Historie der baupolizeilichen Zulassung und die Verbreitung der Steineisendecken. Das historische Bemessungsverfahren wird vorgestellt und bewertet, die Einschätzung der Tragfähigkeit bildet den Abschluss des ersten Teils dieser Arbeit. Die zahlreichen historischen Steineisendeckensysteme werden systematisch in einer Typologie geordnet und im zweiten Band zu einem Katalog aufbereitet. Darüber hinaus wird der zweite Band durch die ausführliche Abhandlung der für die Herstellung jedes Deckensystems nötigen Arbeitsschritte ergänzt. Eine repräsentative Auswahl historischer Erlasse und Verfügungen wird in Band 3 (Anlagen) zusammengestellt.

Die ersten nachhaltigen Anstöße zur Beschäftigung mit dem Thema erhielt der Verfasser während seiner Tätigkeit als Tragwerksplaner. Im Rahmen von Umbau und Sanierung historischer Wohn- und Geschäftsbauten waren bauzeitliche Steineisendecken rechnerisch nachzuweisen sowie Probebelastungen zu koordinieren und auszuwerten. Im Zuge der Bearbeitung wurde dabei wiederholt das Phänomen diskutiert, dass die historischen Steineisendecken oftmals für die aus den heutigen Nutzungsansprüchen resultierenden erhöhten Ausbaulasten zwar rechnerisch nicht nachweisbar sind, sich aber mittels Probebelastungen ihre Tragfähigkeit hinlänglich belegen lässt. Dieses Erkenntnis, die in Fachkreisen allgemein bekannt ist, bekräftigte die Notwendigkeit eines Berechnungsalgorithmus, der eine wirklichkeitsnahe Bemessung der historischen Steineisendecken ermöglicht und somit zumindest teilweise die heute üblichen Varianten wie Nachweisführung mit Probebelastungen, Ertüchtigung der Deckenfelder oder Abriss überflüssig machen könnte. Da sich die an die Entwicklung eines verfeinerten Bemessungsalgorithmus geknüpften Fragestellungen unter den wirtschaftlichen und zeitlichen Zwängen, denen ein Ingenieurbüro unterworfen ist, nicht beantworten lassen, entstand die Idee zur vorliegenden Dissertation.

Erste Recherchen zeigten, dass auf dem Gebiet des Deutschen Reiches zu Beginn des 20. Jahrhunderts eine sehr große Vielfalt von Steineisendeckensystemen mit unterschiedlichen konstruktiven Charakteristika existierte. Die tatsächliche praktische Bedeutung und Verbreitung der verschiedenen Decken war bislang nicht bekannt. Infolgedessen stellte der Verfasser die Entwicklung eines verfeinerten Bemessungsalgorithmus zur Nachweisführung der Tragfähigkeit historischer Steineisendecken zugunsten der Erarbeitung einer umfassenden Entwicklungsgeschichte vorerst zurück.

Jeder, der sich die Aufgabe gestellt hat, eine Dissertation zu verfassen, kennt die Bedeutung einer fachlichen und sozialen Unterstützung. Nur durch diese ist es möglich, auch kritische Phasen während des Bearbeitungszeitraums zu meistern. Daher möchte ich an dieser Stelle für die Unterstützung, die ich in den letzten Jahren von verschiedener Seite erfahren habe, danken.

An erster Stelle danke ich Prof. Dr.-Ing. Werner Lorenz für die Betreuung der Dissertation, seine stete Gesprächsbereitschaft und die konstruktiven Vorschläge zur Abgrenzung des Themas sowie zur inhaltlichen Ausrichtung einzelner Kapitel.

Darüber hinaus gilt mein besonderer Dank Dipl.-Ing. Matthias Kunze und Dipl.-Ing. Bernhard Heres. Als fachlich prädestinierte, sorgfältige und kritische Leser einzelner Kapitel haben sie maßgeblich zur Verbesserung der schriftlichen Darstellung meiner Gedanken beigetragen.

Für die Unterstützung bei der Arbeit im Archiv des Deutschen Patent- und Markenamts (DPMA) danke ich Dipl.-Ing. Diana Wieczorek. Dipl.-Ing. Angelika Scherer danke ich für die Bearbeitung zahlreicher Abbildungen sowie für das Erstellen einzelner Übersichten und Organigramme. Mein Dank gilt außerdem Dipl.-Ing. Katrin Recker und Dipl.-Ing. Fatma Degirmencioglu, die mit viel Geduld die von mir angefertigten Freihand-Konstruktionszeichnungen aller Steineisendecken als CAD-Darstellung für den Katalog umsetzten. Fatma Degirmencioglu war mir dankenswerterweise zudem bei der Erstellung des Layouts behilflich.

Den Mitarbeitern des Deutschen Patent- und Markenamts, Berlin (DPMA), namentlich Frau Haase, danke ich für die sehr freundliche Aufnahme und jederzeit gewährte Hilfe beim Studium der historischen Patent- und Gebrauchsmusterrollen.

Für die Bereitstellung der Dokumentationen von konstruktiven Bestandsaufnahmen an realen historischen Steineisendecken und die Unterstützung bei deren Auswertung danke ich Herrn Dr.-Ing. Mehdiانpour von der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin (BAM), Frau Dipl.-Ing. Pflugbeil vom ehemaligen Materialprüfungsamt des Landes Brandenburg (MPA), Herrn Dipl.-Ing. Jäger von der BARG – Baustofflabor GmbH & Co. KG, Berlin sowie meinen Kollegen von der Prof. Dr. Lorenz & Co. Bauingenieure GmbH, Berlin.

Meinem Lehrstuhlkollegen Dipl.-Ing. Volker Wetzke danke ich für den Kontakt zum Internetforum „Civil Engineering History & Heritage Exchange“. Dank gilt aber auch allen anderen Kollegen am Lehrstuhl Bautechnikgeschichte und Tragwerkserhaltung für ihr stetes Interesse.

Die Aufgabe des Korrektorats übernahm Herr Hanno Depner M.A., M.A. Dafür sei auch ihm an dieser Stelle gedankt.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft spreche ich meinen besonderen Dank für die finanzielle Förderung des Forschungsprojektes „Entwicklungsgeschichte der Steineisendecken“ aus, in dessen Rahmen die vorliegende Dissertationsschrift entstand.

Meine Eltern und meine Lebensgefährtin Fatma Degirmencioglu gaben mir den notwendigen emotionalen Rückhalt und motivierten mich vor allem bei der Bewältigung von Bearbeitungspausen. Dafür danke ich ihnen von Herzen.

„In der Decke hat die Baukunst einen Gegenstand gefunden, an dem sie ihre ganze Leistungsfähigkeit entfalten konnte, die ihr die höchsten, schwierigsten und schönsten Aufgaben stellte, ganz ungeahnte Fähigkeiten und Fertigkeiten entstehen ließ und ihr den Anlass gab, ihre großartigsten Schöpfungen ins Leben zu rufen.“¹

1 Einleitung

Steineisendecken sind im historischen Sprachgebrauch ebene, mit Eiseneinlagen bewehrte Decken aus Ziegelsteinen, bei denen die Ziegel zur Übertragung von Druck- und Schubspannungen herangezogen werden und dadurch einen wesentlichen Bestandteil des Tragwerks bilden.

Ab etwa 1895 gewannen Steineisendecken im Deutschen Reich als leichte, einfach herzustellende und wirtschaftliche Lösungen vor allem im Wohn- und Geschäftshausbau zunehmend an Bedeutung. Ihre Vielfalt und Verbreitung übertraf lange Zeit diejenige der zeitgleich entwickelten Betondecken. Der Bedeutung der Steineisendecken steht die weitgehende Unkenntnis von deren Geschichte und zeitgenössischen Berechnung gegenüber. Dies hat erhebliche Auswirkungen auf den heutigen Umgang mit historischen Steineisendecken. Aktuelle statische Nachweise sind von unscharfen Randbedingungen geprägt. Ein Ausweg wird häufig in Probelastungen oder der Verstärkung der Deckenfelder gesucht. Beides ist kostenintensiv, oft resultiert aus der Unkenntnis der noch teurere bauliche Ersatz.

Da bislang keine umfassende Untersuchung erfolgte, wurde die historisch-konstruktive Entwicklung der Steineisendecken im Rahmen der vorliegenden Dissertation erstmals als Ganzes untersucht und eine umfassende Dokumentation erstellt.

1.1 Aktueller Kenntnisstand und heutiger Umgang mit Steineisendecken

1.1.1 Entwicklungsgeschichte und Konstruktion

Die grundlegende Idee, Flächentragwerke durch die Verwendung modularisierter und vorgefertigter Hohlkörper hinsichtlich ihres Gewichtes zu optimieren, geht bereits auf in der Antike entwickelte Bauweisen zurück. Über die verschiedenen Konstruktionen aus hohlen Tonkörpern wie beispielsweise Topfgewölben, Tonröhrengewölben und Caementiciumpopfgewölben berichten Daub, Durm, Storz und Mark.²

¹ Daub (1911), S.132.

² siehe: Durm (1905); Daub (1911); Storz (1994); Mark (1995).

Laut Lorenz wurde das Leichtbau-Prinzip im ausgehenden 18. Jahrhundert für die Konstruktion flacher Decken erneut aufgegriffen. Vertreter jener Entwicklung sind Industriebauten in England oder Wohnbauten in Frankreich, bei denen stehende Tontöpfe als Hohlkörper zur Anwendung kamen.³

In seinem Werk „Konstruktion als Kunstwerk. Bauen mit Eisen in Berlin und Potsdam 1797-1850“ setzt sich Lorenz mit dem Bau des „Neuen Museums“ auf der Berliner Museumsinsel, dem wohl berühmtesten deutschen Beispiel für die Adaption dieser Konstruktionsweise, auseinander. Allerdings stehen hier nicht die Deckenausfachungen aus Hohlkörpern im Mittelpunkt der Betrachtungen, sondern die verschiedenen eisernen Traggerüste.⁴

Im Deutschen Reich gewannen die Steineisendecken ab etwa 1895 vor allem im Wohn- und Geschäftshausbau rasch an Bedeutung. In eklatantem Widerspruch zu ihrer breiten Anwendung standen die Qualität der ingenieurwissenschaftlichen Modellierung sowie die theoretischen Kenntnisse auf Seiten der zeitgenössischen Anwender, die nicht einmal bescheidenen Anforderungen genügten. Daran hat sich im Wesentlichen bis in die Gegenwart nichts geändert. Zusammenhängende Untersuchungen zur Entwicklungsgeschichte und konstruktiven Ausbildung der Steineisendecken liegen bislang nicht vor. Besonders auffällig ist die Ignoranz, mit der sie in Arbeiten zur Bautechnik der Moderne bedacht werden; hartnäckig hält sich hier der Mythos von der überragenden Bedeutung der Eisenbetondecke. So werden die im „Dessauer Schulgebäude“, der „Weißenhofsiedlung“ und der „Siedlung Neubühl“ u. a. m. ausgeführten Steineisendecken in der aktuellen Literatur entweder verschwiegen oder als Eisenbetondecken dargestellt.⁵ Allenfalls die wenigen Überblickswerke zu historischen Baukonstruktionen geben einen ersten Einblick in die Vielzahl der Steineisendeckensysteme sowie in die Ansätze und Probleme der zeitgenössischen Bemessung.⁶ Doch stellt selbst Ahnert in der im deutschen Raum umfangreichsten Zusammenstellung nicht einmal zwanzig der nahezu hundert frühen Steineisendeckensysteme vor. Dem Charakter der Publikation gemäß blieb dabei auch die Darstellung der jeweiligen konstruktiven Charakteristika unberücksichtigt.⁷ Auch die jüngste Arbeit zur Entwicklungsgeschichte der Steineisendecken von Voormann liefert keine wesentlichen neuen Erkenntnisse.⁸

Die systematische Aufarbeitung der Entwicklungsgeschichte dieser den Hochbau des ausgehenden 19. Jahrhunderts und beginnenden 20. Jahrhunderts prägenden Deckenart ist offenkundig ein kaum bearbeitetes Forschungsgebiet.

³ Lorenz, Werner: Stülers Neues Museum – Inkunabel preußischer Konstruktionskunst im Zeichen der Industrialisierung. In: Bloch (1994), S.99-112, hier 103.

⁴ siehe: Lorenz (1995).

⁵ siehe z. B.: Schaal (1990); Ford (1994); Kentgens-Craig (1998).

⁶ siehe: Ahnert (2001); Bargmann (2001).

⁷ siehe: Ahnert (2001).

⁸ siehe: Voormann, Friedmar: Historische Ziegeldeckenkonstruktionen. In: Bautechnik 81 (2004), S.603-609.

1.1.2 Tragverhalten und Bewertung des Bestandes

In Deutschland ist das aktuelle Baugeschehen bereits zu etwa 50% durch Bauen im Bestand geprägt. Dabei stehen nicht mehr Abriss und Ersatz, sondern zunehmend Erhalt und Reparatur im Vordergrund. Folglich sind historische Steineisendecken heute immer häufiger Gegenstand aktueller Ingenieurplanungen.

Dem planenden Ingenieur, der Tragverhalten und Tragfähigkeit der Decken im Vorfeld einer Sanierung zu bewerten hat, stehen oft nur die bereits benannten Überblicksdarstellungen zur Verfügung. Dieses Material bietet jedoch allenfalls die Basis für grobe Einschätzungen des Tragvermögens, und selbst der typologischen Einordnung der jeweiligen vorhandenen Decken sind Grenzen gesetzt. Für die aktuelle Bemessung der historischen Bauteile kommen deshalb in der Regel verschiedene Methoden zur Anwendung, die angesichts von unscharfen Randbedingungen deutliche Unsicherheiten bedingen.

So basiert die verschiedentlich praktizierte Anwendung der *DIN 1045* (1988.07)⁹ auf mehreren unzutreffenden Annahmen. Die DIN setzt moderne „Stahlsteindecken“ den Vollplatten aus B15 oder B25 gleich. Die historischen Mörtel erfüllen die damit verbundenen Anforderungen jedoch nicht immer. Die historischen Hohlziegel entsprechen nicht den der *DIN 1045* zu Grunde gelegten teil- oder vollvermörtelten Deckenziegeln nach *DIN 4159* (1999.10). Zudem lässt es die DIN nicht zu, den oftmals vorhandenen Aufbeton als mittragend in Rechnung zu stellen und damit vorhandenes zusätzliches Tragpotential der Decken zu berücksichtigen.

Wegen der dargelegten Problematik im Zusammenhang mit der Anwendung der *DIN 1045* greifen die Ingenieure heutzutage oftmals auf die zur Erbauungszeit gültigen Regelungen zurück und bemessen die historischen Steineisendecken nach dem n-Verfahren.

Das ursprünglich für den Eisenbetonbau entwickelte n-Verfahren wurde im Jahre 1904 unmittelbar für die Bemessung von Steineisendecken übernommen. Ab diesem Zeitpunkt setzte man fast drei Jahrzehnte lang in der Berechnung die Hohlziegel dem Vollquerschnitt der Eisenbetonplatte gleich und wies somit den Ziegelhohlräumen nicht selten erhebliche Druckspannungen zu. Um diesem Defizit Rechnung zu tragen, wurde das werkstoffabhängige Sicherheitsniveau für den Mörtel, vor allem aber für die Hohlziegel, deutlich erhöht. Infolgedessen wurde oftmals erhebliches Tragpotential verschenkt. Da im Rahmen aktueller Nachbemessungen historischer Steineisendecken nach dem n-Verfahren die ursprünglichen Bemessungsparameter unverändert übernommen werden, wird auch heute noch zusätzlich vorhandenes Tragpotential nicht berücksichtigt.

Eine adäquate Bewertung der Tragfähigkeit historischer Steineisendecken unter Berücksichtigung der Besonderheiten der Bauweise, der zeitgenössischen Bemessung und möglicher inhärenter Reserven

⁹ Im Jahre 1972 erschien mit der *DIN 1045* erstmals eine Bemessungsnorm in Deutschland, die auf einem „n-freien“ Traglastverfahren beruht. Doch erst in der *DIN 1045* aus dem Jahre 1988 finden sich ausführliche Regelungen zur Bemessung und baulichen Ausbildung von Steineisendecken.

Die aktuelle Neuauflage der *DIN 1045-1* von 2001, die auf den Sicherheits- und Bemessungskonzepten des Eurocodes basiert (semiprobabilistisches Sicherheitskonzept), enthält keine Regelungen bezüglich Steineisendecken. Explizite Regelungen finden sich in *DIN 1045-100* (2005.02). Steineisendecken im Sinne der *DIN 1045-100* entsprechen in Form und Materialeigenschaften den Steineisendecken gemäß *DIN 1045* von 1988. Aus diesem Grund weisen auch die Bemessungsvorschriften beider Verfahren eine Vielzahl von Parallelen auf.

ist auf den oben beschriebenen Grundlagen nicht möglich. Der Versuch, die Tragfähigkeit historischer Steineisendecken zum Zwecke ihrer weiteren Nutzung nach der *DIN 1045* oder dem historischen n-Verfahren nachzuweisen, führt somit nur selten zum Ziel.

Als Alternative zum, wie dargelegt, problematischen rechnerischen Nachweis der Tragfähigkeit wird in den letzten Jahren zunehmend die Nachweisführung durch Belastungsversuche gesehen und praktiziert.¹⁰ Verschiedene Einrichtungen bieten entsprechende Leistungen an und können bereits auf Erfahrungen bei der Durchführung von Belastungsversuchen an Steineisendecken verweisen.¹¹ Die Ergebnisse wurden in einer Reihe von Veröffentlichungen publiziert.¹²

Belastungsversuche vor Ort decken deutlich die Tragfähigkeit des geprüften Deckenfeldes auf, sind aber im Vergleich zur statischen Berechnung sehr teuer. Sie erweisen sich deshalb nur dann als wirtschaftlich, wenn innerhalb des zu bewertenden Gebäudes über größere Verkehrsflächen möglichst einheitliche Deckensysteme vorhanden sind. Gerade dies ist im historischen Wohn- und Geschäftshausbau jedoch in der Regel nicht der Fall, da aufgrund der bauzeitlich hohen Kosten für Baumaterialien oftmals verschiedene Deckensysteme gemäß den unterschiedlichen Belastungsanforderungen und Randbedingungen zur Anwendung kamen.

Wegen fehlender Grundlagenkenntnisse über Bestandssituation, Konstruktion und Bemessung neu zu nutzender historischer Steineisendecken lassen sich realitätsnahe Nachweise der Tragfähigkeit auf rechnerischem Wege in der Regel nicht führen. Die Durchführung von Belastungsversuchen ist wirtschaftlich häufig nicht zu vertreten. Im Ergebnis werden die Deckenfelder oftmals abgerissen und durch Neu-Einbauten ersetzt.

1.1.3 Konstruktive Ertüchtigung

Eine Alternative zum Abriss historischer Steineisendeckenfelder besteht in deren konstruktiver Ertüchtigung. Grundsätzlich bieten sich als Ertüchtigungsmöglichkeiten die Erhöhung der Druckbetonschicht oder das Verstärken der Zugseite an. Die Realisierung ist üblicherweise teuer und kollidiert gegebenenfalls mit Denkmalschutzanforderungen. Gleichwohl lassen sich auf dem Gebiet der Ertüchtigung der Steineisendecken vereinzelte Forschungsaktivitäten benennen.

So veröffentlichten Gunkler und Kordina 1995 grundsätzliche Möglichkeiten für die Ertüchtigung von Stahlsteindecken.¹³ Die von ihnen untersuchten Decken sind jedoch nur jüngeren Datums (um 1945); die Decken stammen somit aus einer Zeit, in der Berechnung, Konstruktion und Ausführung der

¹⁰ siehe z. B.: Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (2000).

¹¹ BAM Berlin, Fachgruppe VII.2 Ingenieurbau, Dr.-Ing. Mehdiانpour (Prof. Dr.-Ing. Rücker); FH Potsdam, Baulabor Konstruktiver Ingenieurbau, Prof. Dr.-Ing. Vielhaber; Bauhaus-Universität Weimar, Abteilung Versuchswesen, Prof. Dr.-Ing. Schwesinger; TU Berlin, Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken Berlin, Dr.-Ing. Vogdt (Prof. Dr.-Ing. Hillemeier); Hochschule Bremen, Institut für Experimentelle Statik, Prof. Dr.-Ing. Steffens (eremitiert); TH Darmstadt, Institut für Massivbau, Dr. rer. nat. Kroggel; HTWK Leipzig, Institut für Experimentelle Mechanik, Dr.-Ing. Fiedler.

¹² siehe: Pötke (1998); Steffens (2002); Steller, Frank; Fiedler, Lutz-Detlef; Quade, Jochen: Nachweis der Tragfähigkeit von Stahlsteindecken am Beispiel der Leipziger Pianofortfabrik. In: Bautechnik 73 (1996), S.8-14.

¹³ siehe: Gunkler, Erhard; Kordina, Karl: Verstärkung geschädigter Stahlsteindecken. In: Bautechnik 72 (1995), S.163-173.

Steineisendecken bereits durch DIN-Normen geregelt waren und nur noch wenige Hersteller mit nahezu identischen Produkten den Markt bestimmten. Das breit gefächerte Spektrum der Steineisendecken aus der Zeit der größten Verbreitung und Anwendung bleibt somit unberücksichtigt. Die Auswahl der verwendeten Versuchsdecken scheint eher zufällig zu sein, sie zeigt keinen Bezug zur tatsächlichen Verbreitung der verschiedenen Steineisendeckensysteme. Die Aussagekraft der Versuche ist begrenzt; die Erkenntnisse lassen sich kaum auf ältere Bauformen übertragen.

Zur Möglichkeit der Verstärkung von Stahlsteindecken mit Kohlefaserlamellen führte die Fachhochschule Potsdam Untersuchungen durch, die im Jahr 2000 einen vorläufigen Abschluss fanden.¹⁴ Bei dem Verfahren wirken auf die Unterseite der Ziegelkörper geklebte Kohlefaserlamellen als zusätzliche Bewehrung. Für das Problem des Versagens der Druckzone im Bereich der oberen dünnen Ziegelwandung oder des Schubbruchs im Platteninneren bietet diese Verstärkungsmaßnahme keine befriedigende Lösung. Welche speziellen Deckensysteme indes aufgrund ihrer konstruktiven Detailausbildung und der Ausführungsbedingungen überhaupt im Bereich der Zugzone versagen und wie verbreitet eben jene Steineisendecken sind, wurde ebenfalls nicht näher untersucht.

Die bisherigen Untersuchungen zu Ertüchtigungsmöglichkeiten stellen aufgrund fehlender entwicklungsgeschichtlicher Fundierung und einer die tatsächliche Verbreitung der Steineisendecken nicht berücksichtigenden Ausrichtung allenfalls Einzelergebnisse dar.

1.2 Zielsetzung der Arbeit

Die vorliegende Dissertation hat die Untersuchung der historisch-konstruktiven Entwicklung der Steineisendecken im Deutschen Reich zum Ziel. Erstmals ist eine umfassende Entwicklungsgeschichte erarbeitet und dokumentiert worden, in der alle relevanten technologischen Randbedingungen Berücksichtigung finden. Wesentlich sind dabei die Zusammenfassung und Dokumentation der zahlreichen historischen Steineisendeckensysteme in einem Katalog sowie die Entwicklung einer schlüssigen Typologie. Die Bearbeitung orientiert sich an den folgenden Kernfragen:

- Entwicklungsgeschichte – Welche Systeme von Steineisendecken wurden entwickelt und patentiert, welche kamen auf den Markt? Welche Entwicklungsschritte, welche Kennzeichen der Entwicklung lassen sich ausmachen?
- Bedeutung – Welche entwicklungsgeschichtliche Bedeutung erlangten die Steineisendecken, wie stark war deren Präsenz im Hochbau?
- Verbreitung – Welche der zahlreichen Deckensysteme konnten sich zu den am weitest verbreiteten entwickeln?
- Historische Herstellungsverfahren – Wie wurden die Steineisendecken hergestellt? Welche herstellungs- und konstruktionsbedingten Mängel lassen sich für die verschiedenen Deckentypen spezifizieren?
- Typologie – Wie lassen sich die Deckentypen sinnvoll klassifizieren?

¹⁴ siehe: Vielhaber (2000).

- Historische Belastungsversuche – Wie wurden die zeitgenössischen Belastungsversuche durchgeführt? Wie sind Methodik und Ergebnisse aus heutiger Sicht zu bewerten?
- Historische Bemessung – Wie wurden die Steineisendecken bemessen? Welchen bauaufsichtlichen Regelungen waren sie unterworfen? Wie sind Methodik und Ergebnisse aus heutiger Sicht zu bewerten?

1.3 Methodik und Bestandteile der Arbeit

- Entwicklungsgeschichte, Bedeutung und Verbreitung der Steineisendecken

Die Arbeit wird durch ein Kapitel zur Genealogie der Hohlkörper-Deckentragwerke eingeleitet, welches die Erfindung der Steineisendecke im internationalen technisch-historischen Kontext verortet.

Im Rahmen der Chronologie der Steineisendecken im Deutschen Reich werden deren Herausbildung, Verbreitung und Differenzierung sowie die nachlassende Anwendung bei damit einhergehender Stagnation neuer Entwicklungen aufgezeigt. Methodischer Eckpfeiler ist dabei die Quellenauswertung. Um herauszuarbeiten, welche Erfindungen zu Innovationen reiften, wurden insbesondere die vom Deutschen Institut für Normung (DIN) mit Bezug auf die Steineisendecken herausgegebenen Normen ausgewertet sowie der aktuelle Stand der Bautechnik reflektiert.

Ein Indiz für die Verbreitung eines Deckensystems liefern entsprechende Äußerungen in der zeitgenössischen Fachliteratur. Die Dauer des Patent- oder Gebrauchsmusterschutzes jedes Deckensystems stützt die Vermutungen über dessen Bedeutung für die Praxis. Ob eine Decke tatsächlich zahlreich zur Ausführung gelangte, lässt sich mit Gewissheit nur anhand der Identifikation der Produktpaletten einzelner Ziegeleien feststellen. Dies erfolgt durch Auswertung historischer Bezugsquellenverzeichnisse und Erhebungen.

- Katalog und Typologie

Der Katalog und die Typologie der Steineisendecken bilden den Kern der Arbeit.

In dem im Zusammenhang mit der Aufarbeitung der Entwicklungsgeschichte erstellten umfassenden Katalog sind nach Kenntnisstand des Verfassers alle in der historischen Fachliteratur beschriebenen Steineisendecken unabhängig von der Existenz einer Patent- oder Gebrauchsmusterschrift¹⁵ sowie der Anwendung der Decke in der Praxis dokumentiert und zeichnerisch in einheitlichem Maßstab dargestellt (siehe Band 2: Katalog).

Jedes Deckensystem ist entsprechend seiner Ordnung im Katalog nummeriert. Um das Auffinden einer im Text erwähnten Decke im Katalog zu vereinfachen, ist die jeweilige Nummer (Nr. 1 bis Nr. 71) der genannten Decke nachgestellt.

Der Typologie kommt die Aufgabe zu, die zunächst lose Sammlung von Steineisendecken innerhalb des Kataloges anhand geeigneter Parameter zu klassifizieren.

¹⁵ Nicht für alle Steineisendeckensysteme ließ sich ein Patent oder Gebrauchsmuster nachweisen. Darüber hinaus musste festgestellt werden, dass die im Archiv des Deutschen Patent- und Markenamtes ursprünglich angelegte Sammlung von Deckenziegeln und ähnlichen Gebrauchsmustern nicht mehr existiert.

▪ Herstellungsverfahren

Zu den für die Herstellung der Deckenfelder nötigen handwerklichen Arbeiten finden sich in den historischen Quellen kaum Aussagen. Lediglich einige Patenttexte geben in Ansätzen Hinweise über die erforderlichen Arbeitsabläufe.

Zur Rekonstruktion möglicher Bauabläufe waren daher weiter gehende Untersuchungen erforderlich. Zahlreiche Informationen ließen sich durch die Auswertung verfügbarer Ergebnisse konstruktiver Bestandsaufnahmen¹⁶ an realen Steineisendecken gewinnen. So konnten in den letzten zehn Jahren vorgenommene Schürfe, entnommene Bohrkerne und vereinzelt der Abbruch ganzer Decken zur Verifizierung der theoretisch erarbeiteten Herstellungsabläufe dienen. Darüber hinaus wurden mit Hilfe eigener einfacher Papier-Arbeitsmodelle und Bauablaufskizzen praktische Überlegungen zu den verschiedenen Möglichkeiten des Fügens von Bausteinen, Bewehrung und Mörtel angestellt.

▪ Amtliche Zulassung – historische Belastungsversuche

Als schwierig erwies sich die Archivrecherche. Dies betrifft vor allem die Dokumentation und Auswertung der historischen Probelastungen an Steineisendecken. So sind beispielsweise keine Archivmaterialien über die von der Mechanisch-Technischen Versuchsanstalt nachweislich durchgeführten Probelastungen erhalten. Die entsprechenden Akten wurden im 2. Weltkrieg vernichtet. Auch im Archiv der BAM, der Nachfolgeeinrichtung der Mechanisch-Technischen Versuchsanstalt, sind dazu keine Akten mehr vorhanden. Infolgedessen orientiert sich das Kapitel zur baupolizeilichen Zulassung für Steineisendecken, bei denen Probelastungen eine entscheidende Rolle spielten, an den veröffentlichten historischen Berichten.

▪ Historische Bemessung

Die Zusammenstellung der ursprünglichen Bemessungsmethoden und -regelungen dient der Bewertung der damaligen Vorgehensweise bei der Bemessung von Steineisendecken. Um Mängel der baupolizeilichen theoretischen Modellierung aufzuzeigen, erfolgen auf der Basis der historischen Regelungen Parameterstudien an 7 verschiedenen Ausführungsvarianten des bedeutendsten und verbreitetsten Deckensystems.

Da es im Rahmen heutiger Nachbemessungen üblich ist, auf das n-Verfahren zurückzugreifen und die historischen Steineisendecken nach den zur Erbauungszeit gültigen baupolizeilichen Regelungen zu bemessen, werden Vorschläge für die Korrektur der Bemessungsparameter unterbreitet.

▪ Konstruktive Bewertung

Die aus der detaillierten Analyse der Herstellungsverfahren (siehe Band 2: Herstellungsverfahren) gewonnenen Ergebnisse bilden die Grundlage für die konstruktive Bewertung der Deckentypen sowie der weit verbreiteten Deckensysteme. Darüber hinaus liefert die Kombination der im Katalog erfassten konstruktiven Charakteristika jedes Deckensystems mit den Erkenntnissen aus der Aufbereitung der

¹⁶ Die entsprechenden Dokumentationen wurden von der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin, dem ehemaligen Materialprüfungsamt des Landes Brandenburg (MPA) sowie der BARG – Baustofflabor GmbH & Co. KG, Berlin bereitgestellt.

historischen Bemessung weitere Hinweise zur qualitativen Bewertung der Tragfähigkeit der verschiedenen Deckensysteme.

1.4 Zeitlicher Rahmen – Steineisendecken zwischen 1892 und 1925

Mit der „Genealogie der Steineisendecken“ im Kapitel 2 der vorliegenden Arbeit erfolgt zunächst ein Exkurs zu den Vorläufern der Steineisendecken.

Der konkrete Beginn der Entwicklung der Steineisendecken im Deutschen Reich ist auf das Jahr 1892 zu datieren, in welchem Maurermeister J. F. Kleine aus Erbach am Rhein sein Deckensystem, die „Kleinsche Decke“, zum Patent anmeldet. Im Deutschen Reich ist es das erste seiner Art. In den Folgejahren sollte es als Prototyp für die Entstehung fast unzähliger Deckensysteme dienen und die Dominanz der Steineisendecken im Wohn- und Geschäftshausbau im ausgehenden 19. Jahrhundert und beginnenden 20. Jahrhundert begründen.

Bereits vor dem ersten Weltkrieg mühten sich die Verfechter des Eisenbetons, den an die Steineisendecken verlorenen Boden zurückzugewinnen. Längst hatte der Eisenbetonbau die Herausforderung zum Wettbewerb angenommen. Hohlkörper, gefertigt aus Beton, und Eisenbetonrippendecken machten den Steineisendecken Konkurrenz. Die Verfechter der Steineisendeckenbauweise versuchten ihrerseits, Konstruktionsprinzipien des Eisenbetonbaus zu kopieren und sich dessen Vorzüge zu Nutze zu machen. Die Einführung von Ziegeldecken unter Verwendung von Aufbeton ließ die ehemals scharfe Grenze zwischen Steineisen- und Eisenbetondecken verschwimmen.

Weil nach dem ersten Weltkrieg Zement und Stahl sowie die zu deren Herstellung benötigte Kohle rar und teuer waren, musste sich das Bauwesen auf Ersatzbaustoffe umstellen. Mit ihnen sollte die herrschende Wohnungsnot rasch und kostengünstig behoben werden. Schlacken- und Bimssteine, Holzleichtbauplatten und andere Bauelemente kamen anstelle von Decken- und Mauerziegeln vermehrt zum Einsatz. Die Ziegelwirtschaft verlor für viele Jahre an Bedeutung.

Selbst zu Beginn der 1920er Jahre existierten im Deutschen Reich noch keine einheitlichen Vorschriften über die für Steineisendecken zu verwendenden Baustoffe, für die Herstellung der Steineisendecken und deren statische Berechnung. Lediglich für Preußen wurden ministerielle Erlasse verfügt. Diese verwiesen jedoch nur auf die jeweils aktuellen *Eisenbeton-Bestimmungen* und forderten zu deren sinngemäßer Übertragung auf die Steineisendecken auf. Dem eigenen Charakter sowie den besonderen Spezifitäten der Steineisendecken konnten diese nicht gerecht werden.

Erst 1925 wurde die Neufassung der *Eisenbeton-Bestimmungen* um die *Bestimmungen für Ausführung ebener Steindecken* ergänzt. Damit waren ab sofort im gesamten Deutschen Reich Bemessung, Konstruktion und Herstellung der Steineisendecken einheitlich geregelt und für jeden Planer und Ausführenden verbindlich. Der weiteren Entwicklung war ein Fundament gegeben und ein Weg aufgezeigt.

Die erste große Entwicklungsetappe der Steineisendecken war dennoch vorüber. Längst wurden sie nicht mehr so zahlreich gebaut. Auch wenn die Konstruktionsart der Steineisendecke heute noch

existiert, konnten Steineisendecken nie wieder auch nur annähernd die Bedeutung erlangen, die sie zu Beginn des 20. Jahrhunderts innehatten.¹⁷

Die vorliegende Arbeit beschränkt sich auf den Zeitraum, in dem die Entwicklung der Steineisendecken im Deutschen Reich¹⁸ von einer unüberschaubaren Vielfalt von Systemen und fehlenden theoretischen Grundlagen geprägt ist.

1.5 Quellen

Die drei im Wesentlichen recherchierten, ausgewerteten und dokumentierten Quellen-Gruppen sind:

1. Sämtliche im Archiv des Deutschen Patent- und Markenamtes (DPMA) vorhandenen Patentschriften einschließlich der Patent- und Gebrauchsmusterrollen¹⁹.
2. Das relevante historische Schrifttum inklusive der Regelungen (Vornormen) zur Ausführung der Steineisendecken sowie zu deren baupolizeilicher Behandlung (über 200 Bücher, zahlreiche Artikel aus 18 Zeitschriftenreihen sowie verschiedene Forschungsberichte und Dissertationen).
3. Die vom Deutschen Institut für Normung (DIN) von seiner Gründung bis heute mit Bezug auf die Steineisendecken herausgegebenen Normen.

Die Patentschriften bilden die Primär-Quelle der Arbeit. In der Regel geben diese in Wort und Bild ausführlich Aufschluss über die Konstruktionsdetails und Besonderheiten der jeweiligen Decke. Mitunter finden sich hier auch Hinweise zur Art und Weise der Herstellung der Decke.

Bezüglich der Gebrauchsmuster existieren heute nur noch die Gebrauchsmusterrollen. Die Gebrauchsmusterschriften liegen aufgrund ihrer teilweise planmäßigen Vernichtung erst ab dem Jahre 1934 lückenhaft vor. Vor diesem Hintergrund kam den zeitgenössischen Publikationen besondere Bedeutung zu.

In Lehrbüchern und Sammelwerken wurden viele der Steineisendecken ausführlich beschrieben. Hervorzuheben ist insbesondere Kolbes Monographie „Die wichtigsten Decken und Wände der Gegenwart“. Kolbe verfolgte zunächst das Ziel, diejenigen Konstruktionen, die für die Ausführung in durch den Bergbau unterminiertem Gelände prädestiniert waren, zu dokumentieren. Doch er ging über sein ursprüngliches Vorhaben hinaus und erarbeitete ein Sammelwerk, das erstmals zahlreiche der

¹⁷ In den späten 1930er Jahren sollten veränderte Zulassungsanforderungen an die Hohlziegel zu einer neuerlichen Belebung der Entwicklung der Steineisendecken führen. Dies könnte gegebenenfalls, wie auch die Betrachtung der Steineisendecken im Ausland, Gegenstand weiterführender Arbeiten zum Thema sein.

¹⁸ Die Betrachtungen zur Entwicklung der Steineisendecken im Ausland beschränken sich auf die Vorgängerdecken. Dies ist nicht nur der im Deutschen Reich anzutreffenden Vielfalt der Steineisendeckensysteme geschuldet, sondern findet unter anderem in der Vorreiterrolle Deutschlands bei der Stahlbetonbemessung und deren Übertragbarkeit auf Steineisendecken seine Begründung.

¹⁹ Die Patent- und Gebrauchsmusterrollen fungierten als Kassenbücher, in denen sämtliche im Zusammenhang mit der Aufrechterhaltung des Patent- oder Gebrauchsmusterschutzes zu zahlenden Gebühren vermerkt wurden. Daher finden sich in den Patent- und Gebrauchsmusterrollen in der Hauptsache nur Eintragungen zu Name und Adresse des Erfinders sowie der Beginn und die Laufzeit des Patentes oder Gebrauchsmusters (siehe Kap. 3.3.1). Die ausführliche konstruktive Beschreibung der eigentlichen Erfindung erfolgte in den so genannten Patent- oder Gebrauchsmusterschriften.

um 1905 im Deutschen Reich durch Patent oder Gebrauchsmuster geschützte Steineisendecken enthält.²⁰

Das 1912 erschienene Buch „Patentdecken“ von Schrader ist ebenso wie das von Bastine im Auftrage Empergers für das „Handbuch für Eisenbetonbau“ von 1913 bearbeitete Deckenkapitel aus den Zusammenstellungen herauszuheben. Gleichwohl erzielten Schrader und Bastine nicht annähernd den Umfang an dokumentierten Steineisendecken, den Kolbe Jahre zuvor erreichte. Beide nehmen jeweils nur fünf neue Steineisendecken in ihre Dokumentation auf und belassen es im Weiteren dabei, diese um einige der von Kolbe bereits erfassten Steineisendecken zu ergänzen.²¹

Grundsätzlich ist zu bemerken, dass sich in den meisten Buchpublikationen nach 1910 nur selten neue Aussagen zu den Decken finden. Zudem wurden die verschiedenen Neuauflagen bestehender Fachliteratur oftmals kaum redigiert. Infolgedessen finden sich in zunehmendem Maße Beschreibungen von Deckensystemen, die in der Praxis längst nicht mehr gebaut wurden.

Neben den Patentschriften und den wesentlichen Sammelwerken kommt den Publikationen in den historischen Fachzeitschriften eine große Bedeutung zu. Dabei handelt es sich in der Mehrzahl um Mitteilungen oder Berichte, in denen die Erfindung und andere erwähnenswerte Details bezüglich der Steineisendecken bekannt gegeben wurden.²²

Unterlagen zur Bauausführung der verschiedenen Deckensysteme sind generell in den untergeordneten Behördenstufen entstanden und daher vornehmlich in regional zuständigen Archiven zu erwarten. So befindet sich z. B. die Überlieferung der Preußischen Baudirektion mit einer umfangreichen Plankammer im Landesarchiv Berlin. Die gezielte Recherche in regionalen Archiven erschien jedoch wenig sinnvoll, da es nach Ansicht des Verfassers sehr unwahrscheinlich ist, ein Archiv auszuheben, indem verschiedene Unterlagen, wie z. B. Baubeschreibungen und Werbeschriften für alle oder zumindest einen Hauptteil der historischen Steineisendecken gesammelt sind. Andererseits würde die kleinteilige Recherche unzusammenhängenden Archivmaterials aufwandsmäßig den Rahmen dieser Arbeit sprengen. So haben sich die wenigen Hinweise auf archivierte Unterlagen zu speziellen Deckensystemen während der Bearbeitung des Themas oft zufällig ergeben. Jedoch wurde deutlich, dass in den vorgefundenen archivierten Unterlagen im Vergleich zu den Patentschriften kaum weiterführende Aussagen enthalten sind.

²⁰ Kolbe (1905), Vorwort.

²¹ siehe: Schrader (1912); Bastine (1913).

²² Da dies oftmals anonym erfolgte, entschloss sich der Verfasser der vorliegenden Arbeit dazu, die Quellenangaben für historische Mitteilungen und Aufsätze grundsätzlich auf die Angabe des Titels, der Zeitschrift sowie der Seiten zu beschränken. In einigen Fällen war es allerdings nicht einmal möglich, einen Titel zu benennen.

1.6 Terminologie

1.6.1 Steineisen- und Füllkörperrippendecken

Um Unzulänglichkeiten im Umgang mit dem historischen Quellenmaterial zu umgehen, ist es vorteilhaft, sich bei der Auseinandersetzung mit dem historischen Deckenbau auch der ursprünglichen Terminologie zu bedienen. Daher werden die historischen Begriffe, deren Verständnis für das Lesen der vorliegenden Arbeit unabdingbar ist, im Folgenden definiert. Alle weiteren Termini sind innerhalb der verschiedenen Kapitel erläutert.

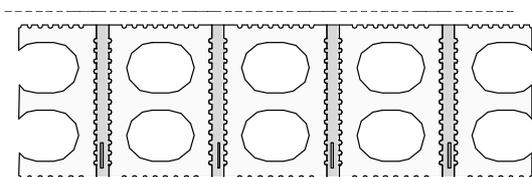


Abb. 1-1: Beispiel einer Steineisendecke

Steineisendecken waren im damaligen Sprachgebrauch ebene, mit Eiseneinlagen bewehrte Decken aus Ziegelsteinen, bei denen die Ziegel in Verbindung mit dem Mörtel und der Bewehrung derart zu einem biegefesten Tragwerk gefügt werden, dass alle drei Baustoffe gemeinsam bei der Übertragung der äußeren Kräfte mitwirken

(Abb. 1-1). Das wichtigste Kennzeichen der Steineisendecken ist, dass die Ziegel bewusst zur Übertragung von Druck- und Schubspannungen herangezogen werden und dadurch einen wesentlichen Bestandteil des Tragwerks bilden.

Steineisendecken wurden mitunter als Decken in Moniermauerung, Eisensteindecken, als Trägerdecken²³ oder Hohlstein- und Hohlkörperdecken²⁴ bezeichnet.

Die erste umfassende normative Definition der Steineisendecken erfolgte mit den *Steineisendecken-Bestimmungen* des Jahres 1925:

„Steineisendecken ... sind mit Eisen bewehrte Steindecken mit oder ohne Betondruckschicht, bei denen die Steine (Voll- oder Hohlsteine) zur Aufnahme von Druckspannungen herangezogen werden und die Betondruckschicht 5 cm Stärke nicht erreicht.“²⁵

Zur Abgrenzung der Steineisen- von den Eisenbetondecken wurde in diesem Regelwerk ebenfalls eine ausführliche Definition der Eisenbetonrippendecken formuliert:

²³ Der Begriff „Trägerdecken“ diente allerdings gemeinhin dazu, alle Deckenkonstruktionen zu klassifizieren, bei deren Herstellung I-Träger Verwendung fanden.

²⁴ Die Begriffe Hohlstein- oder Hohlkörperdecken wurden auch zur Bezeichnung von Decken benutzt, die aus Hohlziegeln oder Hohlkörpern ganz unterschiedlicher Materialität hergestellt wurden und sowohl Steineisen- als auch Eisenbetonrippendecken sein konnten.

²⁵ B. Bestimmungen für Ausführung ebener Steindecken. In: Deutscher Ausschuss für Eisenbeton (1925), S.30-34, hier 30.

„Eisenbetonrippendecken sind Decken mit höchstens 70 cm lichtem Rippenabstand und einer mindestens 5 cm starken Druckplatte. Diese Decken können zur Erzielung der ebenen Unteransicht statisch unwirksame Hohlstein- oder andere Füllkörpereinlagen enthalten“²⁶

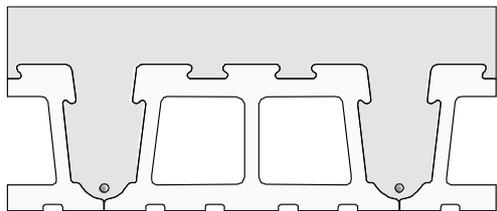


Abb. 1-2: Beispiel einer Füllkörperrippendecke

Als Bezeichnung für Decken mit statisch unwirksamen Hohlziegeln wurde der Begriff Eisenbetonrippendecken ursprünglich nur selten gebraucht. Weit- aus häufiger sind die mit statisch unwirksamen Hohlziegeln versehenen Eisenbetondecken als **Füllkörperrippendecken** bezeichnet worden (Abb. 1-2). Mitunter wurden diese Decken auch Rippendecken mit Hohlziegelfüllkörpern, Hohlkörperrippendecken, Betonhohlkörperdecken oder Eisenbeton-Hohlsteindecken genannt.

Als Deckensystem werden in der vorliegenden Arbeit einzelne Decken bezeichnet, wie beispielsweise die Kleinesche Decke.

Ein Deckentyp wird aus einer Gruppe von Deckensystemen gebildet, die bestimmte Charakteristika gemein haben.

Die Gesamtheit aller Steineisendecken wird als Deckenart bezeichnet.

1.6.2 Steine und Ziegel

Die folgenden Begriffe finden in den historischen Quellen sowie in der vorliegenden Arbeit für die zur Herstellung der Steineisendecken gebräuchlichen Steine und Hohlziegel Verwendung.

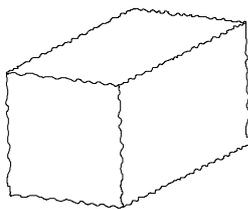


Abb. 1-3: Schwemmstein

Schwemmsteine sind aus vulkanischem Bimssand und hydraulischem Kalk künstlich hergestellte, stark poröse Steine (Abb. 1-3).

Hohlziegel²⁷ sind aus Ton und Beimengungen künstlich hergestellte, poröse oder nichtporöse Ziegel, die in Ziegellängsrichtung eine oder mehrere offene Hohlkammern aufweisen. Zur Herstellung von Steineisendecken fanden vor allem die porösen Hohlziegel mit zwei Hohlkammern Verwendung (Abb. 1-4).

Mit der Zeit verbreitete sich auch der Begriff **Deckenziegel**. Dabei bezeichnete man in der Regel diejenigen Hohlziegel als Deckenziegel, die einen gewissen Grad an Porosität aufwiesen und in den Maßen 10x12x25 cm sowie 10x15x25 cm gefertigt wurden.

²⁶ B. Bestimmungen für Ausführung ebener Steindecken. In: Deutscher Ausschuss für Eisenbeton (1925), S.30-34, hier 30.

²⁷ In den historischen Quellen wurden Hohlziegel mitunter auch als Lochziegel, Hohlsteine, Lochsteine und selten als Röhrenziegel bezeichnet.

Formziegel sind poröse oder nichtporöse Hohlziegel mit einem jeweils eigenständigen, vom Rechteck abweichenden Querschnitt. Zu ihrer Unterscheidung wurden sie entweder nach ihrem Erfinder oder nach der Steineisendecke, in der sie Verwendung fanden, benannt.

Falzziegel sind Formziegel, die mit einem Falz (auch Feder genannt) versehen sind, der es ermöglicht, die Ziegel miteinander zu verzahnen.

Geschlossene Hohlziegel²⁸ sind Hohlziegel, die anfangs durch manuell vor den Hohlräumen angebrachte Verschlussdeckel aus Ton geschlossen wurden. Dies erfolgte vor oder nach dem Brennen. Später wurden die Hohlziegel direkt bei deren Pressung auf maschinellem Wege geschlossen.

In der vorliegenden Arbeit wird zwischen porösen und nichtporösen Ziegeln nur dann unterschieden, wenn der Porosität der Ziegel eine wesentliche Bedeutung zukommt.

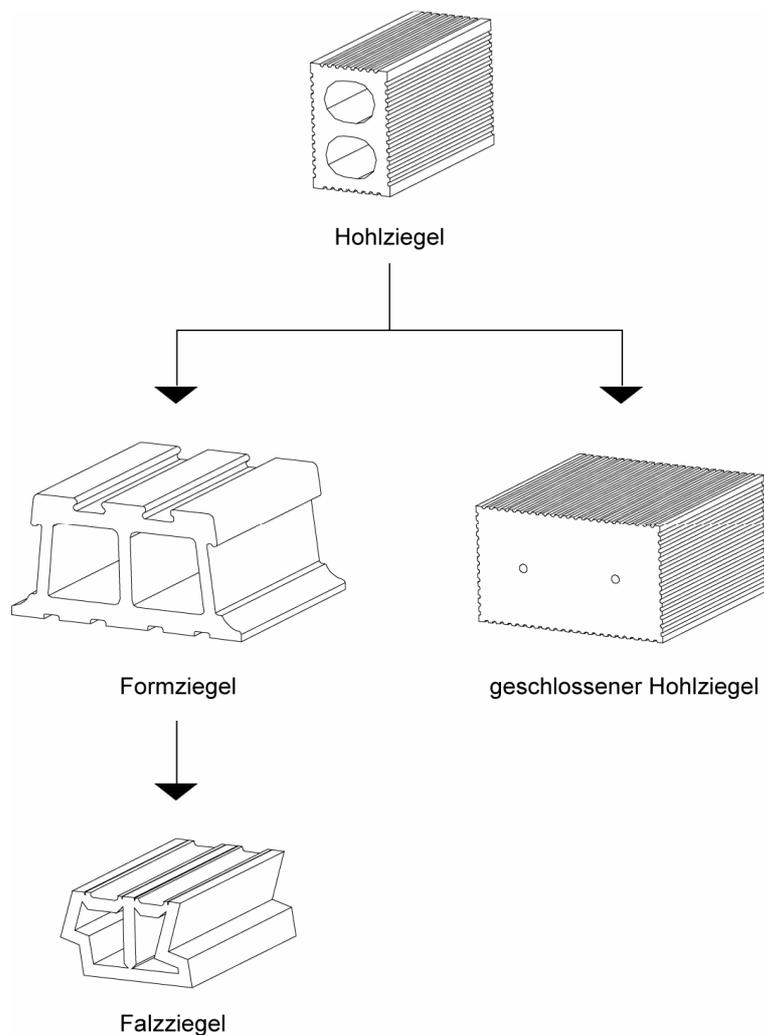


Abb. 1-4: Ziegelorganigramm

²⁸ In den historischen Quellen wurden geschlossene Hohlziegel häufig als allseitig geschlossene Hohlziegel bezeichnet.

2 Genealogie der Steineisendecken

2.1 Vorformen der Steineisendecken

2.1.1 Antike Topf- und Tonröhrengewölbe

Einige frühe Vertreter der deutschen Steineisendecken wurden anfangs aus gewöhnlichen Mauerziegeln mit Vollquerschnitt hergestellt. Dies war nicht entwicklungsgeschichtlich bedingt. Vielmehr standen die vom Format her größeren, vor allem aber hohlen Ziegel nicht an jedem Ort zur Verfügung. Mit der zunehmenden Verbreitung der Steineisendecken setzte schließlich eine vermehrte Produktion der hohlen Ziegel ein. Somit wurden Steineisendecken als Decken aus hohlen, in ihrem Hauptbestandteil²⁹ aus Ton gebrannten Ziegeln bekannt.

Bereits viele Jahrhunderte vor der Erfindung der Steineisendecke wurden hohle Tonkörper für den Bau von Decken und Dächern verwandt (siehe Band 3, Anlage 1: Genealogie – wesentliche landesspezifische Entwicklungen).

Als älteste Konstruktionen aus hohlen Tonkörpern gelten die Topfgewölbe antiker Töpferöfen. Die für die Topfgewölbe verwendeten keramischen Hohlkörper waren allerdings keine Bauelemente, sondern von den Töpfern³⁰ für den Hausgebrauch hergestellte Töpfe. Obwohl sie zweckentfremdet verwendet wurden, ließen sie sich leicht zu Bogensegmenten zusammenfügen. Dafür wurden diese an ihren Seitenflächen mit etwas Mörtel versehen und ineinander gesteckt. Durch die Aneinanderreihung einzelner Bögen entstanden auf einfache Weise Tonnengewölbe (Abb. 2-1). Aufgrund der in den Töpfen verbleibenden Hohlräume ergab sich zudem ein gewisser thermischer Nutzen.³¹

²⁹ Zu den verschiedenen dem Ton beigemischten Stoffen siehe Kapitel 4.1.3.

³⁰ Die Möglichkeit, eigenes und sogar schadhaftes Material verwenden zu können, lässt vermuten, dass die besagte Bautechnik von Beginn an mit dem Töpfergewerbe verbunden war und möglicherweise weit über die Antike in die Vergangenheit zurück reicht. Vgl.: Storz (1994), S.8.

³¹ Durm (1905), S.299.

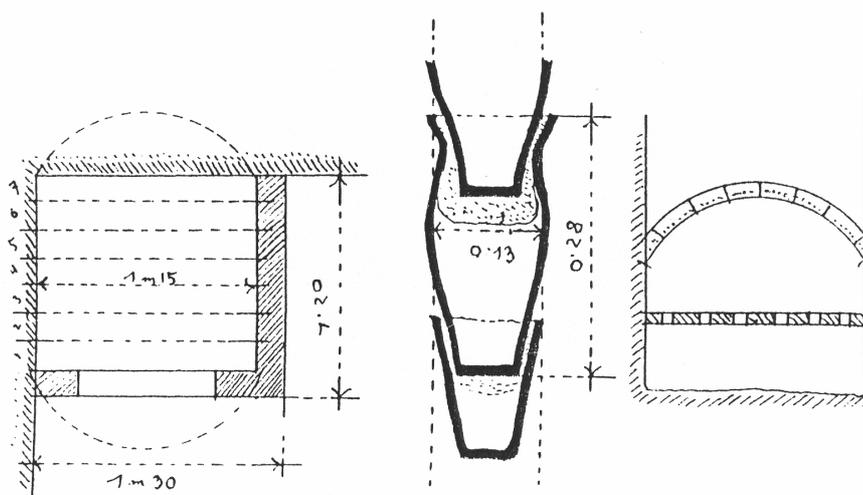


Abb. 2-1: tonnenförmiges Topfgewölbe aus Tontöpfen

Um 500 n. Chr. wurden in Nordafrika und Europa (z. B. in Rom und Ravenna) Gewölbe aus speziell für das Bauwesen produzierten keramischen Röhren errichtet. Auch diese waren lediglich mit Hilfe

von Mörtel zu Gewölbekonstruktionen zusammengesetzt.

Zunächst dienten Tonröhrengewölbe als verlorene Schalung für das eigentliche Gewölbe aus opus caementicium, dem römischen Beton.

Mit der Zeit wurde aber deren hohe Tragfähigkeit erkannt und zur Herstellung reiner Gewölbe genutzt.

Im Gegensatz zu den Topfgewölben bildeten Tonröhrengewölbe keine Hohlkörperkonstruktion, weil beim Vermauern die Röhren vollständig mit Mörtel gefüllt und ineinander gesteckt wurden (Abb. 2-2).

Dennoch waren die so entstandenen Gewölbe leichter als die klassischen Gewölbekonstruktionen.

Der Grund hierfür lag in der Möglichkeit, die Tonröhrengewölbe mit einem sehr dünnen Querschnitt herstellen zu können.³²

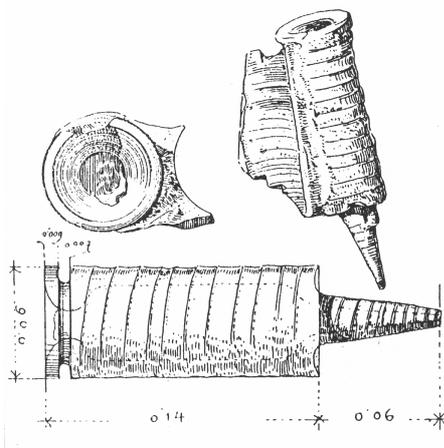


Abb. 2-2: Tonröhre eines Tonröhrengewölbes

Eine dritte Form der Gewölbe, bei denen hohle Tonkörper zur Verwendung gelangten, waren die Caementiciumtopfgewölbe. Die hierfür genutzten Tongefäße wurden ursprünglich zur Verwendung in der Hauswirtschaft hergestellt. Abweichend von den beiden zuvor beschriebenen Konstruktionstechniken sind sie, ohne direkten Verbund untereinander, in das opus caementicium eingelassen (Abb. 2-3). Durch ihren Einbau entstanden im Gewölbequerschnitt Hohlräume, die zur Gewichtsverringering führten. Aber auch in dem Bereich, wo Masse statisch notwendig war, also im Übergang vom Gewölbe zur Wand, wurden Töpfe und Amphoren eingesetzt. Es ist wahrscheinlich, dass hier, wo der

³² Durm (1905), S.299; Storz (1994), S.10.

Gewölbequerschnitt die stärksten Ausmaße annimmt, die Hohlräume das ungestörte Abbinden des opus caementicium gewährleisten sollten.³³

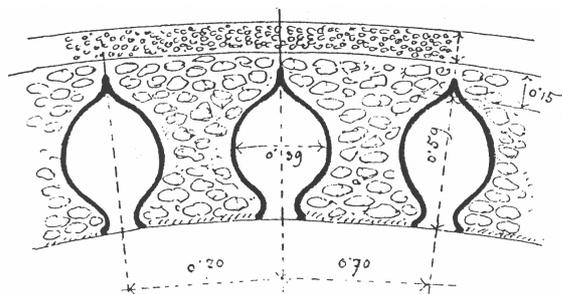


Abb. 2-3: Caementiciumtopfgewölbe

Über Sinn und Zweck der verschiedenen Arten der Topfgewölbe finden sich in der Literatur unterschiedliche Meinungen. Die Leistung der Baumeister, mit Hilfe keramischer Hohlkörper das Gewicht der Gewölbe minimiert zu haben, findet jedoch einhellig die größte Anerkennung.³⁴

Darüber hinaus ist Daub der Ansicht, dass lediglich der Mangel an Steinmetzen und an geeignetem Steinmaterial oder das Streben der

Bauherren nach etwas Besonderem die Ausführung von Topf- und Tonröhrengewölbe bedingten. Er begründet dies mit der Aussage: „Außer in einigen blinden Nachahmungen ist diese Wölbart auch nicht wieder aufgetreten.“³⁵

2.1.2 Französische, englische und deutsche Hohlziegeldecken

Viele Jahrhunderte lang folgte keine Weiterentwicklung der antiken Decken, bei denen hohle Tonkörper zur Verwendung kamen. Wahrscheinlich fanden die topfförmigen Hohlkörper erst mit der 1782 vom Franzose Ango entworfenen Deckenkonstruktion eine neue Art der Anwendung.

Die Hauptträger der Angoschen Deckenkonstruktion, flache eiserne Bogensprengwerke, konnten im Abstand von 1 m bis zu 4 m verlegt werden. Hauptträger, die nah beieinander lagen, wurden rechtwinklig zueinander mit weiteren Eisenbändern versehen. Neben der Bildung kleinteiliger Deckenflächen dienten die zusätzlichen Eisenbänder dazu, die Bogensprengwerke miteinander zu verankern. Lagen die Deckenbinder weiter auseinander, erfolgte die Teilung der Deckenfläche durch sich kreuzende Eisenbänder, die sowohl parallel, als auch rechtwinklig zu den Bogensprengwerken lagen. Waren sämtliche Eisenteile zusammengesetzt, entstand ein netzförmiger Rost. Die eigentliche Deckenfläche wurde durch Ausmauern der Eisenbänder und Bogensprengwerke mit topfförmigen Hohlziegeln gebildet (Abb. 2-4).³⁶

Angos Konstruktion wurde für so bedeutend erachtet, dass die Pariser Académie royale d'Architecture eine Kommission zur Untersuchung der in einem Hause in Boulogne ausgeführten Decke benannte.

³³ Storz (1994), S.9f.

³⁴ Storz (1994), S.10; Mark (1995), S.132 u. a.

³⁵ Daub (1911), S.173.

³⁶ Eigenthümliche Konstruktionen an Gebäuden in Paris. In: ABZ 2 (1837), S.311-313, 321-323, 334-341, 345-347, 353-355, hier 337.

In ihrem Gutachten von 1785 kam die Kommission zu der Erkenntnis, dass die Decke alle Anforderungen an eine solide Konstruktion erfüllte und empfahl sie uneingeschränkt zur Anwendung.³⁷ Im Pariser Raum kam es daraufhin zu einer weitreichenden Verbreitung des besagten Systems.³⁸

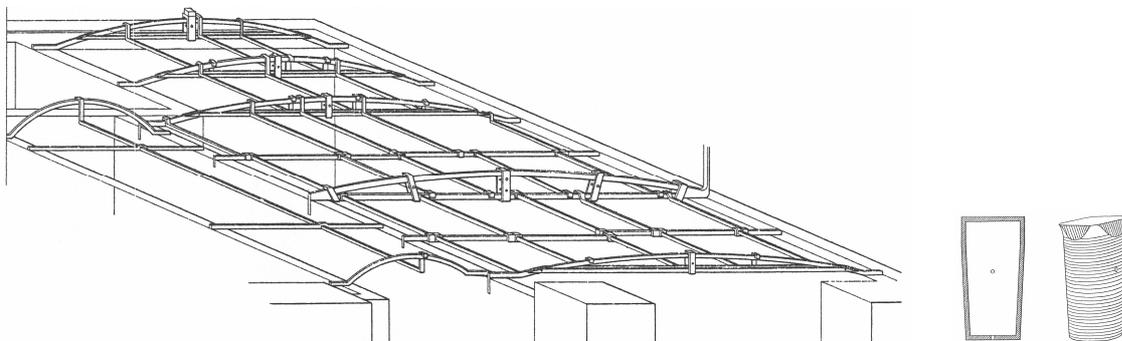


Abb. 2-4: eiserner Deckenrost und Tontopf

Im Jahre 1848, und damit gut 50 Jahre, nachdem Topfdecken Einzug in den englischen Stockwerksbau³⁹ hielten, erfand der Engländer Nathaniel Beardmore eine Deckenkonstruktion aus zusammenge-

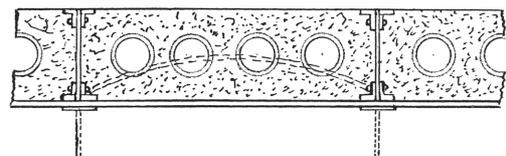


Abb. 2-5: Decke von Beardmore

gesetzten Stahlträgern, bleibender Stahlschalung sowie gegossenen Zwischenfeldern. Zur Gewichtsersparnis legte er in die Gussmasse (vergleichbar den Caementicumtopfgewölben) röhrenförmige Hohlkörper ohne direkten Verbund untereinander ein (Abb. 2-5).⁴⁰

Wie bedeutend die keramischen Hohlkörper für das englische Bauwesen waren, zeigt auch die Erfindung der ersten Stahlbetondecke. Die von William Boutlands 1854 patentierte Deckenplatte bestand aus einer mit Drahtseilen oder anderweitigen Eisen bewehrten Gussmasse aus Eisenschlacke und Portlandzement. Im Patenttext heißt es unter anderem: „...wobei man zur Gewichtsverminderung Hohlziegel, Drainageröhren, Koksbrocken oder ähnliches einlegen kann“.⁴¹

Aber nicht nur in Frankreich und England kamen Topfdecken und deren Weiterentwicklungen zur Anwendung, sondern auch in Deutschland. Allerdings setzte hier die Entwicklung erst gut zwei Jahrzehnte später ein. Angos in Deutschland unter dem Namen „Pariser Rost“ bekannte Konstruktion

³⁷ Gottgetreu (1885), S.16.

³⁸ In der „Allgemeinen Bauzeitung“ von 1837 findet sich ein umfangreicher Bericht über die mit hohlen Tontöpfen ausgemauerten eisernen Tragroste und deren Verbreitung im Pariser Raum. Zahlreiche in größeren öffentlichen Gebäuden, Palästen, Militärgebäuden, Schlossereien, Bäckereien sowie gewöhnlichen bürgerlichen Häusern ausgeführte Decken werden dort beschrieben. Vgl.: Eigenthümliche Konstruktionen an Gebäuden in Paris. In: ABZ 2 (1837), S.311-313, 321-323, 334-341, 345-347, 353-355.

³⁹ Dort waren die hohlen Tonkörper gegen Ende des 18. Jahrhunderts für die Bildung leichter Decken übernommen worden. Vgl.: Lorenz, Werner: Stülers Neues Museum – Inkunabel preußischer Konstruktionskunst im Zeichen der Industrialisierung. In: Bloch (1994), S.99-112, hier 103.

⁴⁰ Bracher (1949), S.46f.

⁴¹ Bracher (1949), S.52f; Pauser (1994), S.100.

wurde beispielsweise im Nationaltheater in München von Leo von Klenze, nach einem Brand im Jahre 1823 oberhalb der Vorbühne ausgeführt. Das sehr große Bogensprengwerk fing bei einer lichten Weite von 15 m eine Mauer von über 10 m Höhe ab. Im gleichen Gebäude findet sich über dem Musiksaal auch eine Decke nach Art des „Pariser Rostes“ ausgebildet. Dafür waren eigens hohle, rechteckige Ziegel von Hand geformt worden.⁴²

Im Jahre 1835 lieferte Karl Friedrich Schinkel mit seinen „Vorlegeblättern für Maurer“ den „Schlüsseltext für Preußens Baumeister und zugleich ihr Scharnier zu antiken wie zeitgenössischen europäischen Topfbauweisen“.⁴³ Neben Klenze entwarfen und bauten in der Folgezeit weitere Architekten, wie z. B. Friedrich August Stüler oder Eduard Knoblauch, Deckenkonstruktionen aus Hohlziegeln im Deutschen Reich. Vor allem die von Stüler in den 40er Jahren des 19. Jahrhunderts im „Neuen Museum“ ausgeführten Deckenkonstruktionen weisen einen ungeheuren Facettenreichtum auf. So kamen hier u. a. aus Infusorienerde gebrannte Leichtziegel, eine Art Vorläufer der porösen Ziegel, zur Anwendung. Dessen ungeachtet waren auch die für Stülers Konstruktionen verwendeten Hohlziegel manuell auf der Töpferscheibe gedreht worden und wiesen immer noch eine zylindrische Form auf.⁴⁴

Erst mit der Einführung der Drainrohrpressen nach 1855 war die technische Möglichkeit geschaffen, von der Topfform abzugehen und Hohlziegel maschinell und in größeren Mengen zu fertigen (zu den Herstellungsverfahren von Hohlziegeln siehe Kap. 5.1.3). Die so hergestellten Hohlziegel vereinten neben der rechteckigen Form der herkömmlichen Vollziegel den Gewichtsvorteil der hohlen Töpfe.⁴⁵ Eine der ersten Anwendungsmöglichkeiten der rechteckigen Hohlziegel im Deckenbau war das Ausfachen der Holzbalkendecken in landwirtschaftlichen Nutzbauten. Hier wurde schon früher wiederholt versucht, dem tragenden Holzbalken zu einer längeren Lebensdauer zu verhelfen und diesen vor aggressivem Stalldunst zu schützen. Jedoch stellte sich beim Ausfachen der Balkenlagen mit herkömmlichen Ziegeln der gewünschte Erfolg nicht ein. Erst die Verwendung der Hohlziegel brachte ein befriedigendes Ergebnis. Aber auch in Wohngebäuden kamen die neuen Hohlziegel als nichttragende Ausfachung der Balkenlagen zur Anwendung. Darüber hinaus wurden nach 1855 Kappen zwischen eisernen Trägern vereinzelt mit Hohlziegeln gewölbt (Abb. 2-6).⁴⁶

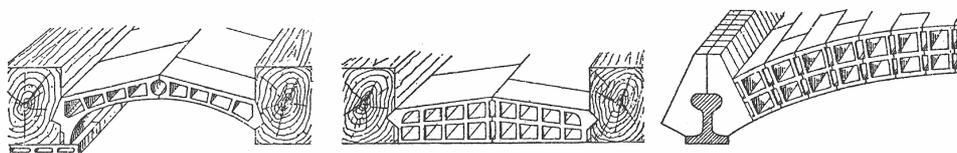


Abb. 2-6: Holzbalken- und I-Trägerdecke mit Hohlziegeln

⁴² Gottgetreu (1885), S.135-138.

⁴³ Lorenz, Werner: Von mancherlei Schwierigkeit, einer historischen Konstruktion gerecht zu werden. Anmerkungen zu neueren Äußerungen über die Schutzkuppel von St. Nikolai. In: Stiftung preußische Schlösser und Gärten Berlin Brandenburg (2005), S.127-149, hier 128.

⁴⁴ Fischer (1995), S.19-21; Lorenz, Werner: Stülers Neues Museum – Inkunabel preußischer Konstruktionskunst im Zeichen der Industrialisierung. In: Bloch (1994), S.99-112, hier 101.

⁴⁵ Kerl (1907), S.769.

⁴⁶ Waldegg (1891), S.283; Zwischendecken aus Hohlsteinen. In: DBZ 16 (1882), S.511.

Trotz der beschriebenen Entwicklungen in Frankreich, England und (zeitlich versetzt) in Deutschland, kam es in Europa noch nicht zum Durchbruch der Hohlziegel im Deckenbau. Die Deutsche Bauzeitung schrieb dazu im April 1886: „Wenn auch schon seit längerer Zeit auf die Verwendung von hohlen Steinen oder Röhren ... hingewiesen ist, so sind diese ... doch nur ausnahmsweise anzutreffen. Die Umstände, welche der Einführung ... bis heutigen Tags entgegenstanden, müssen wohl hauptsächlich in den Schwierigkeiten gesucht werden, die betr. Materialien regelmäßig und billig in den Handel zu bringen.“⁴⁷

2.2 Auslöser für die Verbreitung der Steineisendecken

2.2.1 Die großindustrielle Produktion von Deckenhohlziegeln in Nordamerika

In Nordamerika wurden seit Generationen ländliche Wohn- und Wirtschaftsgebäude aus Holz errichtet. Selbst die Häuser in den neuen Städten wie New York und Chicago bildeten nur selten eine Ausnahme hiervon. Doch zu Beginn der 1870er Jahre brannten viele große amerikanische Städte nahezu vollkommen nieder. Im Feuer stürzten sogar die Geschäftshäuser, zu deren Errichtung Granit- und Marmorgestein verwendet worden war, zusammen. Die unzähligen Häuser aus Holz vermochten nahezu keinen Widerstand gegen die Feuersbrunst zu leisten. Deshalb wurde in zahlreichen Distrikten das Bauen von Holzhäusern verboten oder zumindest deren Höhe beschränkt. Die neu errichteten Gebäude bestanden in der Hauptsache jedoch aus Ziegeln, wie beispielsweise im Zentrum von Chicago, das nach dem großen Brand von 1871 sehr schnell wieder aufgebaut worden war.⁴⁸ Anfangs unterschieden sich die Bauten amerikanischer Architekten und Ingenieure nicht von denen ihrer deutschen Kollegen. Tragende Außenwände gingen durch das gesamte Bauwerk hindurch und trugen die Lasten der auf sie gelagerten Geschossdecken. Nachdem aber die Gebäude in den großen Städten Amerikas aufgrund des Platzmangels und des enorm teuren Baulands immer höher werden mussten, war die Grenze der klassischen Massivbauweise erreicht. Im Jahre 1884 wagte der Architekt Jenney den Schritt, die Lasten der Geschossdecken auch im Bereich der Außenwände auf Stahlstützen zu übertragen. Das erste größere Haus in der neuen Bauweise war das „Tacoma-Building“ in Chicago. Es hatte eine Höhe von 14 Stockwerken. Bereits 1890 entstand das erste zwanzigstöckige Haus, der „Masonic-Temple“ in Chicago. Als auch die Außenwände auf das Stahltragwerk gestellt wurden, verwandelten sie sich in schlanke Verkleidungsmauern und konnten im unteren Stockwerk nahezu genauso dünn und leicht ausgeführt werden wie im obersten Stockwerk. So entstanden immer höhere Häuser.⁴⁹

⁴⁷ Füllungen für Decken-Konstruktionen nach dem System „Laporte“. In: DBZ 20 (1886), S.202.

⁴⁸ Dümmler (1894), S.3, 39.

⁴⁹ Der Zwang hoch zu bauen, fand bei der Bevölkerung wegen ihrer Begeisterung für das Kolossale volle Anerkennung. Schon damals galt es als Geschäftsempfehlung, in einem dieser für ihre Größe bekannten Gebäude zu arbeiten. Vgl.: Rappold (1913), S.27; Bauten in Amerika. In: ZfB 45 (1895), S.218f. Neuere Quellen sind u. a. Bruno (2000) und Phocas (2005).

Die Erfindung des Eisen-Skelettbaus, seine feuer- und rostsichere Umkleidung sowie die Entwicklung schnell fahrender Aufzüge waren die wesentlichen konstruktiven und technischen Voraussetzungen zur Errichtung der Wolkenkratzer. Vor allem aber ermöglichte es der Leichtbau, Gebäude von bisher nicht erreichter Höhe zu errichten. Hohlziegel, die für die Zwischenwände, zur Verkleidung des Eisenskelettes und für die Decken⁵⁰ genutzt wurden, führten zu einer erheblichen Gewichtsersparnis.⁵¹

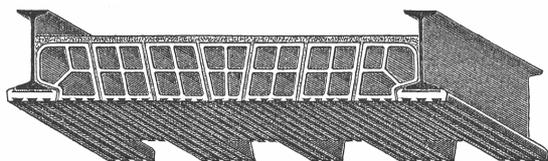


Abb. 2-7: *side method*

Am häufigsten wurden Deckenhohlziegel zu scheinrechten Decken gefügt. Dabei konnten sie auf verschiedene Arten verlegt werden. Bei der „Seitenverlegung“ (*side method*) lagen die Ziegel so zwischen den Deckenträgern, dass ihre Hohlräume parallel zu diesen spannten (Abb. 2-7).

Diese Art der Hohlziegeldecke hatte den Nachteil, dass die Zugstangen zur Aufnahme des Bogenschubes zwischen die Stoßfugen der Ziegel eingebettet werden mussten. Breite Mörtelfugen zwischen den einzelnen Ziegelreihen waren die Folge. Die „Längsverlegung“ (*end method*) ermöglichte es, die Zugstangen direkt in die Hohlräume der Ziegel zu integrieren. Die Hohlziegel lagen somit mit ihren Öffnungen rechtwinklig zu den Deckenträgern. Bei der Methode des *combination arch* kombinierte man beide Arten miteinander. Hauptsächlich die Widerlagerziegel, mitunter in Verbindung mit den Schlussziegeln, wurden mit ihren Öffnungen parallel zu den Deckenträgern verlegt.⁵²

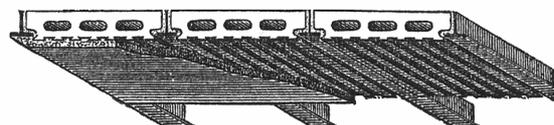


Abb. 2-8: amerikanische Steineisendecke

Mit dem Bau der Hochhäuser verstärkte sich im ausgehenden 19. Jahrhundert die Entwicklung, die bereits in den späten 70er Jahren mit dem generellen Wechsel vom Holz- zum Ziegelbau begonnen hatte. Dieser Epoche, die von der Massenproduktion von Hohlziegeln unter anderem für Ziegeldecken gekennzeichnet war,

entstammt auch ein früher Hinweis auf eine Steineisendecke:

Im deutschen „Zentralblatt der Bauverwaltung“ erschien im Jahre 1887 der Artikel „Feuerschutz für Eisenkonstruktionen“. In ihm werden Konstruktionen beschrieben und abgebildet, die bei dem Wiederaufbau des am 24. September 1877 in Teilen durch Feuer zerstörten Gebäudes des „Department of the Interior“ in Washington zur Anwendung kamen (Abb. 2-8). Darunter befindet sich auch eine

⁵⁰ Aufgrund der qualitativ hochwertigen amerikanischen Tone war es möglich, sehr große Deckenhohlziegel von 300 mm Länge und 200 mm Breite mit extrem dünnen Wandstärken von nur 10 mm großindustriell herzustellen.

⁵¹ Sitzungsberichte der Bezirksvereine. In: ZdVDI 40 (1897), S.1008.

⁵² Die beschriebenen Hohlziegeldecken kamen aber nicht allein in Hochhäusern, sondern auch in Wohn- und Geschäftshäusern und anderen Gebäuden zur Anwendung. In Warenlagern und Fabrikgebäuden wurden auch Gewölbekappen in Hohlziegeln ausgeführt. Vgl.: Feuerfeste Konstruktionen in Nordamerika. In: TIZ 14 (1900), S.1725f.

Steineisendecke, die als Dachkonstruktion zur Ausführung gelangte, und wahrscheinlich von Thaddeus Hyatt⁵³ im Jahre 1878 in Amerika patentiert worden war.⁵⁴

2.2.2 Die Kleinesche Decke – Initiator für die Verbreitung der Steineisendecken in Deutschland

Im Jahre 1892 meldete Johann Franz Kleine die uns heute wohl bekannteste Steineisendecke zum Patent an. Sie gilt gleichfalls als die erste deutsche Steineisendecke. Ob Kleine tatsächlich der Erste war, der eine Steineisendecke im Deutschen Reich zur Ausführung brachte, lässt sich nicht feststellen. Doch fand die Kleinesche Decke (siehe Band 2, Katalog, Typ I.1, Nr. 1) als erste deutsche Steineisendecke eine weitreichende Verbreitung in der Praxis und leitete damit im Deutschen Reich eine neue Epoche im Deckenbau ein (Abb. 2-9).

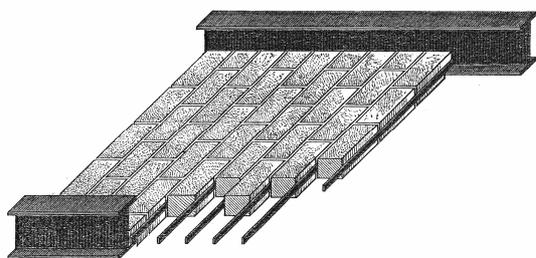


Abb. 2-9: Kleinesche Decke aus Vollziegeln

Laut Lande entstand die Idee der Kleineschen Decke im Königlichen Schloss in Berlin. Dies besichtigte Kleine als Privatmann im Rahmen einer Fremdenführung zu der Zeit, als der kaiserliche Hof im Neuen Palais in Potsdam residierte. Im Schlafzimmer des Kaisers war gerade der Abbruch eines Majolikaofens im Gange. Beim Beobachten der Arbeiten bemerkte Kleine, dass der Ofen auf Ziegelsteinen gestanden hatte.

Diese spannten horizontal zwischen Holzbalken und waren in jeder Fuge mit einer Eisenschiene versehen. Nach Hause gekommen, wandte sich Kleine an einen Maurermeister, der daraufhin alle Unterlagen zur Anmeldung eines Patentbesitzes ausarbeitete.⁵⁵

Am 28. Februar 1892 erhielt Kleine sein „Verfahren zur Herstellung von feuersicheren Eisenbalkendecken“ vom Kaiserlichen Patentamt patentiert.⁵⁶ Noch im selben Jahr wurden fast 10.000 m² der Kleineschen Decke in verschiedenen Staats-, Kommunal- und Privatbauten ausgeführt. Bereits gegen Ende des Jahres 1893 betragen die Bestellungen über 600.000 m².⁵⁷

⁵³ Der aus New York stammende Hyatt meldete bereits ein Jahr zuvor in England das Patent Nr. 2968 an. Dieses beinhaltet neben einem Stahlbeton I-Träger mit durchbrochenem Steg auch eine mit Bänderisen bewehrte Steineisendecke. Im amerikanischen Patent Nr. 206112 von 1878 sind nach Bracher bereits vielfältige Ausführungsmöglichkeiten von armierten Beton-elementen und in der Zugzone armierten Steindecken dargestellt. Vgl.: Bracher (1949), S.65f. Leider war es nicht möglich, an die Zeichnungen der genannten Patente zu gelangen.

⁵⁴ Feuerschutz für Eisenkonstruktionen. In: ZdB 7 (1887), S.435f, 450f.

⁵⁵ Lande, Hans: Wie die Horizontal-Massivdecke erfunden wurde. In: Baumeister 48 (1951), S.326.
Hans Lande arbeitete während seines Studiums an der Technischen Hochschule Charlottenburg als Hilfskraft bei Baurat Stapf, der in der Firma „Kleine & Stapf“ Partner von Johann Franz Kleine war.

⁵⁶ DRP Nr. 71102.

⁵⁷ Kleine's Steindecken mit Bänderisen-Einlagen. In: TIZ 17 (1893), S.1118.

3 Chronologie – Steineisendecken im Deutschen Reich

3.1 Herausbildung der Steineisendecken gegen Ende des 19. Jahrhunderts

3.1.1 Die wirtschaftliche Lage der Ziegelindustrie

Gegen Ende der 80er Jahre des 19. Jahrhunderts war der Bedarf an Ziegeln im Deutschen Reich so stark gestiegen, dass dieser von den bisher existierenden Ziegeleien nicht bewältigt werden konnte. Infolgedessen entstanden neue Ziegeleien, deren Produktionskapazität sich durch die Einführung von Ringöfen schnell verdoppelte.⁵⁸

Doch schon kurz darauf wirkte sich die gesteigerte Produktion negativ aus. Wegen ungenügendem Absatz und daraus resultierender Überproduktion an Waren geriet das Ziegeleigewerbe in eine wirtschaftliche Notsituation.⁵⁹ In der Folge war es beispielsweise in der Provinz Brandenburg nicht mehr möglich, Ziegel mit Gewinn abzusetzen. Deshalb kamen massive Forderungen nach Verkaufsvereinigungen auf. Bei Versammlungen der verschiedenen Vereine von Ziegeleibesitzern wurde wiederholt über die Einschränkung der Produktion, zum Beispiel durch Verkürzung der Produktionszeiten, beraten. In dieser Zeit lag der Produktionspreis für die direkt am Rohstofflager sowie verkehrsgünstig gelegene Ziegeleien bei 21,50 RM pro 1000 Ziegel. Die ungünstig gelegenen Ziegeleien berechneten einen Produktionspreis von 23,50 RM. Dazu mussten weitere Kosten gerechnet werden. So war die Amortisierung der Produktionsanlagen mit 1,50 RM bis 2,00 RM zu veranschlagen. In der Regel etwa 3,00 RM pro 1000 Ziegel machte die Verzinsung der Finanzierungskredite aus. Bei einem durchschnittlichen Verkaufspreis von 23,50 RM bis 24,50 RM pro 1000 Ziegel konnte folglich an einen kostendeckenden Verkaufserlös oder gar einen Gewinn nicht gedacht werden.⁶⁰

Im Jahr 1894 gab die „Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung“ einen „Separat-Abdruck“⁶¹ verschiedener bereits im Vorjahr veröffentlichter Berichte zu feuerfesten Hohlziegeln heraus. Dümmler formulierte darin auch Vorschläge zur Gesundung der deutschen Ziegelwirtschaft:

⁵⁸ Zur Lage des Ziegelmarktes für Berlin und Umgebung. In: TIZ 17 (1893), S.835f, hier 835.

⁵⁹ Im Jahr 1893 lag nicht nur das Ziegelgewerbe, sondern die gesamte deutsche Bautätigkeit darnieder. Bismarcks Zollpolitik war Ursache dafür, dass eine Reihe von Staaten gleichfalls mit Zollerhöhungen gegen das Deutsche Reich vorgingen. Dadurch entstand der Industrie ein Schaden von mehreren Hundert Millionen Reichsmark. Der nach der Amtsentlassung Bismarcks eingeschlagene so genannte „Neue Kurs“ sollte zwar durch neue Handelsverträge zur Besserung der Lage beitragen, fruchtete jedoch nicht sofort. Parallel zur allgemeinen Krise stellte sich heraus, dass der Warenexport in die neuen Kolonien hinter den Erwartungen zurückblieb. Der plötzliche Sturz des Silberpreises, dessen Ende noch nicht abzusehen war, führte zu einer weiteren Lähmung der gesamten Geschäftstätigkeit im Deutschen Reich. Besonders hart hatte es die Reichshauptstadt Berlin getroffen. Hier machten sich Zollkrieg, Steuern, Rüstung, die Bankrotte verschiedener Staaten sowie die politische Unsicherheit verstärkt bemerkbar. Vgl.: General-Versammlung des Vereins von Ziegeleibesitzern der Provinz Brandenburg. In: TIZ 17 (1893), S.761f, hier 761; Zur Lage des Ziegelmarktes für Berlin und Umgebung. In: TIZ 17 (1893), S.922f, hier 923.

⁶⁰ Zur Besserung der Lage der Ziegelindustrie. In: TIZ 17 (1893), S.7f, 27f, hier 7; General-Versammlung des Vereins von Ziegeleibesitzern der Provinz Brandenburg. In: TIZ 17 (1893), S.761f; Zur Lage des Ziegelmarktes für Berlin und Umgegend. In: TIZ 17 (1893), S.835f u. a.

⁶¹ Dümmler (1894). Das Thema des Sonderdrucks war „Die Ziegel- und Thonwaren-Industrie in den Vereinigten Staaten und auf der Columbus-Weltausstellung in Chicago 1893“.

„Bei der Anwendung, welche die Eisenkonstruktionen mehr und mehr im Hochbau finden, dürfte es empfehlenswert sein, wenn seitens der deutschen Ziegelfabrikanten oben genannte Fabrikate (Trägerumkleidungs- und Deckenziegel, A. d. V.) in größeren Mengen auf Vorrat hergestellt würden, welche Anfertigung dadurch sehr erleichtert ist, dass die \perp - und I-Träger in ganz bestimmter, durch Übereinkunft der Hüttenwerke und Abnehmer festgestellten Dimensionen gewalzt werden.“⁶²

Bereits 1895 änderte sich die Situation der Ziegeleibesitzer. Vielerorts hatten sie erkannt, dass es vorteilhaft war, sich in so genannten Verkaufsvereinigungen zusammenzuschließen. Durch diese Art der Kartellbildung schufen die Ziegeleibesitzer eine Basis, um die Ziegel in kontrollierten Mengen zu produzieren sowie zu einheitlichen Preisen auf den Markt zu bringen.⁶³

Auch die mit der Kleineschen Decke (Nr. 1) 1892 in Deutschland eingeführten und sich schon bald stark verbreitenden Steineisendecken trugen einen wichtigen Beitrag zur Gesundung der Ziegelwirtschaft bei.

3.1.2 Die Konstellation im Deckenbau

3.1.2.1 Kappendecken

In Wohn-, Geschäfts- und Verwaltungsbauten kamen gegen Ende des 19. Jahrhunderts verschiedene Arten von Massivdecken zur Ausführung. Diese wurden in Form von Gewölben, vor allem aber als Kappendecken bevorzugt über dem Keller ausgeführt. Auch die Decken unter Nassräumen wie Waschküche, Küche und Bad waren nicht selten Kappendecken. In öffentlichen Gebäuden sind oftmals sogar sämtliche Decken als Kappendecken ausgeführt worden.

Kappendecken, auch „Preußische Kappen“ genannt, spannten gewöhnlich zwischen eisernen Trägern, wie Eisenbahnschienen, oder direkt für das Bauwesen gewalzten Profileisen. Ziegelsteine oder Beton waren die hauptsächlich verwendeten Materialien zur Herstellung der eigentlichen Kappe (Abb. 3-1).

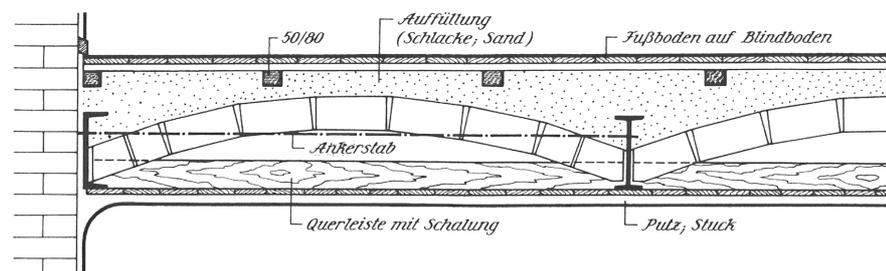


Abb. 3-1: Preußische Kappe

⁶² Dümmler (1894), S.44.

⁶³ Bis zum Jahre 1904 konnte die bereits um das Dreifache angestiegene Produktion ohne Probleme abgesetzt werden. Pro Tausend Ziegel wurden Preise von 28,00 RM bis 33,00 RM gezahlt. Vgl.: Lage des Berliners Baumarktes, insbesondere für Ziegel. In: TIZ 29 (1905), S.701, 705f, hier 705.

Aufgrund der Konstruktionsform sowie durch Verwendung der vorgenannten Baustoffe war die Verwendung von Kappendecken mit erheblichen Nachteilen verbunden:

- Der Stich, mit dem jede Kappe errichtet wurde, bedingte eine gewölbte Untersicht. In Kellerräumen störte diese in aller Regel nicht. Wollte man die gewölbte Fläche dagegen in Wohn- oder Geschäftsräumen kaschieren, waren zusätzliche Maßnahmen nötig. Bei geringem Stich genügte es, die Wölbung durch eine nachträgliche, mitunter aus mehreren Lagen bestehende Putzschicht zu verbergen. War der Stich deutlich überhöht ausgeführt worden, wurden von Träger zu Träger spannende Leisten oder ähnliches auf der Unterseite der Kappe eingebaut. An diesen Leisten konnte dann ein separater Putzträger, zum Beispiel aus Schilfrohr, angebracht und verputzt werden. In jedem Fall erforderte der Wunsch nach einer ebenen Deckenuntersicht zusätzliche Arbeitsleistungen und erhöhte somit die Kosten zur Herstellung der Decke.
- Der durch die Wölbung entstehende hohe Deckenquerschnitt wirkte sich nachteilig auf den Materialverbrauch aus, weil mehrere Mauerwerksschichten erforderlich waren, bis die Umfassungswände über die Deckenhöhe hinaus geführt waren. Vor allem bei hohen Gebäuden konnte dies in der Summe bis zu einer kompletten Geschosshöhe ausmachen. Noch ungünstiger wirkte sich hierbei die Verwendung reiner Gewölbekonstruktionen oder besonders weit gespannter Kappen aus.
- Der Horizontalschub, den die Kappen auf die benachbarten Bauteile ausübten, musste teilweise durch zusätzliche Maßnahmen kompensiert werden. Im günstigsten Fall halfen aussteifende Wände. Meist waren jedoch Zuganker zwischen den Auflagern der Kappen nötig, die nicht selten zumindest teilweise sichtbar blieben und somit die Deckenuntersicht störten. Vor allem im Keller war es möglich, die Kappen auch ohne Zuganker zu stabilisieren, indem man die Umfassungswände mit ihrer Auflast aus den oberen Geschossen als Widerlager nutzte. Der auftretende Horizontalschub konnte somit überdrückt werden. Allerdings wirkte sich diese Maßnahme bisweilen ungünstig auf den Bauablauf aus, denn die Kappen konnten mitunter erst nach Fertigstellung der Gebäudehülle gewölbt werden. In diesem Fall waren im Bauzustand keine aussteifenden Deckenscheiben vorhanden. Außerdem machten es die fehlenden Deckenflächen meist erforderlich, die zum Mauern der Wände benötigten Arbeitsrüstungen vom Fußboden des untersten Geschosses aus aufzubauen oder mittels zusätzlicher Bohlenlagen Arbeitsebenen auf den eisernen Kappenträgern zu schaffen, um darauf die Gerüstböcke stellen zu können.
- Vor allem aus Beton hergestellte Kappen wiesen ein hohes Eigengewicht auf. Dagegen waren diese mit mindestens 10 cm Kappenstärke in der Regel nur unwesentlich schlanker als die Ziegelkappen. Der in Verbindung mit dem Fußbodenaufbau mitunter nötige Ausgleich des Kappenrückens erforderte ein Auffüllen der Zwickel. Somit wurde unabhängig von der Materialität der Kappe zusätzliches, nicht am Lastabtrag beteiligtes Material und damit Gewicht in die Deckenebene eingebracht. Daraus resultierend folgte die notwendige Erhöhung der Querschnittlastabtragender Wände und Pfeiler.
- Ein weiterer Nachteil bei Verwendung der Kappen lag darin, dass Ziegelkappen, vielmehr aber noch Betonkappen, erhebliche Feuchtigkeit in den Rohbau einbrachten. Einen entsprechend

schnellen Baufortschritt vorausgesetzt, konnte dies zu Problemen beim Innenausbau führen und das so genannte Trockenwohnen nötig machen.⁶⁴

Neben den benannten Nachteilen wiesen Kappendecken aber auch zahlreiche positive Eigenschaften auf. So konnten sie ohne größeren Aufwand an unterschiedliche Grundrissformen angepasst werden und stellten bezüglich ihrer Herstellung keine besonderen Anforderungen an die ausführenden Handwerker. Die erforderlichen statischen Nachweise waren leicht zu führen, indem man sich einfacher Näherungsformeln oder Bemessungstabellen bediente.

Vor allem aber die Resistenz gegenüber tierischen und pflanzlichen Schädlingen sowie ihre in Grenzen vorhandene Feuersicherheit machten die Kappendecke über einen langen Zeitraum hinweg in vielen Bereichen unerlässlich.

3.1.2.2 Holzbalkendecken

Eine Alternative zur Kappendecke stellte die Holzbalkendecke dar. Im Unterschied zur massiven Kappendecke wurde sie vor allem in den oberen Geschossen ausgeführt. Über Kellergeschossen ist sie dagegen nur äußerst selten anzutreffen (Abb. 3-2).

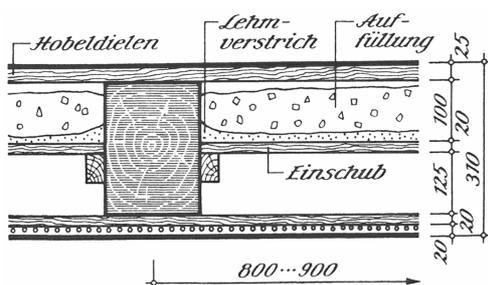


Abb. 3-2: Holzbalkendecke mit Einschub

Unter anderem aufgrund der Eigenschaften des verwendeten Baustoffes war die Anwendung der Holzbalkendecken mit erheblichen Nachteilen verbunden.

- Die Holzbalkendecke war anfällig gegenüber tierischen und pflanzlichen Schädlingen. War das Holz beispielsweise vom Hausschwamm befallen, musste mit Einschränkungen der Tragfähigkeit der Decke gerechnet werden. Außerdem war die Luft in den befallenen Gebäuden oftmals feucht und moderig, was Gesundheitsschäden der Bewohner verursachen konnte. Dennoch wurde immer häufiger Frischholz verarbeitet und ungenügend ausgetrocknet zum Deckenbau verwendet.⁶⁵
- Des Weiteren wiesen Holzbalkendecken lediglich einen geringen Widerstand gegen Feuer auf. Zwar waren sie durchaus in der Lage, die Ausbreitung eines Brandes auf angrenzende

⁶⁴ Für Betonkappen mussten zudem aufwendige Schalungen hergestellt werden. Diese sollten nicht nur die Form der Kappe bestimmen, sondern vor allem so gearbeitet sein, dass der feuchte Beton nicht durch sie hindurchrutschte. Infolgedessen waren die Schalungen mit einem erheblichen Arbeitsaufwand stabil und dicht zu fertigen, was mit zusätzlichen Kosten verbunden war.

⁶⁵ Stahlwerk-Verband A.-G. (1914), S.1-3.

Geschosse zu verzögern und während des Brandes für eine gewisse Zeit tragfähig zu bleiben. Dennoch mussten sie, wenn sie durch das Feuer nicht völlig zerstört wurden, nach dem Brand meist großflächig ausgebessert oder sogar gänzlich erneuert werden.

- Die eingeschränkte Aussteifungswirkung war ein weiteres Defizit der Holzbalkendecke. Bei Decken mit halbem Windelboden oder Einschub kann zwar angesichts der aufgenagelten Dielung noch von einer gewissen Aussteifungswirkung ausgegangen werden, doch wiesen die so gebildeten Scheiben nicht annähernd die gleiche Quersteifigkeit wie Kappendecken auf. Für eine Verschärfung der Aussteifungsproblematik sorgte die unzulängliche Verbindung mit den angrenzenden Wänden, denn um ausreichend belüftet werden zu können, lagen die Köpfe der Holzbalken meist frei im Mauerwerk auf. Dadurch konnte nicht gewährleistet werden, dass die horizontalen Kräfte aus den Umfassungswänden in die „Scheibe“ gelangten. Doch nicht allein die aussteifende Wirkung der Holzbalkendecke wurde durch die typische Ausbildung der Balkenaufleger beeinträchtigt, sondern auch das Mauerwerk selbst. So stellten die Auflageraschen Hohlräume in den Wänden dar, durch welche die Übertragung der Lasten innerhalb des Mauerwerkes mitunter erheblich gestört wurde. Die oftmals verwendeten, von Balkenkopf zu Balkenkopf durchgehenden Mauerlatten schwächten den tragenden Wandquerschnitt zusätzlich.
- Holzbalkendecken wirkten durch ihre geringe Masse in schalltechnischer Hinsicht ungünstig und boten vor allem dem Luftschall nur geringen Widerstand.
- Außerdem mussten sie in der Regel an ihrer Unterseite mit Leisten, Putzträgern und Putz versehen werden, um eine ungestörte ebene Untersicht zu erhalten.

Trotz der zahlreichen beschriebenen Nachteile war die Holzbalkendecke im 19. Jahrhundert das am weitest verbreitete Deckensystem.⁶⁶ Dies lag unter anderem daran, dass sie sehr schnell hergestellt werden konnte, keinerlei Schalung benötigte und, zumindest als Einschubdecke,⁶⁷ keine nennenswerte Feuchtigkeit ins Bauwerk einbrachte. Aufgrund der Verwendung von Materialien mit kleiner Wärmeleitfähigkeit wies sie eine brauchbare Wärmedämmung auf. Vor allem aber die geringen Herstellungskosten machten die Holzbalkendecke lange Zeit unentbehrlich. Im privaten Kleinwohnungsbau werden Holzbalkendecken u. a. wegen ihrer geringen Anschaffungskosten und aus ökologischen Gesichtspunkten auch noch heute ausgeführt.

3.1.3 Anforderungen an Decken

Bereits seit den 50er Jahren des 19. Jahrhunderts bemühte man sich, die Nachteile der Kappen- und Holzbalkendecken zu kompensieren. Durch die Verwendung von Ziegelhohlkörpern anstelle der mit Stroh umwickelten und mit Lehm verschmierten Staken wurde zum Beispiel versucht, den Bauablauf, vor allem aber die Lebensdauer der Holzbalkendecke zu verbessern (siehe Kapitel 2.1.2). Weil jedoch

⁶⁶ Stegemann (1928), S.5.

⁶⁷ Bei den Einschubdecken erfolgte das Verfüllen der Balkenzwischenräume meist mit trockenem Bauschutt. Demgegenüber brachten die Decken mit Windelboden bei Verwendung mit Stroh umwickelter und mit Lehm verschmierter Staken Feuchtigkeit in den Bau ein.

längst nicht alle Mängel zu beheben waren, wuchs das Bestreben, gänzlich neue Decken zu entwickeln.

Zu Ende des 19. Jahrhunderts sollte die Decke gemäß Kolbe⁶⁸,

- den zeitgemäßen statischen und architektonischen Anforderungen genügen:

Jeglicher Gewölbeschub im Auflagerbereich war zu vermeiden. Darüber hinaus sollte die Decke eine gesteigerte Tragfähigkeit besitzen und in der Lage sein, große Spannweiten stützenfrei zu überbrücken. Gleichzeitig war, bei verstärkter Anwendung von Fertigteilen, die Anpassungsfähigkeit der Decke an die unterschiedlichsten Grundrisse zu optimieren. Weitere Ziele waren die Gewährleistung einer ebenen Deckenuntersicht und einer minimierten Deckendicke.

- die Feuersicherheit der Gebäude erhöhen:

Im Brandfall sollte die Decke ihre Tragfähigkeit bewahren und, auch unter längerer Dauer des Brandes, keine eklatante Veränderung erfahren. Im besten Fall sollte die Decke auch noch nach dem Löschvorgang voll tragfähig sein.

- die hygienischen Verhältnisse in den Gebäuden verbessern und modernen Komfortstandards genügen:

Zu diesem Zweck war die Undurchlässigkeit der Decke in Bezug auf Wasser und Luft zu erhöhen. Der Schall⁶⁹ sollte gedämpft werden, gleichzeitig hatte die Decke eine ausreichende Wärme- und Kälteisolationseigenschaft aufzuweisen. Schwammbefall und Fäulnis der Decke sowie einzelner Bauteile waren in jedem Falle auszuschließen.

- weitgehend trocken herzustellen sein:

Es sollten ausschließlich trockene Baustoffe und Bauteile zur Errichtung der Decke verwendet werden. Mörtel oder andere feuchte Massen durften lediglich für Fugen und Estrich Verwendung finden, damit die Decke in kürzester Zeit austrocknete.

- ohne besondere handwerkliche Anforderungen herzustellen sein:

Jeder eingewiesene Bauarbeiter sollte die Decke schnell herstellen können. Demzufolge war die Deckenkonstruktion auf wenige Bauteile zu beschränken. Die Montage derselben sollte den Arbeitern geläufig sein, so dass eine mangelfreie Verarbeitung ermöglicht wurde.

- ohne besondere Nacharbeiten herzustellen sein:

Die Decke sollte bereits im Rohbau eine ebene Untersicht besitzen. Fehlstellen, die Nacharbeiten erforderten, waren zu vermeiden.

⁶⁸ Kolbe (1905), S.15f

⁶⁹ Gegen Ende des 19. Jahrhunderts wurde noch nicht zwischen Luft- und Trittschall unterschieden.

- kostengünstig herstellbar sein:

Um dies zu erreichen, waren möglichst viele Fertigteile zu verwenden. Dabei musste jedoch der Transport großer und schwerer Einzelbauteile vermieden werden, da auf der Baustelle zumeist nur behelfsmäßige Transporteinrichtungen vorhanden waren. Die Konstruktionshöhe sollte möglichst gering sein, um so an Umfassungsmauerwerk zu sparen.

- die Folgekosten so gering wie möglich halten:

Der Aufwand für die Unterhaltung der Decke sowie die Instandsetzung von außergewöhnlichen Beschädigungen sollte gering bleiben. Außerdem mussten gegebenenfalls nötige Umbau- oder Abbruchmaßnahmen nachträglich möglichst einfach realisierbar sein.

In ihren Konstruktionsmerkmalen und Eigenschaften entsprach die Steineisendecke dem gegen Ende des 19. Jahrhunderts angestrebten Ideal einer zeitgenössischen Decke am besten. Als Konsequenz daraus kam es zur Herausbildung zahlreicher Steineisendeckensysteme. Doch bereitete die Entscheidung, welches Deckensystem im Einzelfall für einen zu erstellenden Bau gewählt werden sollte, den Entscheidungsträgern immer wieder Probleme, da jedes Steineisendeckensystem zwar ganz spezifische Vorzüge aufwies, alle gewünschten Anforderungen jedoch nie mit der gleichen Qualität erfüllt werden konnten. So standen die verschiedenen Systeme von Steineisendecken in einem engen Wettbewerb um die Gunst der Bauherren, Architekten und Ingenieure.

„Wohl auf keinem Gebiet der Hochbaukonstruktionen ... sind in verhältnismäßig so kurzer Zeit so neuartige, von den alten Verhältnissen abweichende Konstruktionen entstanden, wie auf dem Gebiete der Deckenkonstruktionen. Während noch vor wenigen Jahrzehnten als beinahe einzig gebräuchliche Decken die Holzbalkendecke und das massive Kappengewölbe in Frage kamen, ist jetzt die Zahl der dem Hochbautechniker zur Verfügung stehenden Deckenkonstruktionen ... auf über 300 gestiegen. Dass bei einer so großen Zahl von allen demselben Zwecke dienen wollenden Konstruktionen nicht alle derselben gleichgut sein können, ... darf nicht Wunder nehmen und ist nur zu leicht erklärlich.“⁷⁰

3.2 Konkurrenz der Steineisen- und Eisenbetondecken

3.2.1 Stand des Eisenbetonbaus im Deutschen Reich

Dass sich zu Beginn des 20. Jahrhunderts im Deutschen Reich der Eisenbetonbau nur schleppend entwickelte, gab einen wesentlichen Ausschlag für die Dominanz der Steineisendecken im Deckenbau. Um zu belegen, dass die Entwicklung und Verbreitung der Eisenbetondecken vorerst hinter den Möglichkeiten des neuen Werkstoffes zurück blieben und diese noch nicht in der Lage waren, den Steineisendecken eine ernsthafte Konkurrenz zu bieten, folgt eine Betrachtung ausgewählter Sachverhalte, die den allgemeinen Stand des Eisenbetonbaus zu dieser Zeit reflektieren.

▪ Öffentliche Vorträge über die Eisenbetonbauweise⁷¹

Erst im Februar 1900 hielt ein Ingenieur des Leipziger Zementbaugeschäftes Rudolf Wolle im Deutschen Beton-Verein⁷² einen Vortrag, in dem das erste Mal die Verwendung von Eiseneinlagen im Beton Erwähnung fand.

Im Jahre 1901 wurde im Deutschen Beton-Verein der erste Vortrag, der sich mit der Theorie des Eisenbetons beschäftigte, gehalten. Ein Bauinspektor aus Dresden sprach „Über den Einfluss von Eiseneinlagen in Zementbeton und das elastische Verhalten der Zementeisenskonstruktionen“. Der Vortragende führte sinngemäß aus, dass der Eisenbeton durch deutsche Ingenieure zwar verbessert worden sei, stets aber auch gegen zahlreiche Zweifler und Gegner verteidigt werden müsse. In Frankreich sei dagegen eine ganz andere Entwicklung festzustellen. Die anschließende Diskussion spiegelte die Gegensätzlichkeit der Meinungen über die Zweckmäßigkeit der Eisenbetonbauweise wieder. Im Rahmen der fünften Hauptversammlung im Jahre 1902 kam unter anderem die Frage auf, ob die bisherigen Erfahrungen mit Eisenbeton dazu ermutigten, dieser Bauweise zu weiterer Verbreitung im Baugewerbe zu verhelfen. Dabei wurde zwar festgestellt, dass die Eisenbetonbauweise im Tief- und Hochbau durchaus ihre Berechtigung habe, aber die zuvor gestellte Frage konnte nicht eindeutig mit „Ja“ beantwortet werden. Viel zu oft noch waren die Bauausführenden und selbst die Konstrukteure

⁷⁰ Albert (1908), S.113f.

⁷¹ Petry (1923), S.5-7.

⁷² Der Deutsche Ausschuss für Eisenbeton konstituierte sich erst im Jahre 1907.

der neuen Bauweise nicht gewachsen. Zahlreiche Einstürze von Eisenbetonbauten, oft verbunden mit schweren Personenschäden, waren die Folge.

▪ Einsturz eines Hennebique-Baus

Neben anderen Einstürzen brachte auch der Einsturz eines Hennebique-Baus im August 1901 in Basel den Eisenbeton so in Misskredit, dass der im Deutschen Reich vereinzelt aufkeimende Optimismus bezüglich der neuen Bauweise einen Rückschlag erlitt (Abb. 3-3).⁷³

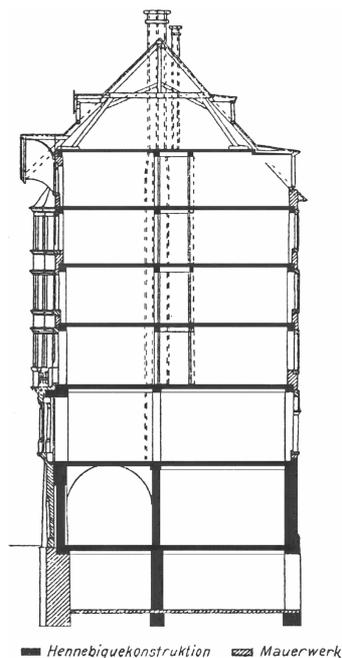


Abb. 3-3: Hotel zum Bären in Basel

Mehrere Arbeiter kamen unter den Trümmern des eingestürzten Gebäudes zu Tode. Aufgrund des erschütterten Vertrauens führte der Vorsteher des Baudepartements von Basel-Stadt eine Erhebung über die andernorts mit der Eisenbetonbauweise gemachten Erfahrungen durch. Zu diesem Zweck verfasste er einige Fragen, die er an die Baupolizeibehörden vieler schweizerischer und deutscher Städte richtete. Die Fragen lauteten:

„I. Werden in Ihrer Stadt Beton-Eisenkonstruktionen

- a) nach dem System Hennebique,
- b) nach einem ähnlichen System ausgeführt?

II. Werden bezüglich der Ausführung solcher Konstruktionen von der Baupolizei

- a) besondere Vorschriften aufgestellt,
- b) und die Arbeiten speziell überwacht?

III. Haben sich in Ihrer Stadt bereits ausgeführte Hennebique-Konstruktionen gut bewährt und sind dieselben, nach Ihrer

Ansicht, demnach ohne Bedenken als zulässig zu erklären?“⁷⁴

Hierdurch wurden auch die Baupolizeibehörden im Deutschen Reich angeregt, sich bezüglich der Verbreitung und Zuverlässigkeit der Eisenbetonkonstruktionen zu positionieren. Im Ergebnis der Befragung zeigte sich zwar, dass bereits in zahlreichen deutschen Städten Eisenbetonkonstruktionen nach dem System Hennebique ausgeführt worden waren, allerdings äußerten sich nicht alle diese Städte positiv darüber.⁷⁵

▪ Baupolizeiliche Regelungen

Lange Zeit lag die Genehmigung eines Bauteils oder Bauwerks aus Eisenbeton lediglich im Ermessen örtlicher Baugenehmigungsbehörden. Doch da die Beamten mitunter außerstande waren, die vorgelegten Berechnungen auf ihre Richtigkeit zu prüfen, versagten sie mitunter die Baugenehmigungen.⁷⁶

⁷³ Der Expertenbericht über den Hauseinsturz in Basel. In: BuE 1 (1902), S.15-19, hier 15f.

⁷⁴ Beton-Eisenkonstruktionen. In: ZdB 22 (1902), S.46f.

⁷⁵ Von den zehn deutschen Städten, die auf Erfahrungen mit ausgeführten Hennebique-Konstruktionen verweisen konnten, äußerten sich nur die zuletzt genannten sechs Städte positiv: Hamburg, Karlsruhe, Leipzig, Stuttgart sowie Düsseldorf, Frankfurt a. M., Freiburg, Magdeburg, Mainz und Nürnberg. Vgl.: Beton-Eisenkonstruktionen. In: ZdB 22 (1902), S.46f.

⁷⁶ Fünfzig Jahre Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (1957), S.3.

Darüber hinaus sahen die Bauordnungen der verschiedenen Städte und Gemeinden Konstruktionen aus Eisenbeton oft gar nicht vor. Folglich waren Eisenbetonbauten und sogar einzelne Bauteile aus Eisenbeton im Allgemeinen nicht zulässig. Lediglich einige Städte, wie zum Beispiel Düsseldorf, Dresden, Leipzig und Hamburg erließen für einzelne Eisenbetonbauteile – meist nur für Decken – besondere baupolizeiliche Berechnungsvorschriften.⁷⁷

Das am Anfang des 20. Jahrhunderts im Deutschen Reich vorherrschende Durcheinander bezüglich der Genehmigung zur Ausführung von Eisenbetonkonstruktionen machte ein Bauunternehmer deutlich, der die im Jahre 1904 erstmals erscheinenden *Bestimmungen für die Ausführungen von Konstruktionen aus Eisenbeton im Hochbau*⁷⁸ (im Folgenden *Eisenbeton-Bestimmungen* genannt) mit folgenden Worten begrüßte: „Es ist sehr gut, dass die Leitsätze da sind, um dem Chaos und Wirrwarr einen Riegel vorzuschieben. Ich wohne in D. Was mir in L. in verständnisvoller Weise genehmigt wird, wird mir in D. einfach eo ipso verboten.“⁷⁹

Obwohl die durch die preußische Regierung erlassenen *Eisenbeton-Bestimmungen* prinzipiell die Anwendung von Eisenbeton als tragendem Material ermöglichten, war es dennoch ein weiter Weg bis zur völligen Anerkennung durch sämtliche Behörden. So war beispielsweise in Berlin selbst im Jahr 1910, sechs Jahre nach dem Inkrafttreten der ersten *Eisenbeton-Bestimmungen*, die Verwendung von Eisenbeton bei Außenwänden noch nicht genehmigt.⁸⁰

▪ **Ausbildung der Ingenieure und Architekten**

Als eine der ersten Technischen Hochschulen, an der im Rahmen der Ingenieurausbildung die Grundlagen der neuen Eisenbetonbauweise gelehrt wurden, gilt die Technische Hochschule in Wien. Dies mag daran gelegen haben, dass hier in den Jahren von 1898 bis 1902 Fritz Emperger als Honorarprofessor für die Ingenieurwissenschaften tätig war.⁸¹

Im Jahre 1903 – fünf Jahre nach Beginn der Eisenbeton-Vorlesungen Empergers in Wien – wurde von Prof. Max Förster in Dresden die erste Vorlesung an einer deutschen Hochschule über die Theorie des Eisenbetonbaus und dessen vielseitige Anwendungsmöglichkeiten gehalten.⁸² Andere deutsche Hochschulen lagen bei der Lehre über den Eisenbeton weit zurück. So hatten im Jahre 1905 neben Dresden lediglich die Hochschulen in Berlin, Danzig und Karlsruhe für das Gebiet des Eisenbetons eigenständige Vorlesungen eingeführt. Erst ab dem Jahre 1908 wurde an den meisten deutschen

⁷⁷ Dittrich (1990), S.37f; Beton-Eisenkonstruktionen. In: ZdB 22 (1902), S.46f; Die baupolizeilichen Bestimmungen für die Ausführung von Bauten nach dem System Hennebique in Düsseldorf, In: TIZ 27 (1903), S.1581-1583.

⁷⁸ Die wesentlichen Schritte zur Normung der Steineisendecken in Deutschland sind im Kapitel 8.1 tabellarisch dargestellt.

⁷⁹ Fünfzig Jahre Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (1957), S.3.

⁸⁰ Dittrich (1990), S.60.

⁸¹ Emperger versuchte, seine Hörerschaft mit dem jungen Eisenbeton vertraut zu machen. Dabei war er mit den damals wirkenden Hochschulprofessoren uneinig, da diese die Zuverlässigkeit der neuen Bauweise noch anzweifelten. Vornehmlich aus diesem Grund wurde Emperger, vor allem auf Bestreben seines Kollegen Prof. Hofrat Brik, am 30. September 1902 vom Königlich Kaiserlichen Ministerium für Kultus und Unterricht seiner Funktion als Honorarprofessor entzogen. Vgl.: Sequenz (1965), S.282; Ein Prozess über Beton und Eisen. In: BuE 3 (1904), S.180f, hier 180.

⁸² Ein Jahrhundert Sächsische Technische Hochschule 1828-1928. (1928), S.72.

Hochschulen⁸³ der Eisenbetonbau im Rahmen der Ingenieurausbildung gelehrt, in der Regel auf ein Semester beschränkt.⁸⁴

Noch später als in der Lehre der Ingenieurwissenschaften wurde die Eisenbeton-Ausbildung der zukünftigen Architekten eingeführt. Diese hatten 1908 lediglich an der Technischen Hochschule in Dresden sowie in Berlin-Charlottenburg die Möglichkeit, einer Eisenbetonvorlesung beizuwohnen.⁸⁵ Es wird deutlich, dass im Deutschen Reich zu Beginn des 20. Jahrhunderts die Mehrheit der angehenden Architekten und Ingenieure im besten Fall nur über geringe Kenntnisse bezüglich des neuen Baumaterials verfügen konnten. Erst gegen Ende des ersten Jahrzehnts hatte sich eine flächendeckende theoretische Ingenieurausbildung an den deutschen Hochschulen etabliert, die sich mit dem Entwicklungsstand des Eisenbetons auf gleicher Höhe befand. Obendrein entwarfen die Architekten aufgrund der erst ab 1910 in den Architekturlehrplänen der deutschen Hochschulen verbreiteten Eisenbetonlehre bis zu diesem Zeitpunkt lieber im traditionellen Ziegel- und Eisenbau, als sich mit dem Eisenbeton auf neues, unbekanntes Terrain zu begeben. Setzte sich dennoch einer von ihnen mit dem neuen Baumaterial auseinander, stand er vor dem Problem, dass auch das Bauhandwerk noch nicht in der Lage war, mit dem Material angemessen umzugehen.⁸⁶

▪ **Qualifikation der Baugeschäfte**

Auch an den Handwerkerschulen wurden die für den Eisenbetonbau typischen Berufsbilder erst nach und nach in die Lehrpläne integriert, denn Berufe wie Einschaler und Eisenflechter sowie die Ausbildung zum Betonmeister mussten erst anerkannt werden. Noch im Jahre 1909 wurden Lehrlinge des Betonbaufaches in vielen Fällen nicht für den Besuch an Baugewerbeschulen zugelassen, weil die Ausübung des Betonbaus als nicht dem Handwerk zugehörig betrachtet wurde.⁸⁷

Infolgedessen wurden gerade im Bereich des Wohn- und Geschäftshausbaus einzelne Eisenbetonbauteile wie die Decken vor allem von Maurerbetrieben ausgeführt. Hinzu kam, dass die wenigen leistungsfähigen Eisenbetongeschäfte das Ziel verfolgten, den Eisenbeton als lukratives Sonderfach zu pflegen und das einfache Baugewerbe nach Möglichkeit davon fernzuhalten. Die klassischen Maurer- und Baugeschäfte nahmen den Eisenbeton, bisweilen ohne die dafür erforderlichen fachlichen und praktischen Grundlagen zu schaffen, in ihr Angebot auf und untergruben auf diese Weise ihre Vertrauenswürdigkeit. Dem Eisenbeton gegenüber blieben sie fremd.⁸⁸

Insgesamt gesehen waren um 1910 nur wenige fachgerecht arbeitende Eisenbetonfirmen am Markt. Außerdem war zu jener Zeit das Submissionswesen mangelhaft. So konnten vor allem für öffentliche

⁸³ Überraschend ist, dass die süddeutschen Hochschulen, ungeachtet ihrer Nähe zu Frankreich, den Eisenbeton erst später in einer eigenständigen Vorlesung lehrten. Nach München, im Jahre 1909, war dies in Stuttgart erst 1912 der Fall. Bis dahin war der Eisenbeton teilweise in die Vorlesungen des Brückenbaus integriert. Vgl.: Der Unterricht in „Eisenbetonbau“ an den technischen Hochschulen. In: BuE 8 (1909), S.45f, hier 46; Der Unterricht in „Eisenbetonbau“ an den technischen Hochschulen. In: BuE 11 (1912), S.63f.

⁸⁴ Der Hochschulunterricht im Eisenbetonbau. In: BuE 4 (1905), S.285; Der Unterricht in „Eisenbetonbau“ an den technischen Hochschulen. In: BuE 7 (1908), S.67f.

⁸⁵ Der Unterricht in „Eisenbetonbau“ an den technischen Hochschulen. In: BuE 7 (1908), S.67f, hier 67.

⁸⁶ Sor (1909), S.488.

⁸⁷ Bericht über die Hauptversammlung des Deutschen Betonvereins. In: TIZ 33 (1909), S.342.

⁸⁸ Stahlwerk-Verband (1914), Beilage; Eisenbeton und Baugewerbe. In: BuE 13 (1914), S.90f.

Bauten, die auf dem Weg der Submission ausgeschrieben wurden, weniger geeignete Unternehmen mit billigen Angeboten den Zuschlag erhalten. Die Folge waren viele Unfälle, von denen zahlreiche in der Öffentlichkeit bekannt wurden, und somit das Vertrauen in den Eisenbetondeckenbau immer wieder erschütterten.⁸⁹

▪ **Aufstellung einer Unfallstatistik**

Die Häufigkeit der Deckeneinstürze bewies, dass das Risiko einer unsoliden Ausführung im Eisenbetondeckenbau eher als bei anderen Deckenarten gegeben war. Doch viel überraschender als der Umstand, dass es auch noch lange Zeit nach Bekanntmachung der ersten *Eisenbeton-Bestimmungen* zu Unfällen⁹⁰ kam, erscheinen die in diesem Zusammenhang getroffenen Gerichtsurteile. Diese spiegeln vor allem die mangelhafte Weiterbildung der praktizierenden Architekten und Ingenieure wider.

Schon ab 1905 beschäftigte sich der Deutsche Betonverein, in verstärktem Maße ab 1907 auch der neu gegründete Deutsche Ausschuss für Eisenbeton, mit der Aufstellung einer Unfallstatistik. Im Jahre 1911 erwirkten dessen Bemühungen den „Runderlass, betreffend Leitsätze über die Aufstellung der Unfallstatistik für Eisenbetonbauten“. Durch diesen wurden die Behörden angewiesen, den Deutschen Ausschuss für Eisenbeton bei der regelmäßigen Durchführung einer Unfallstatistik zu unterstützen.⁹¹ Auch wenn dieses Vorgehen letztendlich zur Verbreitung des Eisenbetonbaus beigetragen hat, so war durch die Offenlegung der Unfälle vorerst das Gegenteil der Fall. Dies wird durch eine Veröffentlichung der Zeitschrift „Beton und Eisen“ deutlich: „Die mächtigen Fortschritte auf dem Gebiete des Eisenbetonbaues ... sind von schädlichen Erscheinungen begleitet, die die Vorteile dieser Bauweise stark beeinträchtigen und vielfach zu ernststen Bedenken Veranlassung geben. ... Sie werden alle beobachtet haben, wie bei Behörden, Architekten und Bauherren infolge berechtigter Zweifel an der Sicherheit der neuen Bauweise eine gewisse, ich glaube, zunehmende Zurückhaltung eingetreten ist, die für ihre Weiterentwicklung sehr zu bedauern sein möchte.“⁹²

⁸⁹ Kollmann (1912), S.8f.

⁹⁰ Aus der Menge der in den zeitgenössischen Zeitschriften publizierten Unfälle seien zwei Beispiele herausgegriffen:

Im Oktober 1913 erlitt ein Mann beim Einsturz einer Kellerdecke aus Eisenbeton einen schweren Beinbruch. Das anschließende Verfahren gegen den Unternehmer wurde vom Staatsanwalt eingestellt. In der Begründung hieß es: „Auch der Umstand, dass der Angeschuldigte sich vor Übernahme des Baues keine genügende Praxis im Eisenbetonbau angeeignet habe, bedeute noch keine Fahrlässigkeit, da dies in kleineren Betonbaugeschäften nicht ungewöhnlich sei.“ Vgl.: Unfallstatistik des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton. In: ZdB 34 (1914), S.468.

Im Oktober 1914 kam es zum Einsturz einer Eisenbetonrippendecke. Ein Arbeiter wurde schwer, ein zweiter leicht verletzt. Gegen den bauleitenden Architekten wurde Anklage wegen fahrlässiger Körperverletzung erhoben. Dieser hatte früher ein Büro für Bauausführungen geführt und war seit 24 Jahren selbständig im Baugewerbe tätig. Im Rahmen seiner ursprünglichen Ausbildung hatte er nichts vom Eisenbetonbau gehört. Später besuchte er dazu allerdings mehrere Vorträge. In erster Instanz verurteilt, wurde der Architekt in der zweiten Instanz durch die Strafkammer mit folgender Begründung freigesprochen: „... denn die Konstruktion von Betonbauten ist ein n e u e r Z w e i g der Bauwissenschaft, welcher erst in neuerer Zeit allgemein im Baugewerbe Eingang gefunden hat. In der Zeit, wo der Angeklagte sich seine Baukenntnisse angeeignet hat, kamen diese Konstruktionen noch nicht als Lehrgegenstand in Frage. In den Berufskreisen, denen der Angeklagte angehört, sind diese Eisenbetonkonstruktionen nicht durchweg bekannt.“ Vgl.: Über die Verantwortlichkeit des Bautechnikers. In: ZdB 39 (1919), S.177-180, hier 179.

⁹¹ Petry (1923), S.68-71; Bericht über die Hauptversammlung des Deutschen Betonvereins. In: TIZ 33 (1909), S.342.

⁹² Unfälle bei Eisenbetonbauten und Vorschläge zu ihrer Verhütung. In: BuE 7 (1908), S.209.

▪ Gestaltung von Eisenbetonbauten

Obwohl in der Zeit nach 1910 ein starker Zuwachs von Eisenbetonbauten zu verzeichnen war, blieb die Architektursprache oft noch die alte, und Stützen oder Decken, selbst ganze Brücken aus Eisenbeton wurden noch immer hinter Werksteinverblendungen oder Ähnlichem verborgen. Vielerorts war es somit der Bevölkerung nicht möglich, die neu entstandenen Eisenbetonbauten diesem Werkstoff zuordnen zu können.⁹³ Daher sah sich im Februar 1911 die Königliche Akademie des Bauwesens angeregt, einen Wettbewerb für Architekten, Ingenieure und Kunstgelehrte zu veranstalten. Eine Abhandlung über die künstlerische Ausgestaltung von Eisenbetonbauten zu verfassen, bildete die Aufgabenstellung.

Nun sollten zum ersten Mal Eisenbetonbauten, die bisher stets allein in konstruktiver Hinsicht Interesse zu wecken schienen, auf ihre ästhetischen Werte hin untersucht werden. Aber die Aufgabe erwies sich als sehr kompliziert, denn sie erforderte neben einem gestalterischen Verständnis vor allem Erfahrung im Betonbau und im Umgang mit dessen Konstruktionen.⁹⁴

Doch wie oben dargelegt wurde, gab es nur wenige Architekten, die über ausreichende Erfahrung verfügten, um die ästhetischen Möglichkeiten des Eisenbetons herauszuarbeiten. So verwundert es nicht, dass im Jahre 1912 festgestellt wurde: „Die vorjährige von der Akademie gestellte Preisaufgabe über die künstlerische Behandlung der Eisenbetonbauten hat eine der Bedeutung der Aufgabe angemessene Lösung nicht gefunden; die Aufgabe wird daher in zwei Jahren wiederholt werden.“⁹⁵

3.2.2 Bewertung von Steineisen- und Eisenbetondecken

Im Folgenden werden Steineisendecken sowie Eisenbetondecken hinsichtlich ihrer grundsätzlichen Eigenschaften miteinander verglichen. Dabei dienen die im Kapitel 3.1.3 genannten, gegen Ende des 19. Jahrhunderts an Decken gestellten allgemeinen Anforderungen als Kriterien.

▪ Vergleich der Tragfähigkeit

Sowohl von den Eisenbetonplatten als auch von den Steineisendecken konnten Lasten aufgenommen werden, wie sie im Wohn- und Geschäftshausbau auftraten. Die größere Tragfähigkeit besaß jedoch die Eisenbetonplatte. Infolgedessen konnte sie vor allem im Industrie- und Fabrikbau überzeugen. Dort verschaffte ihr auch die Widerstandsfähigkeit gegen Erschütterungen infolge sich bewegender Lasten einen Vorteil. Während der Bauzeit bargen Eisenbetonplatten zudem die größte Sicherheit gegen das Durchschlagen herabstürzender Massen. Neben ihrer großen Tragfähigkeit war auch die Aussteifungswirkung beachtlich. So waren die Eisenbetonplatten beispielsweise im Skelettbau im Allgemeinen als waagerechte Windversteifung ausreichend.⁹⁶

⁹³ Dittrich (1990), S.5, 179; Die künstlerische Behandlung der Eisenbetonbauten. In: Die Bauwelt 2 (1911), S.37-39.

⁹⁴ Mitteilungen. In: BuE 10 (1911), S.97.

⁹⁵ Mitteilungen. In: BuE 11 (1912), S.171.

⁹⁶ Kersten (1910), S.1-3; Hütte. Des Ingenieurs Taschenbuch. (1934), S.248.

Tragfähigkeitsreserven, die über die baupolizeilich geforderten Sicherheiten hinausgingen, waren jedoch für Planer und Bauherren meist wertlos. Die nur bescheidenen Anforderungen an Belastbarkeit und Spannweite ließen daher vor allem im Wohn-, aber auch im Geschäftshausbau Steineisendecken zu. Dagegen waren die besonders tragfähigen Eisenbetondecken⁹⁷ hier in der Regel nicht erforderlich.

▪ Vergleich der architektonischen Qualität

Die im Industriebau mitunter geduldeten sichtbaren Unterzüge, wie beispielsweise Eisenbetonbalken, waren im Wohnungsbau, aber auch im Geschäftshausbau nicht erwünscht. Vielmehr sollten die Decken eine möglichst ebene Untersicht zeigen. Auch beim Bau von Schulen, Krankenhäusern und Verwaltungsgebäuden forderten Bauherren und Architekten in der Mehrzahl unterzugsfreie Decken. Für diese Gebäude waren die aus der Deckenebene hervortretenden Unterzüge wegen der damit verbundenen Einschränkung hinsichtlich der Belichtung und Durchlüftung der Räume ungeeignet.⁹⁸ Dies traf auch auf die I-Träger der Steineisendecken zu. Da diese für das Erreichen einer vergleichbaren Tragfähigkeit jedoch in geringerer Höhe als die Eisenbetonbalken ausgebildet werden konnten, waren sie nicht so auffällig. Darüber hinaus konnten die Steineisendecken problemlos auf den unteren Flansch der eisernen I-Träger gelagert werden. So entstanden Decken mit gänzlich homogener Untersicht.

Für die reinen Eisenbetonplatten zum Teil ruinierend war der Umstand, dass der Deckenputz nur schlecht am Beton haftete. Wurden sie dennoch verputzt, passierte es nicht selten, dass große Stücke des Putzes bald wieder abfielen. Dieser Nachteil war nicht zu kompensieren und führte bei einzelnen Behörden dazu, einschränkende Maßnahmen gegen die Ausführung von Betondecken vorzunehmen.⁹⁹

Sollten keine untergehängten Putzträger wie Schilfrohmatten oder ähnliches verwendet werden, waren Eisenbetonplatten überall dort, wo eine glatte Deckenuntersicht¹⁰⁰ gefordert wurde, nicht zu verwenden.

▪ Vergleich der Feuersicherheit

Grundsätzlich galt zu Beginn des 19. Jahrhunderts das Bauen mit Eisenbeton im Vergleich zur Trägerbauweise als feuersicherer. Diese Vorstellung entstand, weil Eisenbeton aus von Beton umhülltem Eisen bestand. Eiserne Träger mussten dagegen durch zusätzliche Maßnahmen, wie Verkleidungen aus speziellen Ziegeln oder Putz, vor hoher Hitze geschützt werden (Abb. 3-4). Die

⁹⁷ Im Wohnhausbau konnten sie in der Regel nicht als Plattenbalken, sondern nur als reine Platte hergestellt werden. Der unter der Nulllinie vorhandene Betonquerschnitt bildete somit eine unerwünschte Gewichtsvermehrung, die sich unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten als ungünstig erwies.

⁹⁸ Böhm-Gera (1917), S.9.

⁹⁹ Beispielsweise schrieb der Magistrat der Stadt Berlin in seinen Verdingungsanschlügen Steineisendecken vor: „Zugelassen zum Angebot ist jede vom Berliner Polizeipräsidium gestattete Deckenkonstruktion aus gebrannten Steinen und Eiseneinlagen. Ausgeschlossen ist Eisenbeton.“ Vgl.: Über den Verputz von Betondecken. In: BuE 9 (1910), S.200-201, hier 201.

¹⁰⁰ Erst mit der Zeit wurde die Qualität der Schalungen so gut, dass vorbildlich geschälte Eisenbetonplatten nur noch entgratet und nicht mehr verputzt werden mussten. Die so entstandenen Oberflächen waren dennoch eher für den Industriebau als für den Wohn- und Geschäftshausbau geeignet.



Abb. 3-4: mit Ziegelschalen (teilweise abgefallen) verkleideter I-Träger

Feuersicherheit der Deckenfelder wurde indes, unabhängig davon, ob sie aus Eisenbeton oder bewehrten Ziegellagen gefertigt worden waren, als gleichwertig angesehen.¹⁰¹

▪ Vergleich der bauphysikalischen Eigenschaften

Aufgrund der Hohlräume in den Steineisendecken sowie der oftmals verwendeten porösen Ziegel war in der Regel bereits durch die Rohdecke ein ausreichender Wärmeschutz gegeben. Demgegenüber machte die hohe Wärmedurchlässigkeit der Eisenbetonplatten diese zur Verwendung in Wohn- und öffentlichen Gebäuden ohne zusätzliche Dämmstoffe untauglich.

Der Schallschutz der Rohdecken war im Eisenbeton-, wie auch im Ziegelbau, fast immer ergänzungsbedürftig. Trotzdem standen die für den Wohnhausbau statisch zwar ausreichenden, aber dünnen Eisenbetondecken den Steineisendecken im Hinblick auf den Schallschutz oftmals nach.¹⁰²

Des Weiteren waren die hygienischen Verhältnisse in den Räumen mit Betondecken aufgrund der meist kalten und teilweise feuchten Oberflächen¹⁰³ ungünstig.¹⁰⁴

▪ Vergleich der ins Bauwerk eingebrachten Baufeuchte

Als Austrocknungsfrist für eine Betondecke, einschließlich des darauf aufgetragenen Zementestrichs, waren je nach Jahreszeit und örtlichen Verhältnissen ca. 12 Wochen anzunehmen. Bei Trennung des Estrichs von der Rohdecke durch eine wasserdichte Schicht trockneten die Decke nach unten und der Estrich nach oben aus. Infolgedessen verkürzte sich die Austrocknungsfrist auf ca. 8 Wochen und das unangenehme „Trockenwohnen“ musste nur selten erfolgen. Wenn dennoch in historischen Quellen darüber berichtet wurde, so hatte dies eher mit den während des Baubetriebes beispielsweise durch Niederschläge eingedrungenen Feuchtigkeitsmengen zu tun.¹⁰⁵

Dessen ungeachtet benötigten Eisenbetonplatten längere Zeit zum Austrocknen als Steineisendecken, da für die Verarbeitung des Betons deutlich mehr Wasser benötigt wurde. Somit konnte nach

¹⁰¹ Roll (1924), S.5.

¹⁰² Erfahrungen über die Herstellung akustisch einwandfreier Decken- und Mauerkonstruktionen. In: BuE 10 (1911), S.149-151, hier 150.

¹⁰³ Die grundsätzliche Tendenz der Eisenbetonplatten zur Schwitzwasserbildung führte dazu, dass sie beispielsweise in Ställen und ähnlichen landwirtschaftlichen Gebäuden nur vereinzelt zur Anwendung kamen. So äußerte sich die Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft noch im Jahre 1910, dass sich Beton- und Eisenbetondecken für Stallbauten nicht eignen. Vgl.: Petry (1923), S.344.

¹⁰⁴ Böhm-Gera (1917), S.3f; Roll (1924), S.23.

¹⁰⁵ Stegemann (1932), S.102f.

der Fertigstellung einer Steineisendecke eher mit den Ausbauarbeiten begonnen werden, was mitunter einen Zeitvorteil verschaffte.

▪ **Vergleich der an die Deckenherstellung gestellten handwerklichen Anforderungen**

Die für die Herstellung der Eisenbetondecken notwendigen Arbeiten und Bauabläufe waren neu und unbekannt. Zudem konnten die große Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit der Eisenbetonplatten nur durch viel Sorgfalt bei der Ausführung erzielt werden. Daher waren auf der Baustelle zuverlässige Unternehmer und mit dem noch jungen Eisenbetonbau vertraute Arbeiter gefragt. Zur Herstellung tragfähiger, dichter und damit hochwertiger Schalungen waren zudem nicht selten Zimmerer nötig. Vor allem die frühen Steineisendecken waren bautechnisch betrachtet einfache Mauerwerkskörper, die horizontal ausgeführt und bewehrt wurden. Überdies konnten die für Ihre Herstellung benötigten Schalungen relativ grob und einfach und somit von den Maurern selbst hergestellt werden.

▪ **Vergleich der zur Deckenherstellung erforderlichen Nacharbeiten**

Bei der Planung der Eisenbetonplatten war eine weitgehende Detaillierung der Baupläne erforderlich, um die zum Verlegen der Strom-, Gas- und Wasserleitungen nötigen kostspieligen Stemmarbeiten auf ein Minimum beschränken zu können. Demgegenüber war es möglich, in den Hohlräumen der Steineisendecken ohne größere Stemmarbeiten Kabel und Leitungen zu verlegen. Selbst Deckendurchbrüche waren hier einfach und damit preiswert zu realisieren. Eine gewisse Schwierigkeit brachte das Befestigen schwerer Gegenstände an der Unterseite der Decke mit sich, weil dafür im Voraus Holzdübel oder ähnliches in die Mörtelfugen einzulassen waren.¹⁰⁶

Wie bereits erwähnt, ließ sich die im Wohn- und Geschäftshausbau geforderte Oberflächenqualität der Deckenunterseite bei den frühen Eisenbetonplatten nur durch die Verwendung von Putzträgern realisieren. Dies erforderte zusätzliche Arbeitsleistung und zog weitere Kosten nach sich. An den Ziegeln der Steineisendecken haftete der Deckenputz dagegen hervorragend.

▪ **Vergleich der Herstellungskosten**

Zur Frage nach den Herstellungskosten der beiden Deckenarten finden sich die unterschiedlichsten Äußerungen. Deren Darstellung variiert, je nachdem, welchen Baustoff der Verfasser favorisierte. Mitunter fielen die Meinungen auch dahingehend aus, dass aus finanzieller Sicht keine Vergleichsmöglichkeit¹⁰⁷ der beiden Deckenarten bestand.

Aus heutigem Blickwinkel lässt sich der Nachweis, welche der beiden Deckenarten für sich genommen kostengünstiger herzustellen war, ebenfalls nicht erbringen. Dies scheitert bereits daran, dass eine Vereinheitlichung des Kostenrahmens für Steineisendecken angesichts der Fülle der Steineisendeckensysteme nicht möglich ist. Da aber bei Betrachtung des gesamten Bauwerks bedingt durch das

¹⁰⁶ Albert (1908), S.129f.

¹⁰⁷ „Was die Kostenfrage betrifft, so ist zunächst festzustellen, dass sich allgemein gültige Angaben hierüber nicht machen lassen. Die Arbeitslöhne und Materialpreise sind eben von den verschiedenen Ausführungsplätzen abhängig, und die Frachtkosten spielen eine mehr oder weniger große Rolle. Das trifft sowohl für die Ausführungen in Eisenbeton wie für solche mit eisernen I-Trägern (Steineisendecken, A. d. V.) zu, und auch ein allgemein anzuerkennender Vergleich zwischen den Kosten beider Konstruktionsarten ist nicht möglich.“ Aus: Deutscher Beton-Verein E.V. (1912), S.33.

geringe Eigengewicht der Steineisendecken im Allgemeinen, u. a. die Deckenträger und Stützen in statischer und wirtschaftlicher Hinsicht günstig beeinflusst wurden, ist zumindest im Skelettbau¹⁰⁸ ein Kostenvorteil der Steineisendecken zu erkennen.

▪ Vergleich der Folgekosten

Maßnahmen zur Unterhaltung der Steineisen- und Eisenbetondecken wurden im Allgemeinen nicht erforderlich. Jedoch stellte sich der monolithische Charakter einer Eisenbetondecke als hinderlich heraus, sobald Umbauten¹⁰⁹ erforderlich waren. In diesem Fall galt es, das Problem der nachträglichen Bemessung zu lösen, was bei Eisenbetondeckenträgern nahezu unmöglich war, da man sich über Stärke und Lage der Armierung nachträglich nicht orientieren konnte. Die häufig bei Steineisendecken zur Verwendung gekommenen Walzträger konnten dagegen leichter klassifiziert werden.¹¹⁰ Der Abbruch eines Gebäudes mit Eisenbetondecken gestaltete sich besonders kompliziert. Es bestand die Schwierigkeit, die Bewehrungsstäbe der Eisenbetondecken aus dem Beton herauszuschälen, was nur durch sehr aufwendige Handarbeiten gelang. Zudem trug sich in der Regel eine derartige Abbruchmaßnahme wirtschaftlich nicht selbst. Der Wert des anfallenden Altmaterials abgebrochener Steineisendecken überwog dagegen fast immer die Abbruchlöhne. Hier konnten besonders die oftmals verwendeten Eisenträger wieder gewonnen werden. Sie erlitten eine verhältnismäßig geringe Entwertung, da der Wert des Eisens nie unter seinen Schrottpreis sank, der zwischen 25% und 50% des Neuwertes betrug.¹¹¹

Unter Beachtung aller oben untersuchten Bewertungskriterien kann festgestellt werden, dass die Steineisendecke für den Wohn- und Geschäftshausbau besser geeignet war als die Eisenbetondecke.¹¹² Die hier bestehenden Anforderungen an die Tragfähigkeit konnte sie vollkommen erfüllen. Hinsichtlich der architektonischen und bauphysikalischen Ansprüche war sie der Eisenbetondecke in den meisten Punkten überlegen. Darüber hinaus wies die Steineisendecke bautechnische Vorteile auf, die sich in niedrigen Herstellungskosten niederschlugen. Außerdem konnten Steineisendecken mit verhältnismäßig geringem Aufwand umgebaut oder abgebrochen werden. Folglich standen Steineisendecken als einfache zu erstellende, leichte und wirtschaftliche Lösungen hoch in der Gunst der Architekten und Ingenieure und dominierten gegen Ende des 19. sowie zu Beginn des

¹⁰⁸ Hier war die Wahl der Querschnitte der Deckenbalken und Stützen direkt von den aufzunehmenden Belastungen abhängig. Im Unterschied dazu konnten im massiven Ziegelbau die Wände aufgrund der ihnen gegebenen sehr großen Querschnittsfläche in der Regel jede beliebige Deckenart ohne Querschnittsvergrößerung tragen. Für den Skelettbau war daher das Eigengewicht der Decken bedeutend. Infolgedessen führte beispielsweise bei einem Eisenbetonskelettbau eine Gewichtserhöhung der Decke um 50 kg/m² bereits zu einer Verteuerung der Unterzüge um 0,28 RM, der Stützen mit 0,04 RM bis zu 0,40 RM und der Fundamente mit 0,14 RM pro Quadratmeter Decke. Vgl.: Stegemann (1932), S.29.

¹⁰⁹ Solche Maßnahmen waren zu Beginn des 19. Jahrhunderts, vor allem in größeren Städten, häufig notwendig. Hier mussten nicht selten Geschäfts- und Wohnhäuser bereits lange vor Ablauf ihrer natürlichen Lebensdauer umgebaut oder abgebrochen werden. Vgl.: Kollmann (1912), S. 8f.

¹¹⁰ Stahlwerk-Verband (1914), S.6.

¹¹¹ Stahlwerk-Verband (1914), S.4-6; Die Abbruchkosten von Eisenbetonbauten. In: BuE 12 (1913), S.77-78, hier 78.

¹¹² Einen Vorteil gegenüber Steineisendecken, die zwischen eisernen Trägern ausgeführt wurden, konnten die Eisenbetondecken im Industrie- und Fabrikbau verzeichnen, wo bei einer hohen Tragfähigkeit auch eine hohe Feuersicherheit gewährleistet werden musste.

20. Jahrhundert den deutschen Deckenbau. Dabei wurden sie von der im Deutschen Reich langsamen Entwicklung des Eisenbetonbaus maßgeblich begünstigt (Abb. 3-5).¹¹³

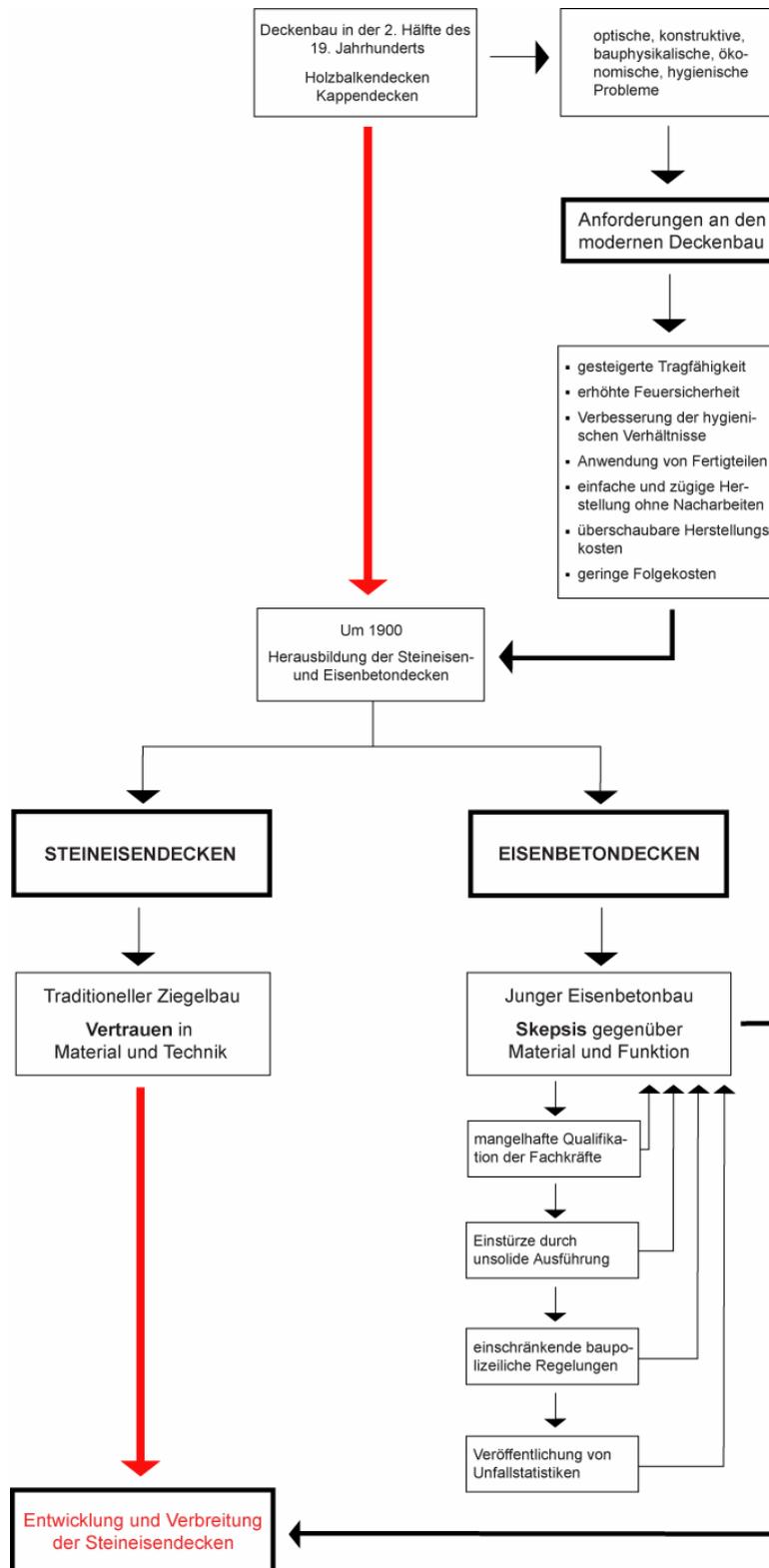


Abb. 3-5: Herausbildung und Verbreitung der Steineisendecken

¹¹³ Albert (1908), S.114f; Pauser (1994), S.133.

3.3 Steineisendecken im internen Wettbewerb

3.3.1 Der Patent- und Gebrauchsmusterschutz

Ziel der Patent- und Gebrauchsmusterschutzgesetzgebung war es, neben der Förderung heimischer Technik und Wirtschaft zugleich einen gesicherten Rechtsschutz zu Gunsten des Erfinders zu schaffen. Mit der Erteilung eines Patent oder Gebrauchsmusters wurde dem Inhaber das Recht an den erteilten Ansprüchen verliehen und von Staatsseite ermöglicht, seine Erfindung auf dem Wege der Lizenzierung ohne Risiko zu vermarkten und sich somit einen wirtschaftlichen und technischen Vorteil zu verschaffen. So wurde der Hinweis auf einen bestehenden Patent- oder Gebrauchsmusterschutz von den Konsumenten mit einer hohen Qualität der Ware assoziiert, was hohe Verkaufspreise ermöglichte. Darüber hinaus konnte ein Patent oder Gebrauchsmuster hilfreich sein, wenn der Inhaber von einer Erfindung eines Mitbewerbers Gebrauch machen wollte, da er im Tausch dem Mitbewerber die Benutzung seiner eigenen Erfindung anbieten konnte.

Im Gegensatz zum staatlich genehmigten, zeitlich befristeten Monopol musste der Erfinder seine Erfindung schriftlich offen legen. Dies diente der Information der Marktkonkurrenten über technisches Wissen und Lizenzierungsmöglichkeiten und machte die Erfindung nach Ablauf der Schutzfrist allgemein nutzbar.¹¹⁴

Da das Wissen um die Vorgehensweise bei der Anmeldung eines Patent oder Gebrauchsmusters, deren gesetzliche Laufzeiten sowie die damit verbundenen Kosten für die Bewertung der Verbreitung der einzelnen Deckensysteme von Wichtigkeit ist, erfolgt im folgenden Kapitel ein Exkurs zur deutschen Patent- und Gebrauchsmusterschutzgesetzgebung.

3.3.1.1 Anmeldung, Erteilung und Dauer eines Patent

Entsprechend dem Patentgesetz, vom 1. Oktober 1891, wurden Patente für solche Erfindungen¹¹⁵ erteilt, die eine gewerbliche Verwertung gestatteten. Wenn eine Erfindung zur Zeit der Anmeldung in öffentlichen Druckschriften aus den letzten hundert Jahren bereits derart beschrieben oder im Inland so offensichtlich gebraucht wurde, dass deren Nachahmung durch andere Sachverständige möglich erschien, galt sie nicht als neu. Einer solchen Erfindung wurde der Patentschutz versagt.¹¹⁶

Die Anmeldung einer Erfindung zur Erteilung eines Patent geschah in Form eines schriftlichen Gesuches.

¹¹⁴ Das neue Patentgesetz und das Gesetz betreffend den Schutz von Gebrauchsmustern. In: TIZ 15 (1891), S.506.

¹¹⁵ Der Begriff „Erfindung“ war weder im ersten deutschen Patentgesetz von 1877 noch in der revidierten Fassung von 1891 definiert. Vgl.: Das neue Patentgesetz und das Gesetz betreffend den Schutz von Gebrauchsmustern. In: TIZ 15 (1891), S.506; Was ist eine Erfindung? In: TIZ 27 (1903), S.275-276, hier 275.

¹¹⁶ Tonindustrie-Kalender (1903), S.120f; Beton-Kalender 1906 (1905), S.42.

Schien eine Patentanmeldung den vorgeschriebenen Anforderungen nicht zu genügen, so musste der Erfinder durch einen Vorbescheid aufgefordert werden, etwaige Mängel innerhalb einer gewissen Frist zu beseitigen. Wenn das Patentamt die vorgelegte Erfindung überhaupt nicht für patentfähig erachtete, war der Erfinder unter Angabe der Gründe zu benachrichtigen und ihm somit die Möglichkeit einzuräumen, sich zum Sachverhalt zu äußern. Wurde im Laufe des Verfahrens das Patent zurückgewiesen, hatte der Erfinder das Recht, gegen die Abweisung Einspruch zu erheben. Die Entscheidung darüber kam einer selbständigen Instanz und nicht denselben Beamten zu, die bereits die Prüfung der Patentanmeldung durchgeführt hatten.¹¹⁷

Als positiv konnte es der Erfinder erachten, wenn die erste „Zwischenverfügung“ des Patentamtes mit der Anmerkung eintraf, dass in Rücksicht auf anderweitige Patentschriften oder Veröffentlichungen die Ansprüche an die Erfindung schärfer zu formulieren seien oder dass man einen Teil derselben fallen lassen sollte. In solchen Fällen konnte der Anmeldende davon ausgehen, dass das Patentamt ihm bei der weiteren Verbesserung seines Patentanspruches wohlwollend zur Seite stand.¹¹⁸

Erachtete das Patentamt die Anmeldung für erfolgreich und die Erteilung eines Patentbeschlusses als nicht ausgeschlossen, folgte die Auslage¹¹⁹ der Patentanmeldung in der Auslagehalle. Dies geschah, um den Wettbewerbern Gelegenheit zu geben, Einwände gegen die Patenterteilung vorzubringen oder auf ältere, den Prüfungsstellen entgangene Veröffentlichungen aufmerksam zu machen.¹²⁰

Kam es während der Auslage der Erfindung zu keiner Beanstandung von Seiten Dritter, erfolgte die Erteilung des Patentbeschlusses. Dazu wurden vom Patentamt über den „Reichs-Anzeiger“ eine Bekanntmachung erlassen, alle relevanten Daten in der so genannten Rolle erfasst sowie eine Urkunde für den Patentinhaber angefertigt (Abb. 3-6).¹²¹

¹¹⁷ Patentgesetz. In: TIZ 15 (1891), S.815f, hier 816.

¹¹⁸ Tonindustrie-Kalender (1903), S.123; Über Patentanmeldung und Patenterteilung. In: ZdB 26 (1906), S.165.

¹¹⁹ Zwar konnte der Anmeldende, wenn die Geheimhaltung seiner Erfindung noch von Wichtigkeit war, die Auslegung um drei bis sechs Monate hinausschieben, auf jeden Fall aber musste sie vor der endgültigen Patenterteilung erfolgen. Diese nach dem neuen Patentgesetz geschaffene Möglichkeit wurde als wesentliche Verbesserung des ersten Patentgesetzes angesehen. Bis dahin hatte das Patentamt, wenn es eine Erfindung für patentfähig gehalten hatte, die Patentanmeldung sofort veröffentlicht. Das geschah nicht selten zum Schaden des Erfinders. So konnte jeder Einsicht in die Beschreibung, die dem zu erteilenden Patent zu Grunde lag, nehmen. Oft fanden sich dann in Fachblättern oder ähnlichen Schriften Informationen, wodurch der Erfinder in zahlreichen Ländern der Möglichkeit beraubt wurde, auch dort seine Erfindung patentieren zu lassen. Wie in Deutschland, so war auch im Ausland nur auf noch nicht bekannte Erfindungen ein Patent zu erhalten. Vgl.: Das neue Patentgesetz und das Gesetz betreffend den Schutz von Gebrauchsmustern. In: TIZ 15 (1891), S.506; Patentgesetz. In: TIZ 15 (1891), S.815f, hier 816.

¹²⁰ Beton-Kalender 1906 (1905), S.48; Über Patentanmeldung und Patenterteilung. In: ZdB 26 (1906), S.165.

¹²¹ Tonindustrie-Kalender (1903), S.123; Beton-Kalender 1906 (1905), S.49; Über Patentanmeldung und Patenterteilung. In: ZdB 26 (1906), S.165.

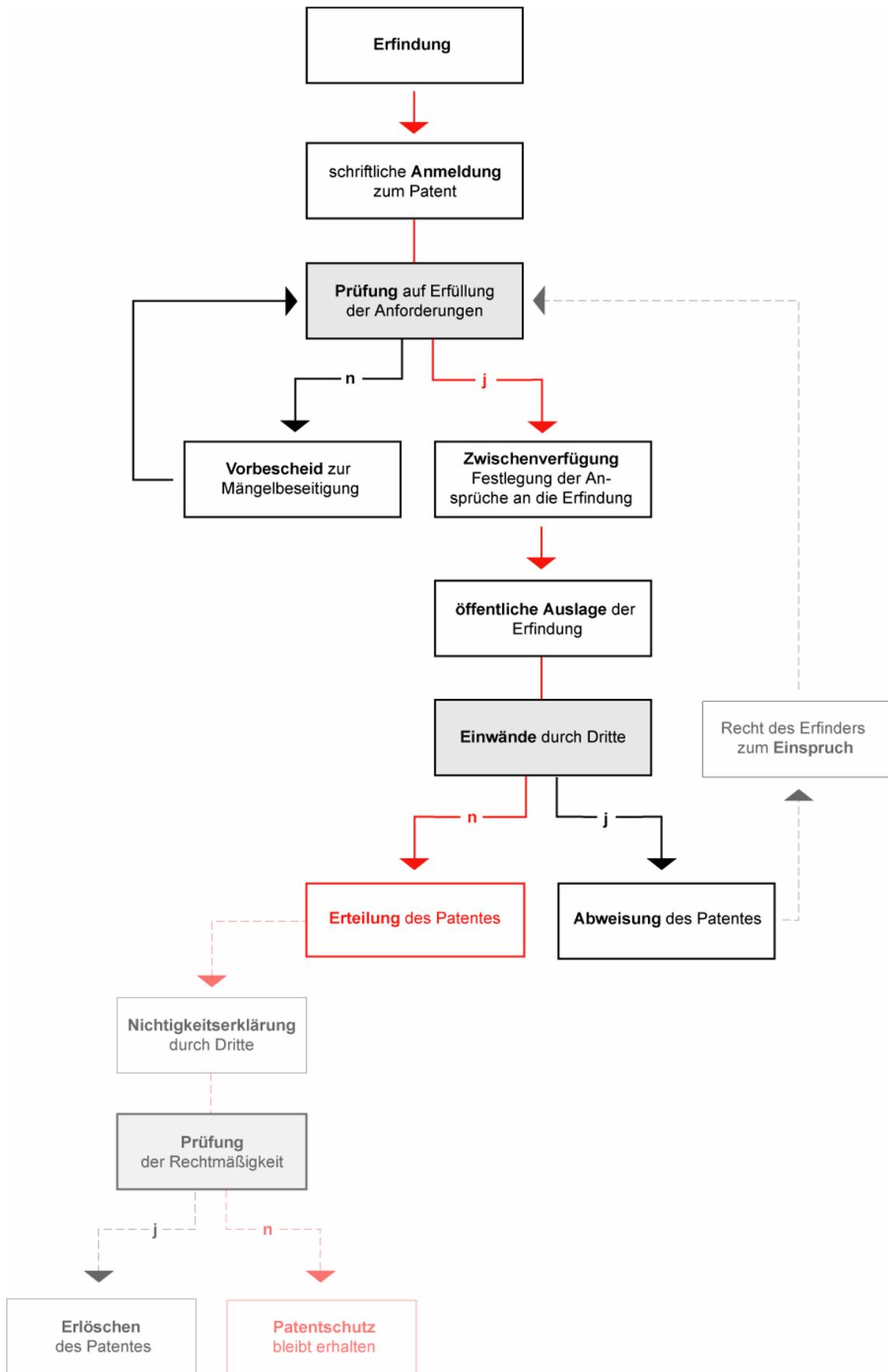


Abb. 3-6: Verfahren zur Erteilung eines Patent

Die Laufzeit eines Patentbesitzes begann mit dem auf die Anmeldung der Erfindung folgenden Tag. Sie war gesetzlich auf 15 Jahre beschränkt, die jährliche Zahlung der Patentgebühr vorausgesetzt. Ein Patent erlosch vorzeitig, wenn der Patentinhaber darauf verzichtete oder wenn die jährliche Patentgebühr nicht rechtzeitig eingezahlt worden war. Von Seiten des Patentamtes konnte nach Ablauf von drei Jahren das Patent zurückgenommen werden, wenn der Patentinhaber es unterlassen hatte, die Erfindung in angemessenem Umfang im Deutschen Reich zur Ausführung zu bringen.¹²²

Bezweckte eine Erfindung die Verbesserung einer anderen, zu Gunsten des Patentsuchers bereits geschützten Erfindung, so konnte dieser die Erteilung eines Zusatzpatentes erwirken. Wurde ein Zusatzpatent erteilt, lief es gemeinsam mit dem Patent für die ältere Erfindung aus. Im Todesfall gingen der Anspruch auf Erteilung des Patentbesitzes sowie das Recht aus dem Patent auf die Erben über. Ebenso konnten der Anspruch und das Recht, beschränkt oder unbeschränkt, durch Verträge auf andere übertragen werden.¹²³

Für nichtig erklärt wurde ein Patent, wenn sich herausstellte, dass dessen Inhalt nicht patentfähig war. Die Einleitung des Nichtigkeitsverfahrens erfolgte nur auf Antrag von Seiten Dritter. Im Falle der Verletzung bereits bestehender Schutzansprüche konnte ausschließlich der unmittelbar Betroffene das Verfahren beantragen. Dies musste außerdem innerhalb der ersten fünf Jahre der Laufzeit eines Patentbesitzes erfolgen, da danach die Möglichkeit, ein zu Unrecht erteiltes Patent für nichtig erklären zu lassen, erlosch.¹²⁴

Mit der Anmeldung eines Patentbesitzes waren 20 RM als Bearbeitungsgebühr zu entrichten. Die gleichfalls zu entrichtende erste Jahrestaxe von 30 RM wurde bei Verweigerung des Patentbesitzes zurückerstattet. Für das 2. Jahr war eine Gebühr von 50 RM zu zahlen, was annähernd dem Gegenwert eines monatlichen Handwerkerlohns entsprach. Um nicht mehr benötigte Patente möglichst bald frei zu bekommen, erhöhte sich die Gebühr ab dem 3. Jahr jährlich um 50 RM, so dass im 15. Jahr 700 RM zu zahlen waren. Sämtliche Jahresgebühren waren innerhalb von 6 Wochen nach der jährlichen Wiederkehr des auf die Anmeldung des Patentbesitzes folgenden Tages fällig. Zahlte der Patentinhaber erst später, so wurden 10 RM Zuschlag berechnet. Eine verspätete Zahlung war nur innerhalb weiterer 6 Wochen möglich.¹²⁵

¹²² Beton-Kalender 1906 (1905), S.44.

¹²³ Beton-Kalender 1906 (1905), S.42f.

¹²⁴ Das neue Patentgesetz und das Gesetz betreffend den Schutz von Gebrauchsmustern. In: TIZ 15 (1891), S.506; Über Patentanmeldung und Patenterteilung. In: ZdB 26 (1906), S.165.

¹²⁵ Tonindustrie-Kalender (1903), S.130; Beton-Kalender 1906 (1905), S.57.

Mit der Inflation zu Beginn der 20er Jahre des 20. Jahrhunderts setzten Probleme bei der Festsetzung der Patentgebühren ein. So wurde versucht, die Patentgebühren wertbeständig zu machen. Dafür wollte man einen neuen, dem damaligen Tiefstand des Marktwertes angepassten Tarif für alle patentamtlichen Gebühren einführen, die jeweils halbmonatlich neu zu berechnen waren. Die 14-tägige Berechnung der Gebühren durch das Reichspatentamt wurde tatsächlich eingeführt, war allerdings nur bedingt geeignet, auf die Entwicklung der Inflation angemessen zu reagieren. Vgl.: Vermischtes. In: BuE 22 (1923), S.266, 291.

3.3.1.2 Anmeldung, Erteilung und Dauer eines Gebrauchsmusters

Ähnlich wie die Schutzvoraussetzungen für das Patent waren diejenigen für das Gebrauchsmuster. Auch zur Erteilung eines Gebrauchsmusters musste die gewerblich anwendbare Erfindung neu sein. Als wesentlicher Unterschied zum Patent galt, dass nur ein so genanntes Muster, also ein substantieller Körper, und keinesfalls ein Verfahren als Gebrauchsmuster eingetragen werden konnte. Darüber hinaus betrug die längste Dauer des Gebrauchsmusterschutzes sechs Jahre, der Patentschutz konnte demgegenüber bis zu 15 Jahre lang aufrecht erhalten werden. Weitere Unterschiede waren die für den Gebrauchsmusterschutz zu entrichtenden geringeren Gebühren sowie das schnellere Eintragungsverfahren. In der Regel wurde ein Gebrauchsmuster innerhalb von drei Monaten in die Gebrauchsmusterrolle eingetragen; bis zur Erteilung eines Patentbeschlusses verging dagegen annähernd ein Jahr. So konnte der Inhaber eines Gebrauchsmusters schneller seine Rechte geltend machen.¹²⁶

Aufgrund des am 1. Oktober 1891 in Kraft getretenen *Gesetzes betreffend den Schutz von Gebrauchsmustern* war das Patentamt für alle Erfordernisse bezüglich der Anmeldung eines Gebrauchsmusters zuständig. Zusammen mit einem schriftlichen Antrag waren die Arbeitsgerätschaften oder Gebrauchsgegenstände, für die der Schutz als Gebrauchsmuster angestrebt wurde, als Muster einzureichen.¹²⁷

Bei Gegenständen, die einen Gebrauchsmusterschutz nur dann erzielen sollten, wenn die Erlangung eines Patentbeschlusses nicht gelang, ging man in folgender Weise vor: Gleichzeitig mit der Anmeldung des Patentbeschlusses hatte die Anmeldung des Gebrauchsmusterschutzes zu erfolgen. Dabei musste beantragt werden, die Eintragung nur dann vorzunehmen, wenn die den gleichen Gegenstand betreffende Patentanmeldung zurückgewiesen würde. Dieses Vorgehen sicherte die Priorität des Patentbeschlusses und ersparte unter Umständen doppelte Anmeldungskosten. So musste für den Fall, dass das Patent gewährt wurde, das Patentamt die Gebühren für die Gebrauchsmusteranmeldung zurückzahlen. Es ergab sich mehrfach die Situation, dass Erfinder dasselbe Erzeugnis gleichzeitig, oder kurze Zeit später, zum Patent und als Gebrauchsmuster anmeldeten. Wurde das Patent bewilligt, so war der Gebrauchsmusterschutz für den gleichen Gegenstand jedoch überflüssig.¹²⁸

Der § 8 des *Gesetzes zum Schutz von Gebrauchsmustern* legte die Dauer des Gebrauchsmusterschutzes auf drei Jahre fest. Die Laufzeit begann, ebenso wie im Patentrecht, mit dem auf die Anmeldung folgenden Tag. Bei Zahlung einer Gebühr vor Ende der Laufzeit trat eine einmalige Verlängerung der Schutzfrist um weitere drei Jahre ein. Somit betrug die längste Dauer des Schutzes sechs

¹²⁶ Beton-Kalender 1906 (1905), S.51; Das neue Patentgesetz und das Gesetz betreffend den Schutz von Gebrauchsmustern. In: TIZ 15 (1891), S.506; Der neue Gebrauchsmusterschutz, seine Erlangung und Wirkung. In: TIZ 16 (1892), S.581.

¹²⁷ Eisenträger (1902), S.1; Beton-Kalender 1906 (1905), S.51f.

¹²⁸ Die gleichzeitige Anmeldung zum Patent und zum Gebrauchsmusterschutz. In: TIZ 16 (1892), S.682.

Jahre. Verzichtete der Eingetragene während der Laufzeit des Gebrauchsmusters auf dessen Schutz, so wurde die Eintragung gelöscht.¹²⁹

Aufgrund des 1. Weltkrieges kam es bezüglich der Laufzeit für Patente und Gebrauchsmuster zu einer Ausnahmeregelung. So wurde ein Gesetz verabschiedet, demzufolge die Schutzdauer bei Patenten und Gebrauchsmustern, soweit sie mit der Kriegszeit¹³⁰ zusammenfiel, begrenzt verlängert werden konnte.

Bei Kriegsausbruch rechtsgültige Patente wurden auf Antrag um fünf Jahre verlängert. Dagegen galt bei den in der Kriegszeit angemeldeten Patenten als erstes Jahr der Schutzdauer die Zeitspanne, die mit dem ersten Jahrestag der Anmeldung nach dem 31. Juli 1919 ihren Abschluss fand. Bei Gebrauchsmustern galt für den Fall, dass die Anmeldung in der Kriegszeit erfolgte, als Ablauf der Schutzfrist der dritte Jahrestag des eigentlichen Ablaufdatums nach dem 31. Juli 1919.¹³¹

Die Gebühren für den Gebrauchsmusterschutz beliefen sich auf 80 RM für die ersten 3 Jahre. Vor Ablauf des 3. Jahres war eine einmalige Verlängerungstaxe von 70 RM zu zahlen.¹³²

3.3.1.3 Negative Auswirkungen des Patent- und Gebrauchsmusterschutzgesetzes

Mit etwas Geschick konnte nahezu jede Erfindung unter Schutz gestellt werden,¹³³ denn für die Begründung eines Patentbesitzes wurden nicht selten ganz nebensächliche Formgebungen oder sonstige kleine Abänderungen, beispielsweise in der Herstellung einer Decke, als hinreichend angesehen. Darüber hinaus sah es das Patentamt nicht als seine Aufgabe an, zu untersuchen, ob eine Erfindung überhaupt von Wert für die Praxis war. Infolgedessen unterschieden sich zahlreiche der gewährten Patente und Gebrauchsmuster allenfalls marginal voneinander, was Patentstreitigkeiten zwischen Erfindern und bloßen Nachahmern zur alltäglichen Folgeerscheinung werden ließ.¹³⁴

Da eine spätere Rücknahme des Nichtigkeitsantrages zulässig war, wurde dieser mitunter unbegründet von einer um ihren Absatz fürchtenden Firma vorgebracht, die sich somit für eine Weile des lästigen Wettbewerbers entledigen konnte. Eine solche Handlungsweise konnte die Erteilung eines Patentbesitzes um Jahre verzögern oder dessen Vermarktung behindern, da aufgrund der Gesetzgebung in

¹²⁹ Tonindustrie-Kalender (1903), S.127; Beton-Kalender 1906 (1905), S.51f.

¹³⁰ Das Gesetz erlangte ab dem 14. Mai 1920 Wirkung. Als Kriegszeit galt die Zeitspanne vom 1. August 1914 bis zum 31. Juli 1919. Um eine Verlängerung der Laufzeit zu erwirken, bedurfte es eines an das Patentamt zu richtenden Antrags. Dieser war innerhalb von sechs Monaten nach Inkrafttreten des Gesetzes zu stellen. Handelte es sich um ein Schutzrecht, das in der Kriegszeit entweder durch Ablauf oder Nichtzahlung der Gebühren erloschen war, so musste der Verlängerungsantrag schon innerhalb zweier Monate gestellt werden.

¹³¹ Demnach erfolgte beispielsweise für ein Gebrauchsmuster, dessen Dauer ursprünglich am 1. Oktober 1918 endete, eine Verlängerung bis zum 1. Oktober 1921. Vgl.: Die Verlängerung der Schutzdauer von Patenten und Gebrauchsmustern. In: TIZ 44 (1920), S.611f, hier 611.

¹³² Tonindustrie-Kalender (1903), S.130.

¹³³ Bis 1910 entstanden im Deutschen Reich über 60 Steineisendeckensysteme (siehe Band 3, Anlage 6: Laufzeiten der Patente und Gebrauchsmuster).

¹³⁴ Albert (1908), S.114f; Patentgesetz. In: TIZ 15 (1891), S.815f, hier 816.

jedem Fall mit einem zähen Rechtsstreit zwischen den sich gegenüberstehenden Parteien zu rechnen war.¹³⁵

So ging beispielsweise Johann Franz Kleine, Erfinder der Kleineschen Decke (Nr. 1), gegen die von F. J. Schürmann erfundene „Gewölbeträgerdecke“ vor. Dieses, eher unter dem Namen Schürmannsche Decke (Nr. 2) bekannte Deckensystem, wurde von Schürmann gegen die von Kleine patentierte Idee abgegrenzt, indem er die Bewehrung¹³⁶ (so genannte Wellblech- oder Buckelschienen) als einzeln wirkende Träger titulierte. Die Ausmauerung zwischen den „Trägern“ erfolgte mit „Gewölbesteinen“ und leichtem Stich, so dass viele kleine Kappen entstanden.

Aufgrund dieser Formulierungen gelang es Kleine trotz umfangreicher Bemühungen vorerst nicht, seinen ärgsten Konkurrenten aus dem Felde zu schlagen. Doch die gestellte Nichtigkeitsklage gegen Schürmanns Patent verfehlte ihre Wirkung nicht. So hieß es in dem von Kleine erwirkten Gutachten des Patentamtes vom 25.04.1896 bezüglich des Schürmannschen Patentes: „Aldann wirken die durch dieses Patent geschützten Gewölbeträger nicht anders, wie die bei der Herstellung flachgewölbter Steindecken (z. B. Preußische Kappe, A. d. V.) allgemein gebräuchlichen I- und \perp -Eisen; insbesondere beruht die Tragfähigkeit der Decken alsdann nicht ... auf der Adhäsionswirkung der in die einzelnen Steinschichten eingebetteten, lediglich auf Zugfestigkeit beanspruchten Eisenstäbe, sondern auf der Biegungsfestigkeit der patentierten Träger.“¹³⁷

Damit wurde vom Patentamt der von Schürmann künstlich geschaffene Unterschied zwischen den beiden Patenten nochmals verbal herausgearbeitet und die Schürmannsche Decke erlangte als eigenständiges Deckensystem seine Berechtigung. Im Prinzip bedeutete die Entscheidung des Patentamtes aber gleichzeitig das Aus der finanziellen Ausnutzung des Schürmannschen Patentes. Denn die lediglich auf Biegung zu beanspruchenden Schürmannschen Wellblechschienen entsprachen demnach nur dann dem „Gewölbeträger“ des Schürmannschen Patentes (DRP Nr. 80653), wenn ihr Widerstandsmoment in jedem Einzelfalle für die zulässige Beanspruchung genügte.^{138 139}

Noch vor 1900 übernahm Kleine das Schürmannsche Patent. Ob dies aufgrund der Nichtigkeitsklage von Seiten Kleines und damit durch Überschreibung oder durch Kauf geschah, ist der Patentrolle jedoch nicht zu entnehmen.¹⁴⁰

Zahlreiche weitere Auseinandersetzungen bezüglich Patenten oder Gebrauchsmustern wären aufzuführen, doch sollen im folgenden Kapitel ausschließlich diejenigen Erfindungen und Entwicklungen

¹³⁵ Über Patentanmeldung und Patenterteilung. In: ZdB 26 (1906), S.165.

¹³⁶ „Die Erfindung bezweckt, für geringe Gewölbspannungen einen Träger zu schaffen, ... der Träger ist ... so geformt, dass die ausgebauchten Flächen als Widerlager für die an dem Träger liegenden Gewölbesteine dienen“ Aus: DRP Nr. 80653.

¹³⁷ Berichtigung betr. F.J. Schürmanns Massivdecken auf Wellblechschienen. In: DBZ 30 (1896), S.486.

¹³⁸ Kleine bemerkte dazu treffend: „Jeder Fachmann kann leicht ermitteln, welche Querschnittsabmessungen erforderlich sind, damit die Buckelschienen bei bestimmten Ausführungen dem Schürmann'schen Patent No. 80653 als Gewölbeträger entsprechen, beziehungsweise wann eine Mitbenutzung des Kleineschen Patents No. 71102 bedingt ist. Die Mitbenutzung des Patentes No. 71102 darf selbstverständlich nicht ohne Genehmigung des unterzeichneten Inhabers dieses Patentes geschehen.“ Aus: Berichtigung betr. F.J. Schürmanns Massivdecken auf Wellblechschienen. In: DBZ 30 (1896), S.486.

¹³⁹ Kolbe (1905), S.268.

¹⁴⁰ DRP Nr. 71102.

dargestellt werden, die tatsächliche Neuerungen auf dem Gebiet der Steineisendecken mit sich brachten.

3.3.2 Erfindungen und Innovationen im Steineisendeckenbau

Bereits um 1895 konnten die Bauenden auf erste Steineisendeckensysteme zurückgreifen, die alle an moderne Decken gestellten Anforderungen erfüllten. Dennoch waren diese Systeme im Detail verbesserungswürdig. Im Mittelpunkt der Bestrebungen der Konstrukteure stand die Minimierung der Herstellungskosten. Darüber hinaus wurde an der Verbesserung der architektonischen und statischen Eigenschaften gearbeitet.

Im Folgenden werden die wichtigsten Erfindungen¹⁴¹ dargestellt. Um deren tatsächliches Potential bewerten zu können, wird außerdem untersucht, welche Konstruktionsideen sich nachhaltig im Steineisendeckenbau durchsetzten.

3.3.2.1 Verbesserung der Tragfähigkeit

- Falzziegel

Nicht zuletzt wegen der anfangs mangelnden theoretischen Begleitung der Steineisendeckenentwicklung war es auch noch mehr als zehn Jahre nach der Erfindung dieser Deckenart nötig, die baupolizeiliche Zulassung neuer Steineisendecken versuchstechnisch zu erwirken (siehe Kap. 7). Bis um 1900 wurden die dafür notwendigen statischen Belastungsversuche teilweise durch Wurfproben ergänzt, bei denen man beispielsweise 50 kg schwere gusseiserne Kugeln aus einer Höhe von 5 m auf das Deckenfeld fallen ließ. Eine bewehrte Betonplatte bestand diesen Versuch in der Regel ohne Probleme. Steineisendecken aus einfachen Hohl- oder Vollziegeln wurden dagegen oftmals durchgeschlagen.¹⁴²

Als vermeintlich wichtiger Schritt hin zu einer widerstandsfähigen Konstruktion erwies sich die Erfindung der Falzziegel. Die Verwendung dieser mit Nut und Feder (auch „Nase“ genannt) versehenen Ziegelform sollte den Widerstand der Steineisendecken gegen herabfallende Massen erhöhen. Außerdem erhoffte man sich, durch das gegenseitige Verkeilen der Ziegel eine Erhöhung der Biegetragfähigkeit der Decke zu erzielen. Des Weiteren wurde angenommen, dass sich aufgrund des direkten Kontaktes zwischen den Ziegeln die Ausschaltungsfrist von Falzziegeldecken verkürze.¹⁴³

Für viele Falzziegel wurden Gebrauchsmuster genehmigt. Dem ersten Muster eines Falzziegels von Feodor Müller (Müllersche Decke, Nr. 19) im Jahre 1896 folgte 1897 das von Paul Hundrieser (Hundriesersche Decke, Nr. 20) (Abb. 3-7). In den darauf folgenden zwei Jahren erreichte die Tätigkeit der Konstrukteure bezüglich der Verwendung von Falzziegeln für Steineisendecken mit insgesamt

¹⁴¹ Zu den verschiedenen Entwicklungsschritten der Steineisendecken im Deutschen Reich siehe auch Band 3, Anlage 2: Chronologie – Charakteristische Entwicklungsschritte.

¹⁴² Steindecken mit Bandeisen-Einlagen. In: DBZ 27 (1894), S.328 u. a.

¹⁴³ Der Einfluss der Steinform auf die Tragfähigkeit ebener Ziegelhohlsteindecken zwischen I-Trägern. In: BMdS 33 (1913), S.71-74, hier 73f.

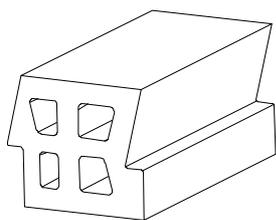


Abb. 3-7: Falzziegel von Hundrieser

sieben weiteren Gebrauchsmusteranmeldungen¹⁴⁴ ihren Höhepunkt (siehe Band 3, Anlage 6: Laufzeiten der Patente und Gebrauchsmuster, Typ II.2).

Doch mit der fortschreitenden Entwicklung der Steineisendecken und der Einführung neuer Deckensysteme, ließen die Konstrukteure von den Falzziegeln nahezu ab. Ein Grund dafür war, dass Falzziegel entgegen den Erwartungen keine nennenswerte Erhöhung der Biegetragfähigkeit¹⁴⁵ der Steineisendecken erzielten und nur marginal den Durchschlag-Widerstand des Deckenfeldes erhöhten. Vor allem aber war die Herstellung der extravaganten Falzziegelformen sowie deren Verarbeitung mit einem erheblichen finanziellen Aufwand verbunden. Infolgedessen blieb zumindest die Vielzahl der Steineisendecken aus Falzziegeln ein Phänomen, das nach einem bemerkenswert erfolgreichen Dasein wieder gänzlich vom Markt verschwand.

- Ziegel mit vergrößertem Druckquerschnitt

Im Jahre 1899 erwirkte Heinrich Frölich (Frölichsche Decke, Nr. 16) auf einen Formziegel einen Gebrauchsmusterschutz. Dieser Ziegel wies eine dickere obere Ziegelschale und damit mehr Material in der Druckzone auf als alle bisher bekannten Hohlziegel. Zwei Jahre später erhielt Cracoanu

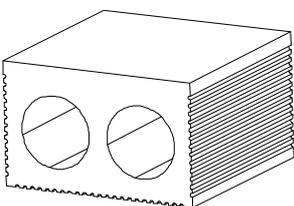


Abb. 3-8: Hohlziegel von Cracoanu

(Cracoanusche Decke, Nr. 53) ebenfalls einen Gebrauchsmusterschutz für einen Hohlziegel, der gegenüber der 2,8 cm starken unteren Ziegelschale eine dickere obere Schale (3,6 cm) aufwies (Abb. 3-8). Beide Ziegelformen konnten sich jedoch nicht durchsetzen; nur der einfache, rechteckig geschnittene Hohlziegel, der vor allem bei der Kleineschen Decke (Nr. 1) zur Verwendung kam, sollte, nach 1900 mit unterschiedlich starken Ziegelschalen ausgeführt, eine nennenswerte Verwendung finden.¹⁴⁶

Aus heutiger Sicht erscheint die Idee, die Hohlräume in den unteren Ziegelbereich zu verschieben, als sinnvoll. Doch war der vergrößerte Druckquerschnitt für die zeitgenössische Berechnung der Steineisendecken nicht relevant. Man berücksichtigte den Ziegelquerschnitt rechnerisch nämlich so, als ob selbst die Hohlräume in der Lage seien, Druckspannungen aufzunehmen. Einzig die Lage der Nulllinie

¹⁴⁴ Falzziegel eigneten sich hervorragend als Gebrauchsmuster, denn jeder neue Ziegel ließ sich bereits durch die geringste Veränderung der äußeren Ziegelform leicht von bestehenden Mustern unterscheiden.

¹⁴⁵ Die Meinung, dass Falzziegel die Biegetragfähigkeit von Steineisendecken erhöhen, stammte aus dem eisenlosen Ziegeldeckenbau, wo Falzziegel bevorzugt verwendet wurden. Vielerorts traute man einzig den Falzziegeln eine Tauglichkeit für unbewehrte Ziegeldecken zu. Deshalb sah sich der Stahlwerk-Verband aufgefordert, zu untersuchen, ob Decken aus gewöhnlichen Ziegelhohlsteinen mit glatten Seitenflächen nicht dieselbe Tragfähigkeit wie Falzziegeldecken böten. Die Probelastungen an unbewehrten Kleineschen-, Förster- und Dresseldecken wurden vom Königlichen Materialprüfungsamt in Lichterfelde vorgenommen. Im Ergebnis der ebenfalls durchgeführten Druckfestigkeitsprüfungen erbrachten die für die Kleinesche Decke (Nr. 1) verwendeten Hohlziegel zwar sehr gute Werte, lagen aber mit 202 kg/cm² dennoch unter denen der Falzziegel. Deren mittlere Druckfestigkeit betrug 225 kg/cm² (Dresselziegel, Nr. 23) und 300 kg/cm² (Försterziegel, Nr. 27). Trotz der Unterschiede der Druckfestigkeit des Ziegelmaterials war die Tragfähigkeit der unbewehrten Kleineschen Decke und der unbewehrten Falzziegeldecken annähernd gleich groß. Vgl.: Der Einfluss der Steinform auf die Tragfähigkeit ebener Ziegelhohlsteindecken zwischen I-Trägern. In: BmDS 33 (1913), S.71-74, hier 73f.

¹⁴⁶ Gebrauchsmuster. In: ZdB 19 (1899), S.524; Gebrauchsmuster. In: ZdB 22 (1902), S.504.

bestimmte die Größe der Druckfläche; das heißt, dass die gesamte über der Nulllinie vorhandene Fläche Eingang in die Berechnung fand, unabhängig davon, ob Hohlräume oder ausschließlich Ziegelmaterial im Druckquerschnitt vorhanden waren (siehe Kapitel 8.3.4).

Erst nach Inkrafttreten der *Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton, Teil B Steineisendecken* im Jahre 1932 versuchten die Konstrukteure, verstärkt die Druckfläche der Ziegel zu verbessern. Von da an galt als wirksamer Druckquerschnitt der in der Druckzone bis zur Nulllinie vorhandene Stein-, Mörtel- und Betonquerschnitt nach Abzug etwaiger Hohlräume.¹⁴⁷ Infolgedessen kamen nach und nach zahlreiche querschnittsoptimierte Ziegel auf den Markt, die in ihrer Grundform noch heute für die Herstellung von Steineisendecken Verwendung finden.¹⁴⁸ Somit betrug die Zeit von der Einführung der im Druckbereich verstärkten Ziegel bis zu deren nachhaltiger Verbreitung ca. 35 Jahre.

3.3.2.2 Verbesserung der architektonischen Qualität

▪ „Trägerlose“ Steineisendecken

Hinsichtlich der Verbesserung der architektonischen Eigenschaften der Steineisendecken war man bemüht, Decken mit gänzlich ebener Untersicht, das heißt ohne wahrnehmbare Deckenträger, zu schaffen. Dies gelang bereits sehr früh, indem die Steineisendeckenfelder direkt auf dem unteren Flansch der eisernen I-Träger aufgelegt wurden. Doch die allorts vermehrt angewendete Methode brachte einige Nachteile mit sich. So konnte der Trägerunterflansch nicht direkt angeputzt werden, sondern war zu diesem Zweck mit Ziegeldrahtgewebe zu umkleiden. Dabei stellte sich heraus, dass nur sehr dicke Putzschichten im Bereich der Träger in der Lage waren, das spätere Sich-Abzeichnen der Flansche an der Deckenunterseite zu verhindern. Vorteilhafter war hierbei beispielsweise die Verkleidung der unteren Trägerflansche mittels flacher Ziegelschalen (Abb. 3-9). War es somit möglich, Steineisendecken mit einer hochwertigen ebenen Deckenunterseite zu erzeugen, so barg die Verwendung der I-Träger immer noch einen Nachteil. Eisen war teuer.

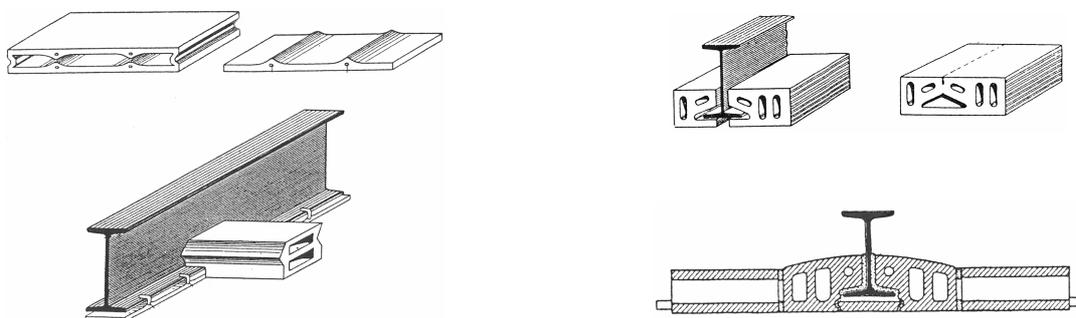


Abb. 3-9: Trägerverkleidungsziegel

¹⁴⁷ Bemerkungen zur Neubearbeitung der Teile B, C und D der Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton. In: BuE 30 (1931), S.81-84, hier 82.

¹⁴⁸ DIN 4159: Ziegel für teilvermörtelte Stoßfugen. 1999.

Das erste ohne I-Träger ausgebildete und daher zeitgenössisch als „trägerlose“ Steineisendecke bezeichnete Deckensystem wurde 1900 von Busso von Busse (Busses Steinbalkendecke, Nr. 11) zum Patent angemeldet. Er tauschte die I-Träger gegen vor Ort aus Ziegeln gemauerte, bewehrte Balken aus und verwendete sie als Überzüge. Auf diese Weise gewann Busse eine Decke ohne hervortretende Teile an der Unterseite, wobei die teuren und schweren, nicht feuersicheren I-Träger entbehrlich wurden. Ein weiterer Vorteil der Busseschen Steinbalkendecke bestand darin, Balken und Deckenfelder aus allorts erhältlichen Mauerziegeln herstellen zu können. Darüber hinaus war es bei dieser Decke möglich, die Deckenfeldbewehrung durch die Ziegelbalken hindurch zu verlegen und somit eine Durchlaufwirkung zu erzielen.¹⁴⁹

Einerseits war der architektonische Gewinn der ebenen Deckenunterseite von Vorteil, andererseits konnte nun die Schalung nicht mehr angehängt werden, sondern war auf einem zusätzlichen Hilfsgerüst zu errichten. Des Weiteren war die Schalung deutlich stabiler als bisher auszubilden, um neben den Lasten der Deckenfelder zusätzlich die der Balken aufnehmen zu können. Die Kosteneinsparung für die I-Träger wurde somit teilweise aufgehoben. Auch der erforderliche Aufwand für das Mauern der Balken schlug sich negativ auf die Herstellungskosten nieder.

Noch vor Ablauf des Patentbesitzes von Busse erhielt Wilhelm Kohlmetz (Steineisendecke mit Kohlmetzbändern, Nr. 13) ein Patent auf eine andere „trägerlose“ Decke. Kohlmetz versuchte, die Vorteile bei Verwendung der I-Träger für die Herstellung der Decke mit den architektonischen Vorteilen der Steinbalkendecke zu verbinden. Die von ihm erdachten Gitterträger wurden aus Winkelprofil und Flachisen zusammengenietet. Derart aufgelöst wiesen die Gitterträger nur etwa 50% des Gewichtes vergleichbarer I-Träger auf, was bei deren Transport und Verlegung vorteilhaft wirkte. Bei Verwendung der so genannten Kohlmetzbänder war es möglich, die Schalung direkt an diesen aufzuhängen. Darüber hinaus mussten die schlanken \perp -Untergurte nicht mit Drahtgeflecht umwickelt werden, sondern wurden von speziellen Formziegeln verkleidet. Deshalb wiesen die Kohlmetzbänder eine geringere Korrosionsanfälligkeit sowie eine höhere Feuersicherheit als verputzte I-Träger auf.¹⁵⁰

Doch auch den Vorteilen der Decke von Kohlmetz standen Nachteile gegenüber. So waren die Gitterträger Sonderbauteile, die nicht überall zur Verfügung standen. Gleiches galt für die zur Verkleidung der Träger nötigen Formziegel. Infolgedessen konnte diese Decke, ebenso wie die anderen ohne I-Träger ausgebildeten „trägerlosen“ Decken (Typ I.3), sich zwar einige Zeit auf dem Markt halten, aber nicht durchsetzen. Zu groß war der finanzielle Aufwand bei der Vermauerung der Steineisenbalken bzw. bei der Herstellung der eisernen Gitterträger, als dass die ursprüngliche Idee Nachahmer gefunden hätte.

- Ziegel mit Sohlleisten

Um das Durchscheinen der Mörtelfugen an der Deckenunterseite zu verhindern, kamen Fugeneinlagen aus Koksfasern, Heu und dergleichen zur Anwendung. Doch erst die Einführung von Hohlziegeln mit so genannter Sohlleiste brachte eine praktikable und befriedigende Lösung. Ein weiterer Nutzen

¹⁴⁹ Kolbe (1905), S.233.

¹⁵⁰ Schrader (1912), S.47.

der Sohlleisten war es, einen Mindestabstand der Bewehrung von der Deckenunterseite zu sichern und somit zumindest eine gewisse Feuersicherheit des Deckenfeldes zu gewährleisten. Darüber hinaus gaben Ziegel mit Sohlleisten eine gleich bleibende Fugenbreite vor und brachten Vorteile für den Verguss der Fugen mit sich.

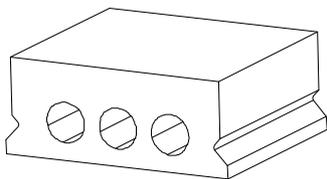


Abb. 3-10: Ziegel von Frölich

Der erste bewusst mit einer Sohlleiste versehene Ziegel war von Heinrich Frölich (Frölichsche Decke, Nr. 16) im Jahre 1899 erfunden worden. (Dieser Ziegel wurde bereits oben beschrieben (Abb. 3-10)).

In der Folgezeit kamen immer wieder neue Steineisendecken aus Ziegeln mit Sohlleisten auf den Markt. Beachtenswerte Anwendungen dieser Ziegelformen sind jedoch erst bei der Schiller-Decke (Nr. 41) und der Reformhohlsteindecke (Nr. 44) ab ca. 1910 auszumachen. Da jedoch aufgrund der Ausbildung der Sohlleisten die kostengünstige, gleichzeitige Herstellung mehrerer Ziegel mittels Strangpresse ausgeschlossen war, produzierten die Ziegelfabrikanten im Allgemeinen bevorzugt die einfachen, rechteckigen Deckenhohlziegel. Außerdem konnten Ziegel mit Sohlleiste nur in einer einzigen Lage in die Decke eingebaut werden. Im Unterschied zu beispielsweise einfachen Deckenhohlziegeln war es nicht möglich, Ziegel mit Sohlleisten hochkant stehend zu verarbeiten. Somit konnte mit einem Ziegel ohne Verwendung von Aufbeton lediglich eine Deckenstärke hergestellt werden.¹⁵¹ Für die Berechnung der Steineisendecken aus Ziegeln mit Sohlleiste ergab sich ab 1918 ein weiterer Nachteil. Mit dem *Erlass, betreffend die baupolizeiliche Behandlung ebener Steindecken bei Hochbauten* fanden die *Bestimmungen für die Ausführung von Bauwerken aus Eisenbeton* aus dem Jahre 1916 auf Steineisendecken sinngemäße Anwendung. Darin war festgelegt, dass unterhalb der Runden eine Mörtelstärke ≥ 1 cm und bei Flacheisen $\geq 0,5$ cm vorzusehen war. Dabei durften die Sohlleisten nicht berücksichtigt werden. Somit war die Bewehrung im Deckenquerschnitt nach oben zu verschieben, was einen erhöhten Eisenaufwand bedingte.¹⁵²

Erst seit den späten 1930er Jahren waren Ziegel mit Sohlleisten in einer ausreichenden Vielfalt auf dem Bauparkt erhältlich, insofern betrug deren Innovationszeit fast 40 Jahre.¹⁵³

3.3.2.3 Verringerung der Herstellungskosten

- Einsparung der Schalung

Schalungen von Steineisendecken konnten, waren sie vollflächig und dicht auszubilden, unter Umständen bis zu einem Drittel der Gesamtkosten der Deckenherstellung verursachen. Kostengünstiger ließen sich Teilschalungen sowie Lehrgerüste erstellen (siehe Kap. 5.3). Diese leichten Hilfsgerüste verringerten gegenüber einer vollflächigen Schalung nicht nur den Bedarf an Holz, sondern brachten

¹⁵¹ Roll (1924), S.37.

¹⁵² Erlass, betreffend die baupolizeiliche Behandlung ebener Steindecken bei Hochbauten. In: ZdB 38 (1918), S.505f, hier 505.

¹⁵³ Berlitz (1938), S.153f.

Einsparungen bei der Arbeitszeit und sowohl beim Transport des Holzes als auch bei dessen Montage.¹⁵⁴

Die erste Steineisendecke, bei der versucht wurde, auf jegliche Art von Hilfsgerüst zu verzichten, war die Benysche Decke (Nr. 29). Auf den für seine Decke erforderlichen Ziegel erhielt Beny im Jahre 1895 ein Gebrauchsmuster. Charakteristisch für diesen Ziegel war eine Nut an dessen Unterseite. Sie sollte es ermöglichen, den Ziegel gänzlich ohne Hilfsgerüst direkt auf dem jeweiligen Bandeisenstreifen „reitend“ zu vermauern. Angesichts der in der historischen Literatur angegebenen Spannweiten von über 2,00 m und der Weichheit der Bewehrung ist die Möglichkeit, auf ein stützendes Lehrgerüst zu verzichten, zu bezweifeln.

Bis 1900 wurden noch einige Decken, die zu ihrer Errichtung lediglich eines Lehrgerüsts bedurften, erfunden. Fast allen gemein war die Verwendung kleiner, handelsüblicher \perp - oder I-Eisen als Fugenbewehrung. Zwischen den Deckenhauptträgern verlegt, ermöglichten sie, lediglich von einem Lehrgerüst unterstützt, das Vermauern der Formziegel (Typ III.2).

Doch bezüglich all jener Deckensysteme vertraten zeitgenössische Kritiker die Meinung, dass auch bei der Verwendung von Lehrgerüsten die viel gerühmte Rüstungersparnis nur bedingt eintrat. Sie sahen bei abgestützter Schalung die Hauptarbeit nicht im Belegen des Kantholzrostes mit Schalbrettern, sondern in der Aufstellung des Steifen- und Kantholzgerippes.¹⁵⁵

Führt man sich den maximalen Schalungsaufwand für die Steineisendecken der ersten Entwicklungsjahre vor Augen, ist tatsächlich nur ein geringer Kostenunterschied zum Aufbau eines Lehrgerüsts auszumachen. So brauchten bis auf wenige Ausnahmen (Typ I.2) die bis um 1905 auf dem Markt befindlichen Steineisendecken nicht vollflächig und dicht geschalt zu werden. Da die Ziegel selbst den größten Teil der Deckenunterseite bildeten und lediglich in den Fugen die Gefahr bestand, dass Mörtel durch sie hindurchrutschte, genügte es zumeist, eine Teilschalung vorzusehen. So konnte ein Vergleich der Schalungsarten zu dieser Zeit nur zwischen den bereits sparsamen Teilschalungen und den Lehrgerüsten erfolgen. Beide waren sich im Herstellungsaufwand ähnlich. Deshalb brachte die Anwendung von Lehrgerüsten im Vergleich zu den Teilschalungen kaum Vorteile. Insofern ist es nachvollziehbar, dass das Streben der Konstrukteure nach schalungsarmen Decken bereits frühzeitig nachließ.

- Verguss der Fugen

Eine Möglichkeit, Steineisendecken preiswert erstellen zu können bestand darin, die zu deren Herstellung erforderliche Maurerleistung auf ein Minimum zu beschränken. Dieses Ziel wurde nahezu von Beginn der Entwicklung der Steineisendecken an verfolgt. Dabei lag ein Augenmerk auf dem Verguss der Fugen.

¹⁵⁴ Böhm-Gera (1917), S.12.

¹⁵⁵ Böhm-Gera (1917), S.69; Behandlung von Einzelfragen im Massivdecken-Wettbewerb. In: Stegemann (1932), S.32-76, hier 73.

Erste Beispiele hierfür finden sich mit Düsings Tragplatte (Nr. 8) und der Dabbert & Hüttenschen armierten Mauersteinplatte (Nr. 9), jeweils aus dem Jahre 1896. Allerdings konnten die Fugen bei beiden Decken nur vergossen werden, wenn ausschließlich Vollziegel zur Herstellung der Deckenfläche verwendet wurden.

Die erste aus Hohlziegeln bestehende Steineisendecke, deren Fugen teilweise vergossen wurde, war die Ackermansche Decke (Nr. 30). Bei dieser fand der Fugenverguss allerdings nur im oberen Teil der Längsfugen statt. Die Stoßfugen waren somit noch immer von den Maurern zu setzen.

Im Jahre 1900, und damit ein Jahr nach Ackermann, kam mit der Bremerschen Decke (Nr. 48), die erste Steineisendecke aus Hohlziegeln mit Verguss der Längs- und Stoßfugen auf den Markt.

Maurerleistungen waren bei dieser Decke nicht mehr erforderlich, da die Deckenziegel nun von ungelerten Arbeitern verlegt und vergossen werden konnten.

Der Fugenverguss bei der Herstellung von Steineisendecken prägte maßgeblich die ab 1907 erfundenen Systeme. Doch die Bauausführenden hatten schon früher erkannt, dass, nachdem die Stoßfugen zwischen den Ziegeln vermauert worden waren, die Längsfugen mit Mörtel vergossen werden konnten. Somit wurden auch die Fugen der frühen Steineisendecken, wie zum Beispiel der Kleinesche Decke (Nr. 1), zu Beginn des 20. Jahrhunderts zumindest teilweise vergossen. Der auch heute noch übliche Verguss der Fugen kann daher als frühe Innovation gelten.¹⁵⁶

3.3.2.4 Neue Deckenkonstruktionen

Die Bemühungen der Konstrukteure um die nachhaltige Verbesserung der Steineisendecken führten neben der Weiterentwicklung der bestehenden Konstruktionen auch zur Herausbildung von Steineisendeckensystemen, die sich in ihrer Wirkungsweise von den bisher beschriebenen Systemen deutlich unterschieden. Teilweise kam es sogar zur Entwicklung ganz neuer Deckenarten.

- Kreuzweise bewehrte Steineisen- und Eisenbetondecken

Die Patentschrift aus dem Jahre 1900 weist die oben bereits genannte Bremersche Decke (Nr. 48) als erste kreuzweise bewehrte Steineisendecke im Deutschen Reich aus.¹⁵⁷ Bereits im Jahre 1901 folgten dieser mit der Westphaldecke (Nr. 52) und der Cracoanuschen Decke (Nr. 53) zwei weitere kreuzweise bewehrte Decken.

Ein Vorteil der kreuzweisen Bewehrung war die bessere Querverteilung von Einzellasten. Kreuzweise bewehrte Decken wiesen zudem einen erhöhten Widerstand gegen herabstürzende Massen auf.

Außerdem waren sie in der horizontalen Ebene steifer. Nicht zuletzt wegen der linienförmigen

¹⁵⁶ Der Ziegelhochbau und das Problem seiner Standardisierung. In: TIZ 52 (1928), S.169-172, hier 169; Eisen und Ziegel im großstädtischen Wohnhausbau. In: TIZ 52 (1928), S.822f, hier 823.

¹⁵⁷ Obwohl die Ziegel an ihren Stirnseiten direkt aneinander verlegt wurden, waren das Einlegen der Bewehrung sowie die Ausbildung einer Mörtelstoßfuge auch in diesem Bereich möglich. Dafür wurde von Bremer durch das teilweise Abschrägen der die Ziegelstirnseite begrenzenden Seitenwände Sorge getragen.

Auflagerung auf allen vier Umfassungswänden funktionierten sie im Vergleich zu einachsig bewehrten Steineisendecken in statischer Hinsicht weitaus besser als Scheibe.¹⁵⁸

Trotz der benannten Vorteile finden sich in der historischen Literatur nur wenige Hinweise zu tatsächlich ausgeführten kreuzweise bewehrten Steineisendecken. Dass sie eher selten hergestellt wurden, lag daran, dass sie für das typische Anwendungsfeld der Steineisendecken im Wohn- und Geschäftshausbau überdimensioniert waren. Durch einen Aufbeton verstärkt, genügten viele ihrer einachsig bewehrten Konkurrenten ebenfalls, um die üblichen Spannweiten ohne zusätzliche Deckenträger zu überbrücken.¹⁵⁹

Einige der kreuzweise bewehrten Steineisendecken wurden durch Aufbringen sehr starker Druckbetonschichten zudem als Eisenbetonkonstruktion ausgebildet. Dies gilt unter anderem für die Hohlsteindecke Cracoanu (Nr. 63), die Hawag-Decke (Nr. 66) und die Cella-Hohlsteindecke (Nr. 70). Doch die kreuzweise bewehrten Eisenbetondecken sollten auf den Baustellen ebenfalls eine Seltenheit bleiben. Dieser Umstand beruhte nicht allein auf dem oben bereits genannten Sachverhalt, sondern auch auf amtlichen Bestimmungen, die dieser Konstruktionsweise nicht sonderlich zuträglich waren.¹⁶⁰

- Stoßfugenlose Steineisen- und Füllkörperrippendecken

Zwischen 1907 und 1910 entwickelten die Konstrukteure verschiedene Möglichkeiten zum Verschluss der Ziegelhohlräume (siehe Kap. 5.1.4). In dieser Zeit erhielten fast ausschließlich Decken aus verschlossenen Hohlziegeln sowie „Verfahren zum Abschließen der durchgehenden Hohlräume von Bausteinen“ einen Patentschutz (Typen V.3, V.4 und V.5).

Neben dem Verschluss der Hohlräume durch vor die Ziegel gelegte Scheiben aus Pappe oder Blech bestand eine weitere Möglichkeit, die Steineisendecken mit Mörtel zu vergießen, ohne dass dieser in die Hohlräume eindrang. Diese wurde darin gesehen, die Decke stoßfugenlos auszubilden, d. h. die Hohlziegel ohne die Verwendung von Mörtel mit ihren Stirnseiten direkt aneinander zu legen.

Ein charakteristischer Vertreter hierfür ist die Reformhohlsteindecke (Nr. 44), die von Paul Bastine 1913 in der zweiten Auflage des Handbuchs für Eisenbetonbau im Kapitel „Eisensteindecken“ als Steineisendecke beschrieben wurde.¹⁶¹ Zehn Jahre später findet sich der wörtlich übernommene Text in der dritten Auflage unter der Überschrift „Eisenbetondecken – Einfach bewehrte Hohlkörperrippendecken“ wieder.¹⁶²

¹⁵⁸ Hier ist anzufügen, dass die Vorteile der Scheibentragwirkung sowie der Querverteilung von Einzellasten damals noch nicht Gegenstand öffentlicher Diskussionen waren.

¹⁵⁹ Böhm-Gera (1917), S.82-85.

¹⁶⁰ Roll (1924), S.32; Über die Auswirkung von „Bestimmungen“ auf Bauweisen im allgemeinen und über einige Erfahrungen im Verbundbau vom baupolizeilichen Standpunkt. In: BuE 24 (1925), S.72-77, hier 73.

¹⁶¹ Bastine (1913), S.28-30.

¹⁶² Bastine (1923), S.102-104.

Die von Bastine vollzogene Umordnung bleibt unkommentiert und kennzeichnet die zu jener Zeit bestehende Unsicherheit bezüglich der Einordnung der Reformhohlsteindecke sowie vergleichbarer Konstruktionen (Decken der Typen IV.2 und IV.3).

Bastines Beschreibung der Reformhohlsteindecke basiert in ihren Hauptzügen auf einem Artikel der Zeitschrift „Armierter Beton“. Dort ist die Decke wie folgt beschrieben:

„die Stärke des Überbetons beträgt 4-8 cm ... Die Betonrippen zwischen den einzelnen Steinen finden in den schwalbenschwanzförmigen Ausbuchtungen der seitlichen Begrenzungsflächen der letzteren das denkbar beste Auflager, und es wird schon allein hierdurch die unbedingte Gewähr dafür geboten, dass die Steinplatte und der Überbeton tatsächlich zu einem Körper verschmelzen ... Durch die günstige Steinform, welche an sich, wie geschildert, den innigen Zusammenhang zwischen Hohlsteinplatte und Überbeton gewährleistet, ist man in der Lage, die Steine trocken verlegen zu können, während bei den sonst bekannten Steindecken stets ein regelrechtes Vermauern der Steine erforderlich ist.“¹⁶³

Nach dieser Darstellung wird die Reformhohlsteindecke gleichzeitig zwei unterschiedlichen Deckenarten zugeordnet, wobei das Wesentliche jeweils außer Acht blieb:

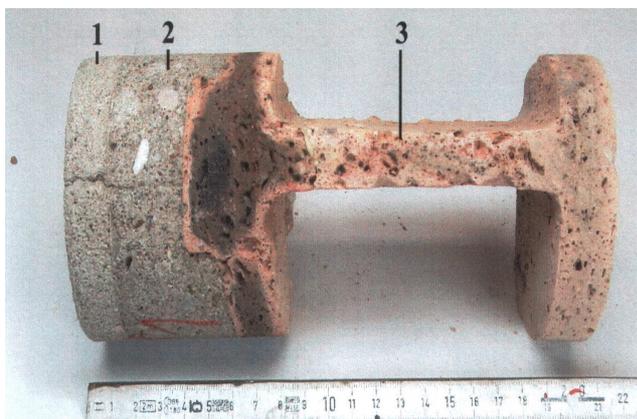


Abb. 3-11: Reformhohlsteindecke als Stein-eisenkonstruktion

Zum einen findet sich eine Stein-eisen-decke mit einer Aufbetonschicht beschrieben, bei der es darauf ankam, dass der Aufbeton einen festen Verbund mit den Ziegeln einging, um eine „unbedingte Gewähr“ zu leisten, „dass die Steinplatte und der Überbeton tatsächlich zu einem Körper verschmelzen“. Aber der gleichermaßen erforderlichen kraftschlüssigen Verbindung der Ziegel im Bereich ihrer Stoßfugen wird keine Bedeutung beigemessen (Abb. 3-11).¹⁶⁴

Zum anderen findet sich eine Deckenart beschrieben, die sich aufgrund der Aufbetonschicht von über 5 cm zu einer Decke wandelte, die entsprechend dem *Runderlass, betreffend baupolizeiliche Behandlung ebener massiver Decken bei Hochbauten* aus dem Jahre 1909, als Eisenbetonkonstruktion zu berechnen war.¹⁶⁵ Bei besagter neuer Deckenart, der Füllkörperrippendecke, war es nicht von Bedeutung, die Ziegel untereinander zu vermörteln, denn diese fungierten lediglich als verlorene

¹⁶³ Vergleich der Kostenberechnungen einer Betondecke mit einer Hohlsteindecke. In: AB 3 (1910), S.30-35, hier 30f.

¹⁶⁴ Zu Eignung der Reformhohlsteindecke als Stein-eisen-decke siehe Band 3, Anlage 5: Tragfähigkeitsmindernde Befunde – Weit verbreitete Deckensysteme, Nr. 44.

¹⁶⁵ Amtliche Mitteilungen. In: ZdB 29 (1909), S.81. (bezüglich der Sinnhaltigkeit der 5-cm-Grenze siehe Kapitel 8.3.3)

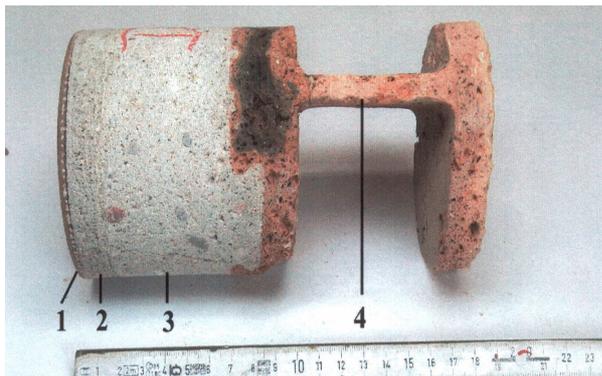


Abb. 3-12: Reformhohlsteindecke als Eisenbetonkonstruktion

Schalung, die die Funktion hatte, eine ebene und leicht zu putzende Deckenuntersicht zu erzeugen. Da den Ziegeln Druck- und Schubspannungen rechnerisch nicht zugewiesen werden durften, konnten sie außerdem von geringer Festigkeit sein. Infolgedessen war auch ein vollkommenes Verschmelzen von Beton und Füllkörper zu einem Körper statisch nicht erforderlich (Abb. 3-12).

Analog zu den Füllkörperrippendecken wurden Steineisendecken mitunter ebenfalls ohne Mörtel in den Stoßfugen hergestellt. Bei den auf diese Weise errichteten Steineisendecken bestand jedoch keine Gewähr für die ordnungsgemäße Übertragung der Druckkräfte zwischen den Ziegeln. Trotzdem wurde erst im Jahre 1925 in den *Bestimmungen für Ausführung ebener Steindecken* gefordert, bei Steineisendecken die Stirnflächen der Ziegel grundsätzlich zu vermauern.¹⁶⁶ Dessen ungeachtet stellten viele Unternehmer die besagten Decken weiterhin ohne Mörtel in den Stoßfugen her, da die Vermauerung der Ziegel den Arbeitsvorgang wesentlich erschwerte.¹⁶⁷

Um 1920 war es bei der Herstellung von Steineisen- und Füllkörperrippendecken gängig, sehr hohe Ziegel zu verwenden. So sind unter anderem für die Schiller-Decke (Nr. 41) und die Wörnersche Hüftenrippendecke (Nr. 45) Hohlziegel von bis zu 25 cm Höhe, für die Reformhohlsteindecke (Nr. 44) bis 28 cm Höhe auf den Markt gekommen. Dort, wo die großen Formate grundsätzlich nicht erhältlich oder gerade nicht verfügbar waren, behalf man sich mit dem Aufbringen einer zweiten Lage Hohlziegel auf der ersten. Als so genannter Aufsattelziegel kam, vor allem wenn die Nulllinie in den Ziegelquerschnitt fiel, oftmals der einfache, rechtwinklig geschnittene Hohlziegel in Höhen von 10 cm, 12 cm und 15 cm zur Verwendung.¹⁶⁸

Aufgrund der Möglichkeit, die Ziegel ohne Stoßfugen trocken zu verlegen, waren Maurerleistungen bei den Füllkörperrippendecken nicht mehr erforderlich. Daher betrug die Kosten für das Verlegen der

¹⁶⁶ B. Bestimmungen für Ausführung ebener Steindecken. In: Deutscher Ausschuss für Eisenbeton. (1925), S.30-34, hier 31.

¹⁶⁷ In den Jahren nach 1925 wurden die Baupolizeiämter deshalb aus den Fachkreisen wiederholt aufgefordert, strenger als bisher darauf zu bestehen, dass die Bestimmungen eingehalten werden. Die Steineisendecken einerseits und die Füllkörperrippendecken andererseits sollten entsprechend ihrer unterschiedlichen statischen Betrachtungsweise auch verschiedenartig, d. h. die ersteren mit Vermauerung der Ziegel, ausgeführt werden. Aber selbst um 1930 wurden bei geringen Spannweiten die Ziegel der Steineisendecken mitunter ohne Mörtel verlegt. Die verantwortlichen Behörden einiger Länder ließen solche Deckenausführungen noch immer zu. Es gab von ihrer Seite lediglich die Bedingung, dass die Ziegel mit ihren Stirnseiten dicht gegeneinander zu legen waren. Vgl.: Hohlkörperdecken als „Eisenbetonrippendecken“ – oder als „Steineisendecken“. In: BuE 27 (1928), S.227f; Fabrikmäßig hergestellte Eisenbetonbalkendecken und ebene Steindecken. In: BuE 29 (1930), S.397.

¹⁶⁸ Roll (1924), S.19; Tonindustrie Kalender 1927 (1927), S.21-24.

Im Jahre 1925 wurde die Ziegelhöhe für Steineisendecken auf 20 cm begrenzt, damit betrug die maximale Höhe der Steineisendecken inklusive Aufbeton 25 cm. Die zusätzlichen Aufsattelziegel wurden erst 1932 verboten. Vgl.: Roll (1932), S.28; B. Bestimmungen für Ausführung ebener Steindecken. In: Deutscher Ausschuss für Eisenbeton. (1925), S.30-34, hier 31.

als Füllkörper dienenden Ziegel im Vergleich zu den in den Stoßfugen vermauerten Hohlziegeln der Steineisendecken nur etwa die Hälfte.¹⁶⁹

Füllkörperrippendecken gelangten zahlreich zur Anwendung. Dies führte auch zum Erstarren des Eisenbetondeckenbaus.¹⁷⁰

Aus den vorangegangenen Ausführungen resultiert, dass im betrachteten Zeitraum von 1892 bis 1925 lediglich die Idee, die Ziegel nicht mehr mit Mörtel zu vermauern, sondern zu vergießen, zur Innovation reifte und eine breite wirtschaftliche Anwendung erfuhr. Bereits mit der Einführung des Fugenvergusses ging die Entwicklung des Betonierens von Aufbetonschichten einher. In Einzelfällen geschah dies schon recht früh. Zwar diente die Aufbetonschicht ursprünglich nur dazu, die zur Herstellung der Steineisendecken verwendeten Ziegel in ihrer Höhe an die statisch erforderliche Rohdeckenhöhe anzugleichen, doch schon bald wurden die Aufbetonschichten stärker und die Steineisendecken mutierten zu Eisenbetondecken.¹⁷¹ Parallel dazu kam es zur Herausbildung von Decken, die es dem Ingenieur und Architekten nicht ganz einfach machten, ihre Eigenschaften in technischer und wirtschaftlicher Beziehung richtig zu beurteilen. So waren einige Steineisen- und Eisenbetondecken um 1910 mitunter kaum voneinander zu unterscheiden.¹⁷²

¹⁶⁹ Vergleich der Kostenberechnungen einer Betondecke mit einer Hohlsteindecke. In: AB 3 (1910), S.30-35, hier 31.

¹⁷⁰ Als ein Ergebnis der verstärkten Anwendung der Füllkörperrippendecken erschien zum Ende des Jahres 1913 der von da ab im Landespolizeibezirk Berlin für die Berechnung und Ausführung gültige *Erlass des Berliner Polizeipräsidioms für Eisenbetonrippendecken*. Vgl.: Amtliche Bestimmungen über die Berechnung und Ausführung von Hohlsteindecken. Erlass des Berliner Polizeipräsidioms für Eisenbetonrippendecken. In: Böhm-Gera (1917), S.137-140.

¹⁷¹ Erst durch den Runderlass zu Beginn des Jahres 1909 war die Behandlung von Steineisendecken mit Aufbetondicken von 5 cm und mehr als Eisenbetondecke festgelegt worden. Diese eindeutige Regelung war zehn Jahre nach ihrem Inkrafttreten jedoch noch nicht jedem Baupolizeibeamten gegenwärtig. So existiert beispielsweise ein Bericht über die Ausführung einer Kleineschen Decke, die um 1920 mit einem Aufbeton, der größer als 5 cm war, hergestellt wurde und somit als Eisenbetondecke anzusehen war. Von der Baupolizei wurde dennoch verlangt, die Decke als Steineisendecke zu berechnen. Erst nach eingehenden Verhandlungen gelang es, die prüfende Stelle davon zu überzeugen, dass es sich bei dieser Decke nicht um eine Steineisendecke handelte. Vgl.: Roll (1924), S.14; Amtliche Mitteilungen. In: ZdB 29 (1909), S.81; Die amtlichen Bestimmungen für ebene Steindecken und ihre Auslegung. In: BuE 27 (1928), S.386f, hier 386.

¹⁷² Neue Bauarten von Massivdecken. In: BuE 27 (1928), S.401.

3.4 Stagnation der Steineisendeckenentwicklung nach 1910

3.4.1 Der Einfluss von Krieg und Inflation auf das Bauwesen

Zu Beginn der 10er Jahre des 20. Jahrhunderts, als im Deutschen Reich die Steineisendecken immer mehr an Bedeutung verloren, waren auch von Seiten der Wirtschaft keine Impulse für einen neuerlichen Entwicklungsschub zu erwarten. Denn zu dieser Zeit begann im gesamten Deutschen Reich die industrielle Produktion aufgrund einer gewissen Marktsättigung nachzulassen. Schon seit 1912 gab es in Berlin einen deutlichen Rückgang des Baugeschehens zu verzeichnen. 1914 fiel im gesamten Reich die Konjunkturkurve deutlich ab, und die Inflation begann. Diese war ein gesamtwirtschaftlicher Prozess, der sich aufgrund politischer und wirtschaftlicher Konstellationen überall in Deutschland in ähnlicher Weise abspielte.¹⁷³

In den Jahren des Krieges bestand im Bauwesen keine Hoffnung auf einen Aufschwung; es herrschte Arbeitskräftemangel, und der für das Bauwesen wichtige Rohstoff Eisen wurde vornehmlich in Waffen- und Munitionsfabriken verarbeitet. Im Jahre 1917 beschlagnahmte die Bauten-Prüfstelle des Kriegsammtes schließlich das unter anderem auch für den Steineisendeckenbau essentielle Profil- und Bewehrungsseisen.¹⁷⁴

Daraus resultierte nach dem Krieg beispielsweise im Großraum Berlin ein extremer Wohnungsmangel, der sich durch die einsetzende Zuwanderung verstärkte. Obwohl zu dieser Zeit jährlich ca. 80.000 Menschen nach Berlin gelangten, war der daraus resultierende Bedarf an Wohnbauten nicht automatisch Motor für ein Erstarren oder gar eine Weiterentwicklung der Steineisendecken.¹⁷⁵

Aufgrund der kriegsbedingten, hohen Reparationszahlungen sowie der 1923 ihren Höhepunkt erreichenden Inflation war im Deutschen Reich kaum Kapital vorhanden. Weil Zement, Stahl und die zu deren Herstellung benötigte Kohle rar, teuer und zudem immer noch der Rationierung unterworfen waren, musste sich die Bauwirtschaft zwangsweise auf Ersatzbaustoffe umstellen. Mit ihrer Hilfe sollte die katastrophale Wohnungsnot so rasch und billig wie möglich behoben werden. Schlacken- und Bimssteine, Holzleichtbauplatten und andere Bauelemente kamen anstelle von Decken- und Mauerziegeln vermehrt zum Einsatz.¹⁷⁶

Um ihre wirtschaftliche Situation zu verbessern, schlossen sich in dieser Zeit zahlreiche Ziegelfabrikannten zum „Verband der Hohlstein-Fabrikanten“ zusammen. Hauptaufgabe des Verbandes, dessen Geschäftsstelle in Berlin eingerichtet wurde, war es, die grundsätzlichen Vorzüge des Deckenziegels

¹⁷³ Erbe, Michael: Berlin im Kaiserreich. In: Ribbe (1987), S.691-793, hier 726f; Köhler, Henning: Berlin in der Weimarer Republik. In: Ribbe (1987), S.797-923, hier 833.

¹⁷⁴ Zur Bekanntmachung betreffend Beschlagnahme und Bestanderhebung von Stab-, Form- und Moniereisen vom 7. Juni 1917. In: BuE 16 (1917), S.194f.

¹⁷⁵ Köhler, Henning: Berlin in der Weimarer Republik. In: Ribbe (1987), S.797-923, hier 863.

¹⁷⁶ Kuchler (1933), S.1; Im Zeichen der Ersatzbaustoffe. In: TIZ 45 (1921), S.256f, 276f;

anzupreisen sowie die Verkaufspreise für Deckenziegel zu kontrollieren. Doch obwohl sich ein großer Teil der Ersatzbaustoffe nicht bewährte, verlor die Ziegelwirtschaft für viele Jahre an Bedeutung.¹⁷⁷

3.4.2 Der Bedeutungsverlust der Steineisendecken

Die ursprünglich aus den Erfahrungen mit den Kappen- und Holzbalkendecken abgeleiteten Anforderungen an moderne Decken wurden bereits von den ersten Steineisendecken erfüllt. Seit Ende des 19. Jahrhunderts waren keine maßgeblichen Entwicklungsschritte zu verzeichnen. Einzig der Verguss der Hohlziegel anstelle ihrer Vermauerung veränderte die Art und Weise der Herstellung der Steineisendecken. Diese zeit- und kostensparende Fügemethode kam seit ca. 1905 nicht nur bei den neu entwickelten Steineisendecken, sondern auch bei den bereits auf dem Baumarkt etablierten Systemen verstärkt zur Anwendung. Als im Jahre 1907 der Patentschutz der Kleineschen Decke abgelaufen war, stand damit ein brauchbares und wirtschaftliches Deckensystem zur Verfügung, das nunmehr weder von Patent-, noch anderweitigen Lizenzgebühren belastet wurde. Aber auch andere Steineisendecken konnten zu jener Zeit bereits ohne Lizenz ausgeführt werden und waren in der Lage, sämtlichen baulichen Anforderungen zu genügen.

Nach 1910 reduzierte sich die Zahl der verschiedenen Systeme von Steineisendecken. Zahlreiche Variationen von Deckensystemen, die nicht zuletzt durch das Streben der Ziegelfabrikanten, Baufirmen, Architekten und anderer Konstrukteure nach einem eigenen wirtschaftlich vermarktbar Patent oder Gebrauchsmuster zu einem Auseinanderstreben der Systeme geführt hatten, verschwanden wieder vom Markt. Die Entwicklung und Anwendung der Steineisendecken erreichte zwischen 1915 und 1920 ihren Tiefpunkt. Die große Ära der Steineisendecken war zu Ende (Abb. 3-13)¹⁷⁸.

Auch die nach 1920 allmählich einsetzende Belebung der Bauwirtschaft brachte keine nennenswerte Wandlung. Erst in den späten 1930er Jahren sollten veränderte Zulassungsanforderungen an die Hohlziegel dann zu einem neuerlichen Aufschwung der Steineisendeckenentwicklung führen.

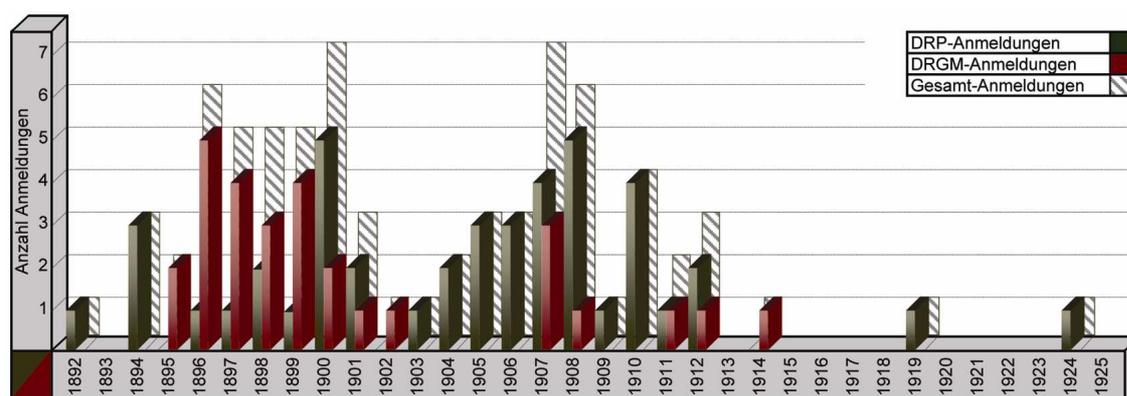


Abb. 3-13: Anzahl der Patent- und Gebrauchsmusteranmeldungen

¹⁷⁷ Vermischtes. In: BuE 22 (1923), S.87.

¹⁷⁸ Wurden in den Jahren von 1900 bis 1912 noch 45 Steineisendecken unter Urheberschutz gestellt, so waren zwischen 1913 bis 1925, und damit ebenfalls in einem Zeitraum von 13 Jahren, lediglich drei Deckensysteme als Neuerung angemeldet worden.

4 Verbreitung der Steineisendecken

Von den 71 im beiliegenden Katalog erfassten Decken erlangte ein Großteil nur eine geringe bzw. örtlich stark begrenzte Bedeutung. Im folgenden Kapitel wird analysiert, welche der zahlreichen Deckensysteme sich zu den am weitest verbreiteten entwickeln konnten.

Einflussfaktoren, die ausschlaggebend für die Verbreitung jeder Steineisendecke waren, sind:

- die statischen, architektonischen und bauphysikalischen Eigenschaften der Decke,
- die Verfügbarkeit der Baustoffe,
- der mit der Herstellung der Baustoffe sowie des eigentlichen Deckenfeldes verbundene handwerkliche und finanzielle Aufwand und
- die Präsenz spezieller Ziegel und Decken in der Literatur.¹⁷⁹

Über die statischen, architektonischen und bauphysikalischen Charakteristiken der Steineisendecken informiert das Kapitel 3.2.2, die Eigenschaften von Ziegeln und Bewehrung sind in den Kapiteln 5.1 und 5.2 dargelegt.

Zunächst soll über die Verfügbarkeit der Baustoffe Auskunft gegeben werden. Dazu werden eingangs die Transportwege der Baustoffe vom Hersteller zum Verbraucher untersucht, wobei die damaligen Transportmöglichkeiten für Ziegel den Schwerpunkt darstellen.

Die an die Baustoffe geknüpften Anforderungen mit dem Ziel, auf handwerklich einfache Weise finanziell günstige Steineisendecken herstellen zu können, werden beispielhaft anhand der Beschreibung des bauzeitlich gebräuchlichsten Hohlziegels zusammengefasst. Ausführliche Informationen über die Herstellung der Ziegel sowie der Deckenfelder enthält Kapitel 5.1.3 sowie Band 2.

Aus der Präsenz spezieller Ziegel und Decken in der Literatur und den baupolizeilichen Regelungen können erste Schlüsse auf die regionale Bedeutung von Steineisendecken gezogen werden.

Ausschlaggebend für die Benennung der am weitest verbreiteten Steineisendecken ist die Identifikation der Produktionspaletten einzelner Ziegeleien. Diese erfolgt durch Auswertung historischer Bezugsquellenverzeichnisse und Erhebungen.

Die erarbeitete Klassifizierung der Verbreitung ermöglicht es, zukünftige Forschungsarbeiten (siehe Kapitel 11.8) an den historischen Steineisendecken auf die tatsächlich weit verbreiteten Deckensysteme zu konzentrieren.

¹⁷⁹ Die Präsenz spezieller Ziegel und Decken in der historischen Literatur konnte sowohl Ursache für die Verbreitung bestimmter Deckensysteme als auch Ausdruck für deren Verbreitung sein. D. h. je bekannter ein bestimmtes Deckensystem war, desto häufiger wurde dieses System in der Regel in der Literatur erwähnt. Gleichzeitig gilt, dass eine häufige Behandlung in der Literatur den Bekanntheitsgrad des Deckensystems förderte.

4.1 Die Verbreitung beeinflussende Faktoren

4.1.1 Verfügbarkeit der Hohlziegel

Weil Deckenhohlziegel in der Regel nur für Steineisendecken Verwendung fanden, hielt man sie nicht allerorten vorrätig. Für die Verbreitung der Steineisendecken war die Verfügbarkeit der Hohlziegel allerdings aus nahe liegenden Gründen von großer Bedeutung, daher wird im Folgenden der Transport der Hohlziegel eingehend untersucht.¹⁸⁰

Bereits um 1900 ermöglichte es das über das gesamte Reichsgebiet ausgedehnte Eisenbahnnetz, Ziegel nahezu an jeden Ort zu transportieren. Obwohl die infrastrukturelle Ausgangssituation somit sehr komfortabel war, barg der Transport der Ziegel per Eisenbahn dennoch gewisse Probleme. Beispielsweise wurden die Ziegel häufig in offenen Waggons ohne jeglichen Schutz gegen widrige Witterungseinflüsse transportiert. Waren sie längere Zeit Niederschlägen ausgesetzt, erhöhte sich ihr Gewicht bis zum Erreichen des Bestimmungsortes nicht selten um 10-15 %. Darüber hinaus gingen oftmals Teile der filigranen Hohlziegel beim Ankoppeln und Rangieren der Waggons zu Bruch. Die aufgrund des Mehrgewichtes erhöhten Transportkosten hatte der Auftraggeber ebenso zu tragen wie den finanziellen Verlust aufgrund von transportbedingten Beschädigungen der Hohlziegel.¹⁸¹

Bis zum Anfang des 20. Jahrhunderts erfolgte der Transport von Deckenziegeln auf dem Wasserweg mittels Zillen, eigens für die Flussschifffahrt gebauten flachen Frachtkähnen. Deren Fahrtdauer konnte nicht von vornherein bemessen werden, da sie mitunter längere Zeit auf Durchschleusungen zu warten hatten. Außerdem konnte es bei der Entladung zu Verzögerungen kommen, weil die Ziegel von Hand auf Schubkarren gepackt und an Land gebracht werden mussten. Dort wurden sie zumeist erst aufgestapelt, bevor sie später per Fuhrwagen in das eigentliche Zwischenlager oder direkt auf die Baustelle transportiert werden konnten. Durch die vielen Handgriffe wurde die Ware häufig unansehnlich, vermehrt traten Beschädigungen auf.¹⁸²

Mit dem Ziel, die aufgezeigten Widrigkeiten abzustellen sowie den eigentlichen Transport zu beschleunigen, wurden im Berliner Raum ab 1906 elektrisch betriebene Kähne und elektrische Entladekräne eingeführt. Gegenüber den herkömmlichen Kähnen waren die Motor-Kähne deutlich

¹⁸⁰ Der zur Herstellung des Mörtels erforderliche Sand kam oftmals in der näheren Umgebung seines späteren Verwendungszweckes vor und wurde mittels Fuhrwerken zur Baustelle transportiert. Neben dem Sand war auch der Zement ein Grundbaustoff des klassischen Mauerwerk-, Beton- und Eisenbetonbaus. Daher war er in der Regel beim ortsansässigen Baustoffhandel vorrätig und über diesen zu beziehen. Gleiches gilt für die Bewehrungsseisen. Zum Baustoffhandel gelangten Zement und Bewehrungsseisen meistens per Schiff oder Eisenbahn. Für den Weg von der Entladestelle der Kähne oder dem Bahnhof zum Baustoffhandel sowie zur Baustelle kamen hauptsächlich Fuhrwerke als Transportmittel zum Einsatz.

¹⁸¹ Zwar war die Eisenbahnverwaltung verpflichtet, Schäden, die durch nachweisbar unsachgemäßes Rangieren entstanden waren, zu ersetzen, doch konnte dies vom Auftraggeber nur selten zweifelsfrei belegt werden. Vgl.: Österreichischer Tonindustrie-Verein in Wien. In: TIZ 25 (1901), S. 2035-2042, hier 2041; Brief- und Fragekasten. Frage 43c. Bruch bei Deckenziegeln. In: TIZ 31 (1907), S.57; Haftung der Eisenbahn für zerbrochene Güter. In: TIZ 31 (1907), S.531f; Bruch bei Deckenziegeln. In: TIZ 31 (1907), S.686.

¹⁸² Welche Zwecke und Ziele verfolgt die in Berlin neu gegründete Ziegeltransportgenossenschaft? In: TIZ 31 (1907), S.469-471, hier 471.

schneller. Die Entladung der Motor-Kähne konnte mittels elektrischen Entladekränen innerhalb weniger Stunden erfolgen. Mit einem neu entwickelten Wagenkasten wurden die Ziegel direkt auf die Fuhrwerke gehoben. Das Ergebnis war, dass die Transportzeit der Ziegel vom Erzeuger zum Verbraucher um zwei Drittel reduziert werden konnte. Somit wurden sowohl die Wasserstraßen als auch die Entladestellen um ein Vielfaches leistungsfähiger gemacht. Der folgende Einsatz der beschriebenen neuen Gerätschaften im gesamten mitteldeutschen Wirtschaftsgebiet sorgte dort in Verbindung mit der Vielzahl der schiffbaren Wasserwege für einen zusätzlich Auftrieb der ohnehin schon hoch entwickelten Hohlziegelindustrie. Neben den Schifffahrtswegen im Großraum Berlin kam dabei vor allem der Elbe mit ihren Nebenflüssen Saale, Unstrut und Elster eine beachtliche Bedeutung zu.¹⁸³

Die bedeutendste Schifffahrtsstraße für den Gütertransport war der Rhein. Er verlieh allen westlichen Ländern und Provinzen des Deutschen Reiches eine logistisch gleichwertige Stellung und ermöglichte eine problemlose Belieferung aller durch ihn verbundenen Regionen. Über Rhein, Ems, Weser und Elbe gelangten Hohlziegel für Steineisendecken ebenfalls in den Norden des Deutschen Reiches und konnten über Nord- und Ostsee sogar international verschifft werden.¹⁸⁴

Obwohl der weit größere Teil der für die Herstellung der Steineisendecken benötigten Hohlziegel per Eisenbahn transportiert wurde, kommt der Schifffahrt eine wesentliche Bedeutung bei der Verbreitung der Steineisendecken zu. So ist bei Betrachtung der Übersicht „Verbreitung der Deckensysteme“ (siehe Band 3, Anlage 4)¹⁸⁵ zu erkennen, dass Steineisendecken verstärkt entlang der großen Flüsse Verbreitung fanden. Vor allem entlang des Rheins und der Elbe sowie deren Nebenflüssen ist eine Ansammlung von Steineisendecken zu verzeichnen. Darüber hinaus wurde die Herausbildung des deutschen Steineisendecken-Ballungszentrums im Großraum Berlin von den dort zahlreich vorhandenen schiffbaren Wasserwegen begünstigt.

4.1.2 Eigenschaften der Hohlziegel

In den Kapiteln 3.3.2 (Erfindungen und Innovationen im Steineisendeckenbau) und 5.1.3 (Hohlziegel) werden die historischen Hohlziegelformen ausführlich beschrieben. Im Folgenden sollen die statischen, architektonischen und wirtschaftlichen Anforderungen zusammengefasst werden, die an die zur Herstellung von Steineisendecken zu verwendenden Hohlziegel zu stellen waren.¹⁸⁶

¹⁸³ Hoffmann (1926), S.33f; Welche Zwecke und Ziele verfolgt die in Berlin neu gegründete Ziegeltransportgenossenschaft? In: TIZ 31 (1907), S.469-471, hier 470; Die neuen Bestimmungen für die Ausführung ebener Steindecken. In: DBt 3 (1925), S.512-523, hier 521.

¹⁸⁴ Hoffmann (1926), S.33f.

¹⁸⁵ Die Übersicht bildet das Deutsche Reich innerhalb der Landesgrenzen vor dem ersten Weltkrieg ab. Bei den dargestellten Eisenbahnlinien handelt es sich um die zu dieser Zeit vorhandenen Hauptlinien. Die eingezeichneten Flüsse und Kanäle stellen die schiffbaren Hauptwasserstraßen dar. Alle Daten wurden zeitgenössischem Kartenmaterial entnommen. Vgl.: Pfohl (o. A.); Opitz (1912) u. a.

¹⁸⁶ Die bauphysikalischen Eigenschaften einer Steineisendecke, wie beispielsweise der Schallschutz, wurden in der Hauptsache von der Gesamtkonstruktion einschließlich des Fußbodenaufbaus bestimmt und hingen nicht von der Art der verwendeten Ziegel ab. Darüber hinaus waren die bauphysikalischen Eigenschaften aller Hohlziegelformen grundsätzlich vergleichbar und bleiben daher hier außer Betracht.

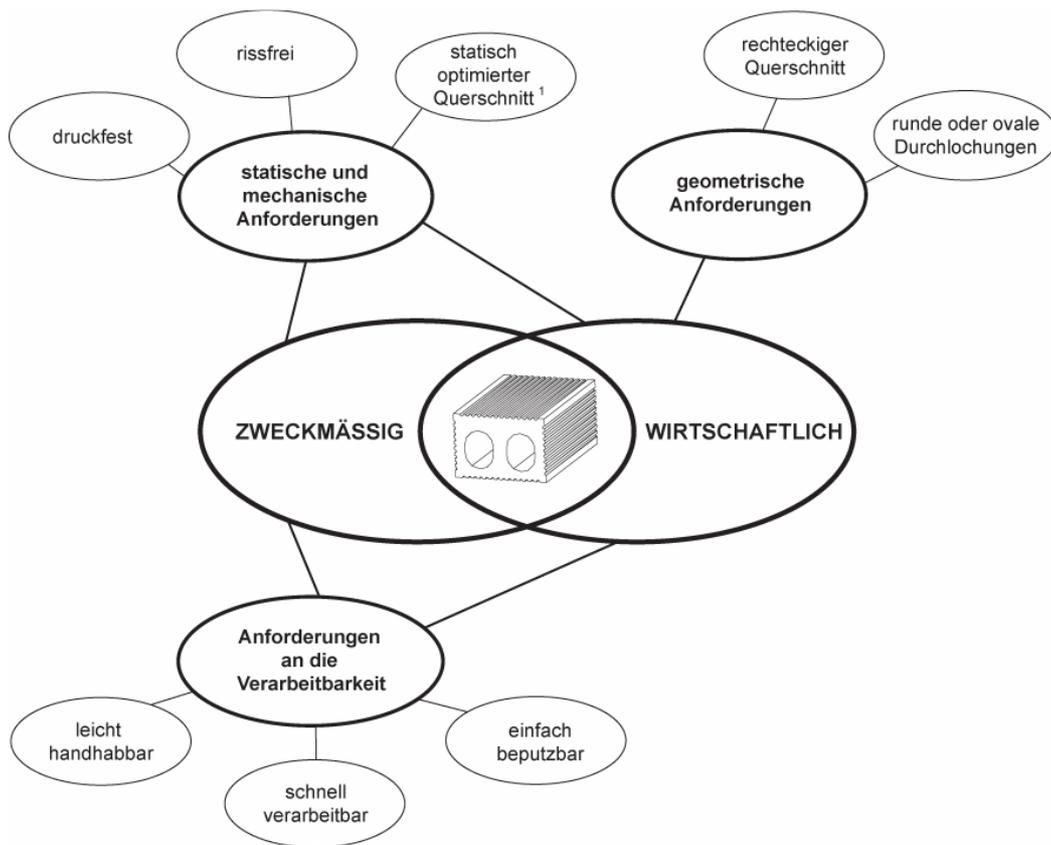
- Aus statischer Sicht waren der Druckfestigkeit der Hohlziegel hohe Bedeutung beizumessen und die Hohlräume folglich möglichst auf den statisch wenig beanspruchten Querschnittsbereich zu beschränken.
- Weiterhin sollten die Ziegel die Herstellung lotrechter, mindestens 2 cm breiter, ebener Mörtelfugen ermöglichen und das Aufbiegen der Bewehrung gestatten.
- Durch die Verwendung von geeigneten Zuschlagstoffen bei der Herstellung konnten Hohlziegel gewonnen werden, die rissfrei, aber aufgrund eines hohen Porenanteils möglichst leicht waren. Risse im Ziegelquerschnitt konnten auch dadurch vermieden werden, dass man allen Wandungen die gleiche Stärke verlieh.¹⁸⁷
- Damit Fugenmörtel und Putz gut hafteten, konnten die Außenflächen der Ziegel mit kleinen, ausgerundeten Rillen versehen werden.
- Um eine gleichmäßige Untersicht der Steineisendecken zu erreichen, bot sich die Verwendung von Ziegeln mit Sohleisten an, die jedoch höhere Herstellungskosten verursachten.¹⁸⁸
- Preiswert ließen sich Hohlziegel mit runden oder ovalen Durchlochungen herstellen, da diese mit geringerem Kraftaufwand als beispielsweise Hohlziegel mit viereckigen, scharfkantigen Löchern gepresst werden konnten.
- Damit Steineisendecken ohne großen Aufwand in den statisch erforderlichen Querschnittshöhen hergestellt werden konnten, erwiesen sich Hohlziegel in einer Staffelung des Formates in Schritten von 2-3 cm und mit Höhen zwischen 10 cm und 20 cm als am geeignetsten.
- Schließlich sollten die Ziegel handlich bleiben und somit 25 cm Länge kaum überschreiten.¹⁸⁹

Bei Betrachtung der bauzeitlichen Hohlziegel (siehe Band 3, Anlage 8: Übersicht der Steine und Ziegel) stellt sich der einfache rechteckig geschnittene Hohlziegel als der zur Herstellung von Steineisendecken am besten geeignete Hohlziegel dar. Die oben genannten Anforderungen werden durch diesen größtenteils erfüllt (Abb. 4-1). Daher ist für Steineisendecken, die aus einfachen rechteckig geschnittenen Hohlziegeln hergestellt wurden, mit einer weiten Verbreitung zu rechnen.

¹⁸⁷ Waldegg (1891), S.53; Roll (1924), S.37f.

¹⁸⁸ Die für den Verguss des Deckenfeldes idealen allseitig geschlossenen Hohlziegel fallen aus der vorliegenden Betrachtung heraus, da sie nur mit einem unverhältnismäßig hohen finanziellen Aufwand herzustellen waren (siehe Kapitel 5.1.4).

¹⁸⁹ Kerl (1907), S.770; Roll (1924), S.28, 37f; Die gebräuchlichsten porösen Deckenhohlziegelformen. In: TIZ 32 (1908), S.1944-1946.



¹ Hohlräume aus dem Druckbereich in den weniger beanspruchten Bereich verschoben

Abb. 4-1: Anforderungen an Hohlziegel

4.1.3 Präsenz der Ziegel und Decken in der historischen Fachliteratur

Neben der Zweckmäßigkeit und Wirtschaftlichkeit der Hohlziegel sowie der daraus herzustellenden Steineisendecken war der Bekanntheitsgrad spezieller Ziegel und Decken für deren Verbreitung von Bedeutung. Dabei kam neben der direkten Vermarktung der jeweiligen Steineisendecke durch den Patentinhaber und die Lizenznehmer auch deren Präsenz in der Fachliteratur eine große Bedeutung zu.

Die meisten deckenspezifischen Veröffentlichungen beschäftigten sich mit Steineisendecken aus einfach geschnittenen rechteckigen Hohlziegeln. So wurde beispielsweise die Kleinesche Decke (Nr. 1) bis zum 1. Weltkrieg in 13 Fachartikeln und 16 den allgemeinen Deckenbau behandelnden Büchern besprochen. Dabei erschienen sämtliche Zeitschriftenartikel vor 1900 und somit zeitnah zur Erfindung und Markteinführung der Decke. Für die schnelle Verbreitung einer Decke waren daher vor allem die Veröffentlichungen in den Fachzeitschriften verantwortlich.¹⁹⁰

¹⁹⁰ Doch nicht nur Veröffentlichungen über spezielle Steineisendecken dienten deren Verbreitung, sondern ebenso zahlreiche Fachvorträge. Besonders die auf Einladung des Tonindustrievereins gehaltenen Vorträge hinterließen bei den zum großen Teil das Publikum bildenden Ziegeleibesitzern ihre Spuren. Veranstaltungen dieser Art waren gerade in den ersten Jahren nach Erfindung der Steineisendecken im Deutschen Reich beliebt und kamen dementsprechend den frühen Steineisendecken zugute. Vgl.: TIZ 25 (1901), S.608.

Die ausgewerteten Veröffentlichungen machen jedoch deutlich, dass bereits ab 1900 die Besprechungen und Diskussionen spezieller Decken in den Fachzeitschriften immer seltener wurden. Im Allgemeinen fanden die nach 1900 erfundenen Steineisendecken keine den frühen Steineisendecken vergleichbare Präsenz in der Literatur. Begründen lässt sich dies mit dem bis dahin bereits erreichten Bekanntheitsgrad der Steineisendecken.

In den Veröffentlichungen mit allgemeinem Charakter, wie zum Beispiel Zahlentafeln, findet sich fast ausnahmslos die Kleinesche Decke als Referenzdecke dargestellt. Zwar wird sie nicht namentlich erwähnt, aber anhand der Abbildungen lässt sie sich dennoch eindeutig als Berechnungsbeispiel bestimmen.¹⁹¹

Zudem ist die Kleinesche Decke als einzige Steineisendecke in Veröffentlichungen mit Gesetzescharakter erwähnt.

In der Baupolizeiordnung für den Stadtkreis Berlin vom 2. November 1897 hieß es in dem die Viehställe behandelnden § 26: „Statt der gewölbten Decken sind auch andere gleichwertige feuerfeste Deckenkonstruktionen, etwa nach System Kleine ... zulässig.“¹⁹² Hier kann sogar von einer Bevorzugung der Kleineschen Decke vor anderen Steineisendecken gesprochen werden.

„Steinplatten der üblichen Kleineschen Art können, wenn auch die Nulllinie bei der Berechnung in die Hohlräume fällt, wie bisher unter Voraussetzung eines vollen Querschnittes als Platten (nicht Plattenbalken) berechnet werden“¹⁹³, hieß es in einer Verfügung des Berliner Polizeipräsidenten von 1909. Dieser Passus hätte nicht nur allgemeinverbindlich eingeleitet werden können, beispielsweise: „Steineisendecken können, wenn auch die Nulllinie ...“, sondern brachte zudem keinerlei Veränderung gegenüber der bisher gewohnten Berechnungsweise.

Neben diesen für den Berliner Raum gültigen Gesetzen führten auch für Preußen oder das gesamte Deutsche Reich gültige Bestimmungen vereinzelt die Kleinesche Steineisendecke an. So fand sich die „Bauart Kleine und ähnliche“ nicht nur in den Bestimmungen über die bei Hochbauten anzunehmenden Belastungen und die Beanspruchungen der Baustoffe aus dem Jahre 1910 erwähnt, sondern auch in den 1925 erstmals erschienenen Steineisendecken-Bestimmungen.¹⁹⁴

Durch die explizite Erwähnung in den historischen baupolizeilichen Regelungen findet die Kleinesche Decke (Nr. 1) teilweise eine gewisse Bevorzugung vor anderen Systemen. Infolgedessen sowie aufgrund der zahlreichen weiteren Erwähnungen dieses Deckensystems in der historischen Fachliteratur, die von keinem anderen Deckensystem auch nur annähernd erreicht werden, ist für die Kleinesche Steineisendecke eine Verbreitung zu erwarten, die alle anderen Steineisendecken übertrifft.

¹⁹¹ Günther (1908), S.45; Weidmann (1910), S.64.

¹⁹² Baltz (1900), S.221.

¹⁹³ Böhm-Gera (1917), S.143.

¹⁹⁴ Amtliche Mitteilungen. In: ZdB 33 (1913), S.101-110, hier 103; B. Bestimmungen für Ausführung ebener Steindecken. In: Deutscher Ausschuss für Eisenbeton. (1925), S.30-34, hier 34.

4.2 Überregional verbreitete Steineisendecken

Die Verbreitungsgebiete aller im Folgenden genannten Steineisendecken werden zusammenfassend in der Übersicht „Verbreitung der Deckensysteme“ (siehe Band 3, Anlage 4) dargestellt.

Aus den vorgenannten Sachverhalten ließen sich erste Indizien dafür gewinnen, welche Steineisendecken innerhalb des Deutschen Reiches zu einer weiten Verbreitung gelangt sein könnten. Die Dauer des Patent- oder Gebrauchsmusterschutzes jedes Deckensystems stützt die Vermutungen über dessen Bedeutung für die Praxis zusätzlich. Ob ein Deckensystem in der Praxis tatsächlich angenommen wurde und oft zur Ausführung gelangte, lässt sich mit Gewissheit allerdings nur durch die Auswertung der folgenden historischen Dokumentationen feststellen:

- Produktionspaletten/ Bezugsquellenverzeichnisse einzelner Ziegeleien
- historische öffentliche Erhebungen zu den Hohlziegel herstellenden Ziegelfabriken.

4.2.1 Decken aus einfachen, rechteckigen Hohlziegeln

Die oben geäußerte Vermutung, dass die Kleinesche Decke (Nr. 1, Patentschutz 15 Jahre) eine hervorragende Verbreitung erfuhr, wird durch eine im Jahre 1908 veröffentlichte Erhebung der „Tonindustrie-Zeitung“ bestätigt. Um die Verbreitung von Deckenziegeln im Deutschen Reich in Erfahrung zu bringen, wurden alle Ziegelfabriken, die Hohlziegel herstellten, angeschrieben. Dabei stellte sich heraus, dass in den meisten Ziegeleien der „Kleinesche Deckenziegel“ in bedeutender Größenordnung gefertigt wurde.

„Es fertigen diesen einfachen, porösen Ziegel eine Anzahl von Ziegeleien an, die mehr als doppelt so groß ist, als die, welche die nächstfolgende Sorte bevorzugt.“¹⁹⁵

Im Jahre 1911 erscheint in der vom Stahlwerk-Verband herausgegebenen 3. Auflage von „Eisen im Hochbau“ erstmals ein Bezugsquellenverzeichnis für Hohlziegel, die im Deckenbau zur Verwendung kamen. In jenem fanden sämtliche Ziegelwerke Berücksichtigung, die Hohlziegel sowohl für bewehrte als auch für unbewehrte Decken produzierten. Das Verzeichnis wurde abermals in der 1913 erschienenen 4. Auflage sowie letztmalig in der 1914 veröffentlichten Broschüre „Massive Decken zwischen eisernen Trägern“ abgedruckt. Dabei wurde es um die zwischenzeitlich neu entstandenen Ziegeleien erweitert.

In der letzten Veröffentlichung sind insgesamt 122 Ziegeleien erfasst, die innerhalb des Deutschen Reiches Hohlziegel produzierten. Allein 102 von ihnen stellten den „Kleineschen Deckenhohlziegel“¹⁹⁶,

¹⁹⁵ Die gebräuchlichsten porösen Deckenhohlziegelformen. In: TIZ 32 (1908), S.1944-1946.

¹⁹⁶ Es ist darauf hinzuweisen, dass der „Kleinesche Deckenziegel“ auch bei der Herstellung weiterer Steineisendecken sowie unbewehrter Ziegeldecken Verwendung fand (siehe Band 3, Anlage 8: Übersicht der Steine und Ziegel). Da die „Kleineschen Deckenziegel“ sich jedoch nicht wie die Falzziegel untereinander verzahnen ließen, waren sie für unbewehrte Ziegeldecken nicht begehrt (siehe Kapitel 3.3.2.1). So ist davon auszugehen, dass die größere Anzahl der „Kleineschen Deckenziegel“ tatsächlich zu Kleineschen Decken verarbeitet worden sind.

also den einfach geschnittenen rechteckigen Hohlziegel, her. Damit findet das Ergebnis der sechs Jahre zuvor von der „Tonindustrie-Zeitung“ durchgeführten Erhebung Bestätigung.¹⁹⁷

Betrachtet man die auf der Basis des 1914 erschienenen Bezugsquellenverzeichnisses des Stahlwerk-Verbandes angefertigte Übersicht „Verbreitung der Deckensysteme“ (siehe Band 3, Anlage 4) und vergegenwärtigt sich die Lage der den „Kleineschen Deckenziegel“ produzierenden Ziegeleien, der Schifffahrtswege und des Eisenbahnnetzes, so ist erkennbar, dass die Kleinesche Steineisendecke (Nr. 1) zweifellos als die am weitest verbreitete Steineisendecke im Deutschen Reich gelten kann.

Mit Bezug auf die Verwendung des einfachen rechteckigen Hohlziegels für andere Steineisendecken sowie aufgrund zahlreicher Veröffentlichungen lassen sich zwei weitere Decken benennen, denen eine große überregionale Verbreitung zugesprochen werden kann:

- Schürmannsche Decke (Nr. 2, Patentschutz 14 Jahre)
Verbreitungsgebiete: Ruhrgebiet sowie Raum Berlin;¹⁹⁸
- Victoriadecke (Nr. 3, Patentschutz 15 Jahre)
Verbreitungsgebiete: Raum Berlin sowie Sachsen mit Schwerpunkt Leipzig.¹⁹⁹

4.2.2 Decken aus Formziegeln

Laut Erhebung der „Tonindustrie-Zeitung“ sowie dem Bezugsquellenverzeichnis des Stahlwerk-Verbandes wurde der Förster Formziegel nahezu von jeder zweiten für den Deckenbau produzierenden deutschen Ziegelei gefertigt. Dennoch ist die Bedeutung der Förster-Decke (Nr. 27, Patentschutz 15 Jahre) niedriger, als diese beiden Quellen suggerieren. Der Grund dafür ist, dass der Förster-Ziegel sowohl für die Förster-Steineisendecke als auch für die unbewehrte Förster-Ziegeldecke Verwendung fand.²⁰⁰

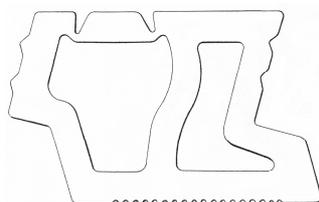


Abb. 4-2: Förster-Ziegel mit „einschlagbarer Brücke“

Auch die Abbildungen in der Erhebung der „Tonindustrie-Zeitung“ sprechen dafür, dass viele der befragten Ziegeleien den Förster-Ziegel zur Herstellung von unbewehrten Ziegeldecken lieferten. Denn neben dem für die Förster-Steineisendecke gebräuchlichen Ziegel mit „einschlagbarer Brücke“ (DRP Nr. 156773) (Abb. 4-2) sind in der Erhebung auch Ziegel früherer Gebrauchsmuster, beispielsweise DRGM Nr. 35492 (Schutzdauer 1894-1900), erfasst. Diese Ziegel verfügten über keine einschlagbare Brücke und wurden zur Herstellung der unbewehrten Förster-Ziegeldecke verwendet.²⁰¹

¹⁹⁷ Stahlwerk-Verband A.-G. (1914), S.164-174.

¹⁹⁸ Vergleiche die zur Schürmannschen Decke (Nr. 2) aufgeführte Literatur im Katalog (Band 2).

¹⁹⁹ Vergleiche die zur Victoriadecke (Nr. 3) aufgeführte Literatur im Katalog (Band 2).

²⁰⁰ Hagn (1904), S.58f; Albert (1908), S.262; Wolf (1908), S.69 u. a.

²⁰¹ Die gebräuchlichsten porösen Deckenhohlziegelformen. In: TIZ 32 (1908), S.1944-1946.

Grundsätzlich kann gesagt werden, dass die Ziegel nach Förster prinzipiell in denselben Gebieten hergestellt wurden, in denen auch der einfache, rechteckige Deckenhohlziegel produziert wurde. Damit waren die Produktionsstätten für diese Ziegel nahezu über das gesamte Deutsche Reich verteilt.²⁰²

Die Förster-Steineisendecke kann nach Auswertung aller historischen Unterlagen als bedeutende und weit verbreitete Steineisendecke gelten.

Neben dem Förster-Ziegel sind sechs weitere Formziegel sowohl in der Erhebung der „Tonindustrie-Zeitung“ als auch im Bezugsquellenverzeichnis des Stahlwerk-Verbandes erfasst.

Die Ziegel der in nachfolgender Aufstellung erstgenannten drei Steineisendecken fanden auch für unbewehrte Ziegeldecken Verwendung. Dennoch müssen die aus diesen Ziegeln herstellbaren Steineisendecken als überregional bedeutend bewertet werden, da sie in der historischen Fachliteratur wiederholt als in der Praxis „vorzüglich bewährt[e]“ sowie als vielfach ausgeführte und weit verbreitete Steineisendecken beschrieben werden. Eine ebensolche Wertschätzung erfuhren die drei letztgenannten Steineisendecken.²⁰³

Für die besagten Steineisendecken lassen sich die folgenden Verbreitungsgebiete ausmachen:

- Sekura-Decke (Nr. 18, Patentschutz 15 Jahre)
Verbreitungsgebiete: Wiesbaden, Nürnberg und Freiburg;²⁰⁴
- Dressel-Decke (Nr. 23, Gebrauchsmusterschutz 6 Jahre)
Verbreitungsgebiete: Bonn und Jena;²⁰⁵
- Omegadecke (Nr. 24, Gebrauchsmusterschutz 6 Jahre)
Verbreitungsgebiete: Hannover, Duisburg und Erfurt;²⁰⁶
- Anker-Dübel-Decke (Nr. 17, Gebrauchsmusterschutz 6 Jahre)
Verbreitungsgebiete: Raum Berlin sowie Raum Stettin;²⁰⁷
- Körtingsche Decke (Nr. 25, Gebrauchsmusterschutz 6 Jahre)
Verbreitungsgebiete: Schlesien sowie Hannover und Cottbus;²⁰⁸
- Westphaldecke (Nr. 52, Patentschutz 15 Jahre)
Verbreitungsgebiete: Gießen, Mannheim und Kempten.²⁰⁹

²⁰² Stahlwerk-Verband A.-G. (1914), S.29f, 39f, 164-174.

²⁰³ Albert (1908), S.262; Schrader (1912), S.20; Bastine (1923), S.128; Roll (1924), S.34 u. a.

²⁰⁴ Stahlwerk-Verband A.-G. (1914), S.164-174; Die gebräuchlichsten porösen Deckenhohlziegelformen. In: TIZ 32 (1908), S.1944-1946; Der Einfluss der Steinform auf die Tragfähigkeit ebener Ziegelhohlsteindecken zwischen I-Trägern. In: BMdS 33 (1913), S.71-74, hier 71.

²⁰⁵ Stahlwerk-Verband A.-G. (1914), S.164-174.

²⁰⁶ Stahlwerk-Verband A.-G. (1914), S.164-174; Die gebräuchlichsten porösen Deckenhohlziegelformen. In: TIZ 32 (1908), S.1944-1946.

²⁰⁷ Vergleiche die zur Anker-Dübel-Decke (Nr. 17) aufgeführte Literatur im Katalog (siehe Band 2).

²⁰⁸ Stahlwerk-Verband A.-G. (1914), S.164-174; Die gebräuchlichsten porösen Deckenhohlziegelformen. In: TIZ 32 (1908), S.1944-1946.

²⁰⁹ Stahlwerk-Verband A.-G. (1914), S.164-174.

Der für die Reformhohlsteindecke (Nr. 44) gebräuchliche Ackermann-Ziegel konnte in der Erhebung der „Tonindustrie-Zeitung“ noch nicht erscheinen, da er erst ca. 1909 erfunden wurde. Dass er bereits im 1911 erschienenen Bezugsquellenverzeichnis des Stahlwerk-Verbandes enthalten ist, lässt auf ein großes Interesse an besagtem Hohlziegel schließen, der sowohl für Steineisen- als auch für Eisenbetondecken (Füllkörperrippendecken) Verwendung fand (siehe Kapitel 3.3.2.4). Eine Abschätzung, ob dieser Ziegel in der Mehrzahl zu Steineisen- oder Füllkörperrippendecken verarbeitet wurde, ist jedoch nicht möglich. Die als Reformhohlsteindecken bezeichneten Konstruktionen wurden zwischen 1914 und 1930 in der Fachliteratur als „meistbegehrte“ und „wettbewerbsfähigste“ angesehen.²¹⁰

Laut der ausgewerteten Literatur bilden der Süden und Westen des Deutschen Reiches sowie der Berliner Raum die bedeutendsten Verbreitungsgebiete der Reformhohlsteindecke.²¹¹

Neben der Reformhohlsteindecke von Ackermann wurden zahlreiche weitere Steineisendecken erst zu der Zeit entwickelt, als die Erhebung der „Tonindustrie-Zeitung“ und das Bezugsquellenverzeichnis des Stahlwerk-Verbandes bereits publiziert waren. Wegen des allgemeinen Rückgangs²¹² der Publikationen zum Thema Steineisendecken fanden diese weiteren Steineisendecken keine den frühen Steineisendecken vergleichbare Präsenz in der Fachliteratur. Dennoch lassen sich auch unter den um 1910 und später erfundenen Systemen wiederum einige ausmachen, denen eine überregionale Verbreitung zugesprochen werden muss. Einen Hinweis auf die Präsenz der Decken in der Bau- praxis liefert jeweils die Laufzeit des Patents oder Gebrauchsmusters. Obendrein sind die folgenden Decken wiederholt als bewährte und verbreitete Deckensysteme genannt worden:²¹³

- Schiller-Decke (Nr. 41, Gebrauchsmusterschutz 6 Jahre)
Verbreitungsgebiete: Raum Berlin sowie Hannover;²¹⁴
- Sperle-Decke (Nr. 43, Patentschutz 15 Jahre)
Verbreitungsgebiete: Raum Berlin sowie der Süden des Deutschen Reiches (z. B. Freiburg, Lörrach, Ellwangen, Nürnberg);²¹⁵
- Wörnersche Hüftenrippendecke (Nr. 45, Patentschutz 8 Jahre)
Verbreitungsgebiete: Raum Berlin sowie Stuttgart und Gera;²¹⁶

²¹⁰ Böhm-Gera (1917), S.52f; Fragekasten TIZ 38 (1914), S.325-327; Deckenhohlziegel-Systeme. In: TIZ 54 (1930), S.1048, 1064.

²¹¹ Stahlwerk-Verband A.-G. (1914), S.164-174; Kritische Betrachtungen über Hohlsteindecken mit besonderer Berücksichtigung der amtlichen Vorschriften. In: BuE 24 (1925), S.230-237, hier 232 u. a.

²¹² Nachdem bereits festgestellt wurde, dass ab 1900 die Besprechungen spezieller Steineisendecken in den Fachzeitschriften immer seltener wurden, sei an dieser Stelle bemerkt, dass der weit größere Teil der Fachbücher, die sich mit den Steineisendecken befassen, bis zum 1. Weltkrieg geschrieben wurden. Daher fanden Decken, die ab den 10er Jahren des 20. Jahrhunderts erfunden wurden, in den Quellen in der Regel nur eine geringe Beachtung.

²¹³ Böhm-Gera (1917), S.50, 53; Fragekasten. In: TIZ 38 (1914), S.325-327; Deckenhohlziegel-Systeme. In: TIZ 54 (1930), S.1048, 1064.

²¹⁴ Böhm-Gera (1917), S.50.

²¹⁵ Bauwelt Katalog (1929), S.76, 263f.

²¹⁶ Bastine (1913), S.16; Kritische Betrachtungen über Hohlsteindecken mit besonderer Berücksichtigung der amtlichen Vorschriften. In: BuE 24 (1925), S.230-237, hier 232; Deckenhohlziegel-Systeme. In: TIZ 54 (1930), S.1048, 1064.

- Berra-Decke (Nr. 47, Patentschutz 6 Jahre)
Verbreitungsgebiete: Ruhrgebiet sowie Raum Berlin und Mannheim.²¹⁷

4.2.3 Decken aus allseitig geschlossenen Hohlziegeln

Bezüglich der Decken aus allseitig geschlossenen Hohlziegeln erschien im Jahre 1919 in der „Tonindustrie-Zeitung“ ebenfalls ein Verzeichnis der Produktionsstandorte. In diesem wurden Ziegeleien aufgelistet, die vor dem Krieg geschlossene Hohlziegel versuchsweise oder im Dauerbetrieb gefertigt hatten. Allerdings erhob das Verzeichnis keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Darüber hinaus ließ sich der Anteil an lediglich zu Versuchszwecken produzierten Ziegeln nicht erkennen. Somit kann dieses Verzeichnis nur bedingt Hinweise zu Verbreitungsgebieten²¹⁸ der genannten Decken geben. Die folgenden Decken wurden benannt:

- Hohlsteindecke Balg (Nr. 67, Patentschutz 6 Jahre)
mögliche Verbreitungsgebiete: Zittau, Bamberg und Graudenz;
- Cella-Hohlsteindecke (Nr. 70, Patentschutz 9 Jahre)
mögliche Verbreitungsgebiete: Berlin, Dresden, Bitterfeld, Nürnberg und Stuttgart;
- Allguhst-Hohlsteindecke (Nr. 71, Patentschutz 8 Jahre)
mögliche Verbreitungsgebiete: Berlin und Hannover.²¹⁹

4.3 Regional verbreitete Steineisendecken

Nicht alle Deckenziegel, deren Gebrauchsmuster über die maximale Dauer von sechs Jahren aufrechterhalten worden waren, fanden bisher Erwähnung. Gleiches gilt für Steineisendecken, deren Patente eine Laufzeit von sechs bis 15 Jahren aufwiesen (siehe Band 3, Anlage 6: Laufzeiten der Patente und Gebrauchsmuster).

Laut ausgewerteter historischer Literatur ist es wahrscheinlich, dass auch durch eine lediglich lokale Verbreitung eines Deckensystems ein ausreichender finanzieller Gewinn erwirtschaftet werden konnte, der die Aufrechterhaltung des Schutzanspruches über viele Jahre hinweg rechtfertigte. Folgende, aus Voll- oder Hohlziegeln hergestellte Steineisendecken können als regional verbreitete Systeme betrachtet werden:

²¹⁷ Die Berra-Decke, eine neue Massivdecke für Kleinwohnungen. In: DBZ 54 (1920), S.277ff; Berra-Hohlziegel. In: TIZ 46 (1922), S.337.

²¹⁸ Es ist darauf hinzuweisen, dass die genannten Decken zwar in verschiedenen Regionen des Deutschen Reiches zur Anwendung kamen. Dennoch weisen sie in keinem Fall eine den bisher genannten Decken annähernde Präsenz auf.

²¹⁹ TIZ 43 (1919), S.174.

-
- Mesch-Decke (Nr. 5, Gebrauchsmusterschutz 6 Jahre)
Verbreitungsgebiet: Magdeburg;²²⁰
 - Düsings Tragplatte (Nr. 8, Patentschutz 11 Jahre)
Verbreitungsgebiet: Berlin;²²¹
 - Dabbert und Hüttensche armierte Mauersteinplatte (Nr. 9, Gebrauchsmusterschutz 6 Jahre)
Verbreitungsgebiet: Berlin;²²²
 - Weltdecke (Nr. 10, Patentschutz 13 Jahre)
Verbreitungsgebiet: Leipzig;²²³
 - Busses Steinbalkendecke (Nr. 11, Patentschutz 8 Jahre)
Verbreitungsgebiet: München.²²⁴

Die nachfolgenden Steineisendecken, die aus Formziegeln gebildet wurden, können als regional verbreitete Decken betrachtet werden:

- Müllersche Decke (Nr. 19, Gebrauchsmusterschutz 6 Jahre)
Verbreitungsgebiet: Berlin;²²⁵
- Bilguers Lochsteindecke (Nr. 21, Gebrauchsmusterschutz 6 Jahre)
Verbreitungsgebiet: Schwerin;²²⁶
- Benysche Decke (Nr. 29, Gebrauchsmusterschutz 6 Jahre)
Verbreitungsgebiet: Berlin;²²⁷
- Bremersche trägerlose Hohlsteindecke (Nr. 48, Patentschutz 15 Jahre)
Verbreitungsgebiet: Leipzig.²²⁸

²²⁰ Vergleiche die zur Mesch-Decke (Nr. 5) aufgeführte Literatur im Katalog (Band 2).

²²¹ Vergleiche die zu Düsings Tragplatte (Nr. 8) aufgeführte Literatur im Katalog (Band 2).

²²² Baltz (1900), S.317.

²²³ Kolbe (1905), S.232; Bastine (1913), S.32.

²²⁴ DRP Nr. 124615.

²²⁵ Issel (1902), S.76; Kolbe (1905), S.263.

²²⁶ Kolbe (1905), S.227.

²²⁷ Baltz (1900), S.317; Kolbe (1905), S.227.

²²⁸ Kolbe (1905), S.231.

5 Baustoffe, Hilfsgerüste und Herstellungsverfahren

Im folgenden Kapitel werden die zur Herstellung der Steineisendecken verwendeten Baustoffe ausführlich beschrieben und die Bauabläufe zur Herstellung der Deckenfelder vorgestellt. Es finden sich Aussagen zur Herstellung, zu den Eigenschaften sowie zur Verbreitung der Baustoffe.

Das Kapitel beginnt mit einer Abhandlung über die Schwemmsteine. Anschließend werden verschiedene Ziegel- und Bewehrungsformen behandelt.²²⁹ Danach folgt eine Betrachtung der zur Herstellung der Steineisendecken verwendeten Schalungsarten und Lehrgerüste.

Die Informationen zu den dargestellten Baustoffen stammen im Wesentlichen aus den historischen Primär- und Sekundärquellen. Einige Eigenschaften der Baustoffe konnten durch die Ergebnisse aktueller Untersuchungen an Steineisendecken im Bestand ergänzt werden. Darüber hinaus dienen die in situ gewonnenen Erkenntnisse dazu, die im Band 3 der vorliegenden Arbeit enthaltenen Übersichten zu den bei der Herstellung der Steineisendecken verwendeten Ziegel- und Bewehrungsformen zu vervollständigen (siehe Band 3, Anlage 7: Übersicht der Bewehrungsformen, Anlage 8: Übersicht der Steine und Ziegel).

5.1 Steine und Ziegel

5.1.1 Schwemmsteine

In einer Veröffentlichung aus dem Jahre 1903 wird den rheinischen Schwemmsteinen²³⁰ ein wesentlicher Anteil an der fortschreitenden Verbreitung der Steineisendecken zugesprochen.²³¹ Wiederholt finden sich Hinweise auf die Verwendung dieser Steine für Kleinesche Decken (Nr. 1) und Schürmannsche Decken (Nr. 2) (Abb. 5-1).²³²

²²⁹ Für die Entstehung und Entwicklung der Steineisendecken sind die historischen Mörtel nicht Ausschlag gebend. Aus diesem Grund werden sie im Folgenden nicht näher betrachtet. Einen Überblick zu den historischen Mörteln geben Bernbach (1910) und Franken (2000).

²³⁰ Anfänglich wurde der aus Bimssand hergestellte Schwemmstein als „Sandstein“ bezeichnet, da der Bimssand an seinen Fundorten „Sand“ genannt wurde. Als Transportmittel für den „Sandstein“ diente unter anderem die Eisenbahn. Oftmals transportierten die ursprünglich mit Kohlen beladenen Wagen auf ihrem Rückweg zu den Zechen die Schwemmsteine. Mit der Begründung, dass diese Rückfahrten ohne die Schwemmsteine Leerfahrten seien, forderten die Schwemmsteinfabrikanten günstige Frachttarife. Die Eisenbahnverwaltung ließ daraufhin erstmals Ausnahmefrachtsätze zu. Um eine Verwechslung mit dem natürlichen Sandstein zu vermeiden, verband sie damit allerdings die Forderung nach einer anderen Bezeichnung des Steins. Resultierend aus der Erwägung, dass der Schwemmstein aus „Bimstuff“ hergestellt wurde, war er zunächst als „Bimstuffstein“ oder kurz „Tuffstein“ bezeichnet worden. Da diese Bezeichnung jedoch wegen des natürlichen Tuffsteins, der im gleichen Gebiet wie der Bimssand vorkam, zu Missverständnissen führte, wählte man den Begriff „Schwemmsandstein“ und schließlich „Schwemmstein“. Diese Wahl wurde damit begründet, dass der Bimssand angeschwemmt wurde. Vgl.: Schwemmstein. In: TIZ 43 (1919), S.437.

²³¹ Hambloch (1903), S.12f.

²³² Vergleiche die zur Kleineschen Decke (Nr. 1) und Schürmannschen Decke (Nr. 2) aufgeführte Literatur im Katalog (Band 2).

5.1.1.1 Herstellung

Das Neuwieder Becken zwischen Koblenz und Andernach bildete eine der größten Lagerstätten von vulkanischem Bimssand im Deutschen Reich. Die von Vulkanen ausgeschleuderten Bimssteinmassen wurden von Wasserläufen aufgenommen und transportiert, dabei zerkleinert und als lockere Sedimente zu beiden Seiten des Rheins abgelagert. Die ungefähr 15 km langen und ca. 7 m hohen Bimssandschichten des Neuwieder Beckens waren nur von einer dünnen Humusschicht bedeckt und konnten somit sehr leicht abgetragen werden.²³³

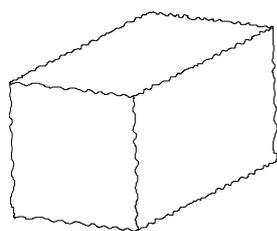


Abb. 5-1: Schwemmstein

Die Produktion der eigentlichen Schwemmsteine erfolgte sowohl in Fabriken als auch im weit verbreiteten Hausbetrieb. Der Bimssand wurde dabei mit hydraulischem Kalk im Mischungsverhältnis 9:1 zumeist von Hand gemischt und in Formen gefüllt. Dabei machte die natürlich vorhandene Gleichförmigkeit des Materials ein künstliches Zerkleinern oder Aussieben unnötig.²³⁴ Um ihre volle Festigkeit zu erreichen, mussten die so gewonnenen Schwemmsteine drei bis vier Monate an der Luft aushärten.²³⁵

5.1.1.2 Eigenschaften

Der Bimssand, der infolge seines geringen spezifischen Gewichtes, seiner Scharfkantigkeit und Porosität²³⁶ ein vorzügliches Mörtelmaterial darstellte, lieferte im Verbund mit dem hydraulischen Kalk einen Stein von großer Leichtigkeit. Ein Mauer-Schwemmstein wies bei einem Rauminhalt von 3000 cm³ ein mittleres Gewicht von 2250 g auf. Damit lag das spezifische Gewicht mit 0,75 g/cm³ unter dem Gewicht von Wasser. Aus Bimssand und hydraulischem Kalk hergestellte Schwemmsteine besaßen eine Druckfestigkeit von 20 kg/cm² bis 30 kg/cm², waren wetterbeständig und besaßen wärmedämmende Eigenschaften. Des Weiteren konnten Schwemmsteine auf einfache Weise bearbeitet und Nägel mit Leichtigkeit in sie eingeschlagen werden. Schwemmsteine wiesen eine zweckdienliche weiße Farbe auf. Sie waren feuersicher und schalldämmend. Gegenüber dem Ziegelstein hatten sie den Vorteil, dass sie nach dem Vermauern deutlich schneller trockneten.²³⁷

²³³ Die Schwemmsteinfabrikation im Neuwieder Becken. In: TIZ 16 (1892), S.676-677.

²³⁴ In der Regel hatten die Bimskiesel etwa 5 mm bis 10 mm Durchmesser, allerdings kamen auch größere Stücke von 3 cm und 4 cm Durchmesser vor.

²³⁵ Frick (1927), S.91; Die Schwemmsteinfabrikation im Neuwieder Becken. In: TIZ 16 (1892), S.676-677, hier 677.

²³⁶ Die im Bimssand enthaltenen Poren sind auf Gase zurückzuführen, die sich in von den Vulkanen ausgeschleuderten Massen während der schnellen Erstarrung bildeten. Vgl.: Die Schwemmstein-Industrie am Mittelrhein. In: TIZ 19 (1895), S.485-486, hier 485.

²³⁷ Die Schwemmsteinfabrikation im Neuwieder Becken. In: TIZ 16 (1892), S.676-677, hier 676; Der Schwemmsteinbau. In: ZdB 38 (1918), S.312-314.

5.1.1.3 Bemühungen zur Qualitätssteigerung

- Im Oktober 1897 erhielt W. Denner unter der Nummer 116055 ein Patent auf ein Verfahren zur Produktion von Schwemmsteinen aus künstlichem Bimssand. Diese Steine sollten alle Eigenschaften der aus Neuwieder Bimssand hergestellten Schwemmsteine aufweisen. Doch konnten die aus künstlichem Bimssand gefertigten Schwemmsteine für die Herstellung von Steineisendecken keine Bedeutung erlangen.²³⁸
- Heinrich Killer aus Heddersdorf bei Neuwied erdachte 1898 ein neues Verfahren zur Herstellung gelochter und damit sehr leichter Schwemmsteine.²³⁹ Aufgrund der Unzulänglichkeiten dieser Schwemmsteine in Bezug auf den Steineisendeckenbau ist nicht davon auszugehen, dass sie häufig Gebrauch in diesem Segment fanden. So müssen sich die quer zu Ihrer Längsachse gelochten Schwemmsteine nachteilig ausgewirkt haben, da sie nur in bestimmten Einbaulagen vergossen werden konnten. Darüber hinaus wird sich das Vermauern der gelochten Steine aufgrund der großen Steinöffnungen, die in die Längs- oder Stoßfuge zu integrieren waren, sehr umständlich gestaltet haben.

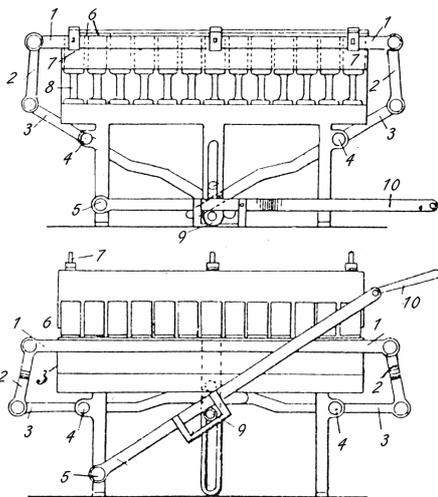


Abb. 5-2: Schwemmsteinpresse

- Elvir Prack konstruierte zu Beginn des 20. Jahrhunderts eine Formpresse, mit der sowohl vergussfähige Masse als auch Stampfmaterial verpresst werden konnten. Seine Erfindung sollte die Qualität der Schwemmsteine verbessern sowie die Produktionskapazität steigern. Je nach Größe des verwendeten Formkastens war es möglich, gleichzeitig 15 bis 20 Steine herzustellen. Damit die Masse in der ersten Maschine abbinden konnte, während die zweite mit neuem Rohmaterial befüllt wurde, mussten zumindest zwei Maschinen je Betrieb bereitgestellt werden (Abb. 5-2).²⁴⁰

Auch die maschinelle Produktion der Schwemmsteine konnte sich nicht durchsetzen, was sich unter anderem damit begründen lässt, dass die Nachfrage nach Schwemmsteinen bereits durch die Produktion im Handbetrieb gedeckt werden konnte.²⁴¹ Darüber hinaus erscheint es

²³⁸ Bausteine nach Art der Tuff- oder Schwemmsteine. In: TIZ 25 (1901), S.101.

²³⁹ Gelochte Schwemmsteine. In: TIZ 23 (1899), S.627-628.

²⁴⁰ Schwemmsteinpresse. In: TIZ 27 (1903), S.277.

²⁴¹ Fast zwei Jahrzehnte nach Erfindung der Schwemmsteinpresse fand sich im „Zentralblatt der Bauverwaltung“ folgende Aussage: „Weiter wäre es wünschenswert, die Schwemmsteine in neuzeitlicher Weise unter Anwendung von Mischmaschinen und Pressen herzustellen, um einen gleichmäßigeren und besseren Stein zu erhalten. Bis jetzt ist nur eine Fabrik – die Dahmsche in Neuwied – in dieser Weise auf Dauerbetrieb mit vorzüglichem Erfolge eingerichtet. Alle anderen Werke haben noch die alte, seit einem halben Jahrhundert übliche Herstellungsweise des Handstrichs mit Sommerbetrieb.“ Aus: Der Schwemmsteinbau. In: ZdB 38 (1918), S.312-314.

unwahrscheinlich, dass tatsächlich nur zwei Maschinen für einen fließenden Produktionsablauf ausgereicht haben sollen.

- H. Herschbach, wie Heinrich Killer ebenfalls aus Heddersdorf, erhielt auf seine Erfindung zur Erhöhung der Festigkeit der Schwemmsteine im Dezember 1903 das englische Patent 27626.²⁴² Anstelle des hydraulischen Kalks verwendete er Hochofenschlackenmehl als Bindemittel und vermischte dies im Verhältnis 1:3 mit Bimssand.²⁴³

Die Erhöhung der Druckfestigkeit der Schwemmsteine eröffnete in der Praxis weitere Einsatzgebiete. Schon bald waren die so genannten Zementschwemmsteine im Handel. Die für höhere Beanspruchungen hergestellten Steine wiesen eine Druckfestigkeit von mindestens 30 kg/cm² auf.²⁴⁴ Es ist davon auszugehen, dass diese Schwemmsteine auch zur Herstellung von Steineisendecken Verwendung fanden.

5.1.1.4 Formate und Verbreitung

Der klassische Mauer-Schwemmstein, der auch für Gewölbe, Kappen- und Steineisendecken Verwendung fand, maß 9,5-10x12x25 cm und wurde als Normalformat oder Vierzöller bezeichnet.²⁴⁵

Daneben waren zahlreiche weitere Formate im Handel, die allerdings für die Herstellung von Steineisendecken ohne Bedeutung waren.²⁴⁶

Der Preis für Mauer-Schwemmsteine schwankte gegen Ende des 19. Jahrhunderts je nach Herstellungsort zwischen 16 RM und 20 RM pro tausend Stück. Somit waren sie weitaus billiger als Mauerziegel. Auch bezüglich der Transportkosten waren Schwemmsteine kostengünstiger, denn auf einen Eisenbahn-Doppelwagen mit einer möglichen Zuladung von 10.000 kg kamen gegenüber 3.000 Vollziegeln bis zu 4.800 Schwemmsteine.²⁴⁷

Der Lieferung von Schwemmsteinen erstreckte sich vor allem auf die rheinnahen Gebiete im westlichen, nördlichen und südlichen Deutschland sowie auf viele küstennahe Regionen der Nord- und Ostsee. Des Weiteren wurden Schwemmsteine auch in die Schweiz, Holland, Belgien, Frankreich und andere Länder verkauft.²⁴⁸

²⁴² Im Deutschen Reich lässt sich auf den Namen Herschbach kein Patent oder Gebrauchsmuster nachweisen.

²⁴³ Schwemmsteine. In: TIZ 28 (1904), S.1509.

²⁴⁴ Verein Deutscher Ingenieure (1930), S.67.

²⁴⁵ In der historischen Literatur finden sich für die Höhe der Mauer-Schwemmsteine abweichende Angaben. Es werden sowohl 9,5 cm als auch 9,8 cm und 10,0 cm genannt.

²⁴⁶ Dreizöller maßen 7,5x12x25 cm, Hintermauerungssteine 6,5x12x25 cm, seltener angefertigte Formate maßen 14x12x25 cm, 12x16x25 cm, 14x16x25 cm, 12x14x30 cm. Vgl.: Hambloch (1903), S.6f; Frick (1927), S.9; Der rheinische Schwemmstein. In: TIZ 27 (1903), S.2139-2140.

²⁴⁷ Hambloch (1903), S.6; Die Schwemmstein-Industrie am Mittelrhein. In: TIZ 19 (1895), S.485-486, hier 486; Der rheinische Schwemmstein. In: TIZ 27 (1903), S.2139-2140; Der Schwemmsteinbau. In: ZdB 38 (1918), S.312-314.

²⁴⁸ Die Schwemmstein-Industrie am Mittelrhein. In: TIZ 19 (1895), S.485-486, hier 486; Der rheinische Schwemmstein. In: TIZ 27 (1903), S.2139-2140.
Im Jahre 1890 kamen ca. 100 Millionen Vierzöller per Bahn zu ihrem Bestimmungsort; im Jahre 1900 über 200 Millionen. Außerdem wurden 1900 noch ca. 20 Millionen per Schiff und 10 Millionen per Fuhrwerk versandt. Vgl.: Hambloch (1903), S.7f.

Anfangs kamen Schwemmsteine lediglich als Material zur Herstellung von nichttragenden Trennwänden sowie zur Ausfachung von Holztragwerken zur Verwendung. Mit der Zeit wuchsen die Erfahrungen hinsichtlich ihrer Festigkeit, und man begann sie auch beim Bau massiver Wohn- und Wirtschaftsgebäude sowie für Kappendecken und Gewölbe einzusetzen. Mit der Erfindung der Steineisendecken wurden Schwemmsteine ebenfalls zur Herstellung bewehrter Decken genutzt. Für Decken mit kleinen Spannweiten waren Schwemmsteine optimal geeignet. Hier konnten man ihren Gewichts- und Größenvorteil²⁴⁹ gegenüber dem klassischen Mauerziegel nutzen. Für Decken mit großer Spannweite oder hoher Belastung waren die Schwemmsteine aufgrund ihrer eingeschränkten Druckfestigkeit²⁵⁰ jedoch unbrauchbar.²⁵¹

Insgesamt betrachtet ist die Verbreitung der Schwemmsteine im Steineisendeckenbau aus heutiger Sicht nicht als hoch zu bewerten. Dies liegt an deren geringer Druckfestigkeit, aber auch an den wiederholt gescheiterten Versuchen, eine garantierte, vergleichbare Qualität der Schwemmsteine zu gewährleisten. Erst 1930 gelang es dem Deutschen Normenausschuss auf Veranlassung des „Vereins zur Wahrung wirtschaftlicher Interessen der rheinischen Bimsindustrie“, die Normung der Schwemmsteine einzuleiten. Für die Verwendung im Steineisendeckenbau waren Schwemmsteine zu dieser Zeit nicht mehr von Bedeutung.²⁵² Heute sind Schwemmsteine unter anderem als Kaminrohre erhaltlich.

5.1.2 Poröse Vollziegel

Vollziegel spielten aufgrund ihres großen Gewichtes²⁵³ im Steineisendeckenbau nur eine marginale Rolle. Mit dem Ziel, die Herstellung von Mauerwerk aus Vollziegeln kostengünstiger zu gestalten und gleichzeitig dessen Eigenschaften zu verbessern, entwickelte die Baubranche poröse Vollziegel. Da Ziegelerzeugnisse jedoch grundsätzlich mit feinen Poren durchsetzt und somit porös waren, ließ ein als porös bezeichneter Ziegel keinen Rückschluss auf seinen Porenanteil zu. Deshalb wurden um 1900 nur diejenigen Ziegel als porös bezeichnet, bei denen absichtlich eine künstliche Porosität herbeigeführt worden war.²⁵⁴

5.1.2.1 Herstellung

Um die gewünschte Porosität zu erzeugen, wurden dem Ausgangsmaterial Ton Brennstoffe beige-mischt. Als Brennstoffe kamen in der Hauptsache Torf, Braunkohlen-, Steinkohlen- und Kokslein

²⁴⁹ Aufgrund des größeren Volumens des Schwemmsteins (auf zwei Schwemmsteine kamen drei Ziegel) konnten diese schneller verlegt werden. Zugleich wurde dabei Mörtel gespart.

²⁵⁰ Wegen ihrer niedrigen Druckfestigkeit blieb die Verwendung von Schwemmsteinen für tragende Mauern durch die Baupolizeibehörden zudem meist auf die beiden obersten Geschosse beschränkt. Vgl.: Frick (1927), S.91f.

²⁵¹ Hambloch (1903), S.9; Die Schwemmstein-Industrie am Mittelrhein. In: TIZ 19 (1895), S.485-486, hier 486.

²⁵² Normung der Schwemmsteine. In: Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit 8 (1929), S.302f, hier 302.

²⁵³ Der Vollziegel maß in der Regel 6,5x12x25 cm und wog zwischen 2,7 kg bis 3,1 kg. Vgl.: Foerster (1911a), S.316.

²⁵⁴ In der historischen Literatur finden sich poröse Ziegel mitunter auch unter der Bezeichnung „Luftziegel“ oder „Lohsteine“. Vgl.: TIZ 52 (1928), S.461.

sowie Sägespäne in Frage, die dann unter der Einwirkung des Feuers verbrannten und dadurch die Poren im Ziegel hinterließen.²⁵⁵ Die Menge des Zusatzes hing von seinen Eigenschaften sowie von der Plastizität des Tones ab. Darüber hinaus war die gewünschte Porosität des Ziegels maßgebend. Im Allgemeinen wurde jedoch ein Brennstoffzusatz von 50 % nicht überschritten.²⁵⁶

Stand am Herstellungsort der Ziegel kein Torf zur Verfügung, wurde bevorzugt auf Kohlenstaub zurückgegriffen. Dieser war in der Regel sehr preiswert zu haben. Ferner konnte Kohle in so großem Maße zugemischt werden, dass die Ziegel allein aufgrund des in ihnen enthaltenen Brennstoffs durchbrannten. Mit Kohlenzusatz versetzte Tone benötigten zum Formen wenig Wasser, was wiederum das Trocknen der Rohlinge beschleunigte. Die Ziegelrohlinge konnten scharf gebrannt werden, was sie sehr haltbar machte.²⁵⁷

Abgesehen von der Beimischung in den Ton wurden poröse Vollziegel in derselben Weise wie die gewöhnlichen Ziegel geformt, getrocknet und gebrannt.²⁵⁸

5.1.2.2 Eigenschaften und Verwendung²⁵⁹

Poröse Vollziegel mit einem Porenanteil von 50 % wogen im Reichsformat ca. 2 kg. Die Ziegel hatten eine Druckfestigkeit von ca. 50 kg/cm².

Poröse Ziegel waren schlechte Wärmeleiter und damit ein sehr gut dämmendes Baumaterial. Aufgrund ihrer Eigenschaft, Wasser stark aufzusaugen, waren sie jedoch nicht überall verwendbar. Durch Bearbeitung am Schneideapparat waren die porösen Ziegel oftmals an den Kanten beschädigt. Zudem war ihre gesamte Oberfläche rau.

Poröse Ziegel wurden vor allem zum Ausmauern des Holztragwerks von Fachwerkbauten sowie zur Herstellung von schallsicheren Wänden verwendet. Sie kamen aber auch bei sämtlichen sonstigen tragenden oder nichttragenden Innen- und Außenwänden zum Einsatz. Im Deckenbau waren sie für leichte Einwölbungen geeignet. Poröse Vollziegel fanden für Steineisendecken mit geringer Belastung und Spannweite Verwendung. Allerdings ist deren Verbreitung im Steineisendeckenbau aus heutiger Sicht als niedriger als die der Schwemmsteine zu bewerten. Dies lag unter anderem am geringeren Volumen der Vollziegel und dem damit verbundenen erhöhten Verarbeitungsaufwand für die Herstellung einer vergleichbaren Deckenfläche. Darüber hinaus kamen brauchbare poröse Vollziegel etwa zeitgleich mit den Hohlziegeln auf den Baumarkt. Wie sich im Folgenden zeigen wird, waren poröse Hohlziegel für die Herstellung der Steineisendecken jedoch wesentlich besser geeignet als poröse Vollziegel. Von daher war die Verwendung poröser Vollziegel ab diesem Zeitpunkt im Steineisendeckenbau ohnehin nicht mehr von Bedeutung.

²⁵⁵ Auch Flachs- und Hanfschäben, Kiefernadeln, gemahlene Kiefernrinde sowie Stroh wurden vereinzelt zur Herstellung poröser Ziegel verwendet. Vgl.: Waldegg (1891), S.541; Kerl (1907), S.778; Foerster (1911a), S.319.

²⁵⁶ Waldegg (1891), S.541; Kerl (1907), S.778.

²⁵⁷ Waldegg (1891), S.541

²⁵⁸ Kerl (1907), S.779.

²⁵⁹ Gottgetreu (1874), S.278f; Foerster (1911), S.319; Frick (1927), S.90.

5.1.3 Hohlziegel

Hohlziegel wurden als nichtporöse sowie als poröse Hohlziegel gefertigt und verschiedentlich auch als Lochziegel, Hohlsteine oder Lochsteine bezeichnet. In seltenen Fällen fand auch der Begriff „Röhrenziegel“ Verwendung.²⁶⁰ Für die Herstellung von Steineisendecken waren vor allem die porösen Hohlziegel beliebt und geeignet (Abb. 5-3).²⁶¹

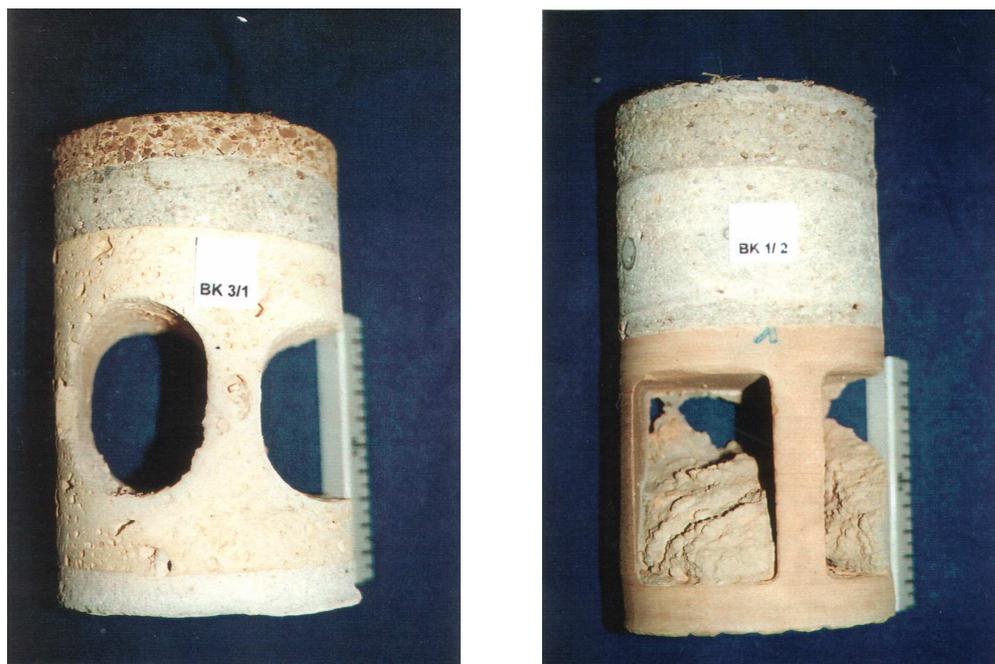


Abb. 5-3: Bohrkern eines porösen sowie eines nichtporösen Hohlziegels

Neben den einfachen, rechteckig geschnittenen Hohlziegeln unterschiedlichen Formats existierten zahlreiche weitere Arten von Formziegeln (siehe Band 3, Anlage 8: Übersicht der Steine und Ziegel). Als Formziegel bezeichnete man poröse oder nichtporöse Hohlziegel mit einer vom Rechteck abweichenden Form. Sie wurden oftmals durch Gebrauchsmuster geschützt oder in Verbindung mit speziellen Steineisendeckensystemen patentiert. Zur Unterscheidung voneinander wurden sie entweder nach ihrem Erfinder oder nach der Steineisendecke, zu deren Herstellung sie Verwendung fanden, benannt.

²⁶⁰ Die Mehrzahl der Autoren benutzte die genannten Bezeichnungen gleichbedeutend und unabhängig von der Form der Durchlochung sowie von der Porosität des Ziegels. Einer der Wenigen, die sich Gedanken über die Bezeichnung der Hohlziegel machten, war Tetmajer. Er bezeichnete diejenigen Ziegel als Hohlziegel, die parallel zur Lagerfläche gelocht waren. Tetmajer unterschied dabei nicht, ob die Lochung längs oder quer zur Lagerfläche des Ziegels verlief. Senkrecht zur Lagerfläche gelochte Ziegel bezeichnete er als Lochziegel. Vgl.: Kerl (1907), S.768.

²⁶¹ Kerl (1907), S.777; TIZ 38 (1914), S.369.

5.1.3.1 Herstellung

Obwohl Hohlziegel schon lange bekannt waren, wurden sie wegen ihrer schwierigen Herstellung nur selten produziert. Erst Borie gelang es im Jahre 1855, Hohlziegel auf wirtschaftliche Art und Weise herzustellen. Er entwickelte die 1854 vom Berliner Fabrikanten Schlickeysen für die massenhafte Herstellung von Vollziegeln konstruierte Strangpresse so weiter, das diese auch zur Anfertigung von hohlen Tonkörpern diente.²⁶²

Zur Herstellung eines Hohlziegels benötigte man nur wenig Rohmaterial. Es war ein fetter, zäher und formbarer Ton notwendig. Als Beimengungen für die Herstellung von porösen Hohlziegeln kamen eben jene in Frage, die auch bei der Herstellung der porösen Vollziegel Verwendung fanden.²⁶³

Um den Feuchtegehalt des Tons auf den für dessen Verarbeitung erforderlichen Wert einzustellen, sollten die Tone grundsätzlich erst nach einer Zwischenlagerung in so genannten Sümpfen in die Aufbereitungsmaschinen gelangen. In den Sümpfen wurden Ton und Brennstoff lagenweise übereinander geschichtet, wobei die einzelnen Tonlagen nicht höher als 20 cm sein sollten, während die Dicke der Brennstofflagen je nach geeignetem Mischungsverhältnis 5 cm bis 20 cm betrug. Die Gesamthöhe der Sumpfhalden konnte zwischen 1,2 m und 1,5 m messen. Nachdem das Material drei bis acht Tage gesumpft hatte, musste es senkrecht von oben nach unten abgestochen werden. Bevor das Ton-Brennstoff-Gemenge in die Presse kam, wurde eine nochmalige Durchmischung mit Hilfe einer Mischmaschine empfohlen. Dies konnte aber auch während des so genannten Kollergangs²⁶⁴ erfolgen.²⁶⁵

Damit die Formlinge nach dem Abschneiden vom Strang keine Beschädigungen erfuhren, mussten sie von diesem mittels einer in die Hohlräume eingeführten speziellen Gabel abgenommen werden. Da Hohlziegel eine im Verhältnis zu ihrer Masse sehr große Oberfläche besaßen, trockneten sie schnell und gleichmäßig aus.²⁶⁶

Die große Ziegeloberfläche ermöglichte ferner, dass Hohlziegel trotz kurzer Brennzeit, niedriger Temperatur sowie geringem Brennmaterialverbrauch gleichmäßig durchbrannten und zudem im Ofen auch sehr eng nebeneinander gesetzt werden konnten, was wiederum eine optimale Ausnutzung des Ofenraumes gewährleistete.²⁶⁷

²⁶² Beim Strangpressverfahren wird die durch ein Mundstück (Schablone) gepresste Rohmasse zu einem endlosen Strang geformt, der vom nachgeschalteten Abschneideapparat (gespannte Stahldrähte) in einzelne Ziegel zerschnitten wird. Borie versah das den Ziegelquerschnitt formende Mundstück mit zusätzlichen inneren Platten, die einem Teil der Rohmasse den Austritt aus der Presse versperrten und so die Lochkanäle bildeten. Mit dem von Borie konstruierten Mundstück versehene Strangpressen dienten in Deutschland zunächst zur Anfertigung von Drainrohren und wurden daher meist als Drainrohrpressen bezeichnet. Auch heute noch werden Ziegel großindustriell mittels Strangpressen mit integriertem Mundstück produziert. Vgl.: Waldegg (1891), S.289; TIZ 34 (1910), S.178.

²⁶³ Stand den Ziegeleien lediglich magerer Ton zur Verfügung, war es ihnen nur durch Zumischung von luftgetrocknetem Torf möglich, brauchbare poröse Hohlziegel herzustellen. Dazu musste der Torf mit dem mageren Ton vermengt und vor dem Pressen noch einige Tage eingesumpft werden. Allerdings war auch dann noch nicht jeder magere Ton für die Produktion der Hohlziegel geeignet. Vgl.: Frick (1927), S.90; TIZ 26 (1902), S.231; Hochporöse Ziegel. In: TIZ 52 (1928), S.1914.

²⁶⁴ Im Kollergang wurde das Tonmaterial mittels Mahlwerk zerkleinert.

²⁶⁵ TIZ 26 (1902), S.231; Der poröse Hohlziegel. In: TIZ 50 (1926), S.640-642, hier 642; TIZ 52 (1928), S.462.

²⁶⁶ Waldegg (1891), S.286.

²⁶⁷ Gottgetreu (1874), S.280f; Kerl (1907), S.769.

Formziegel wurden ebenfalls nach der oben beschriebenen Art und Weise hergestellt, wobei ihre teilweise komplizierten Formen mit scharfen Ecken und Nuten noch höhere Anforderungen an das Tongut und die verwendeten Pressen stellten.²⁶⁸

5.1.3.2 Eigenschaften

Eine herausragende Eigenschaft der Hohlziegel war ihr geringes Gewicht. So wog ein poröser Hohlziegel im Normalformat (Mauerziegel) selten mehr als 1,35 kg (ungefähr die Hälfte eines Vollziegels). Infolgedessen lag sein spezifisches Gewicht unter 0,70 g/cm³. Damit waren poröse Hohlziegel sogar leichter als Schwemmsteine, billiger zu transportieren und kraftsparender zu verarbeiten als alle auf dem Markt erhältlichen Mauerziegel und -steine gleichen Formats. Nichtporöse Hohlziegel wogen zwischen 2 kg und 2,4 kg, je nachdem ob ihre Wandungsstärken 1,5 cm oder 2,0 cm betragen.²⁶⁹ Bezogen auf den tatsächlichen Nettowandquerschnitt, besaßen Hohlziegel eine größere Druckfestigkeit als Vollziegel, die aus den gleichen Rohstoffen hergestellt wurden. Dies lag daran, dass die Rohstoffe bei der Hohlziegelherstellung besser durchgearbeitet werden mussten als bei der Herstellung von Vollziegeln, weil sich beispielsweise die so genannten Knoten (kleine Tonklumpen) und unterschiedliche Feuchtigkeitsgehalte störend auf das Formen der Hohlziegel auswirkten. Ferner wurde das Tongut durch die zusätzlichen Platten im Mundstück, die die Lochkanäle bildeten, höher verdichtet. Positiv wirkte sich ebenfalls aus, dass die Hohlziegel deutlich homogener durchgebrannt als Vollziegel. Innere Risse, die einen Festigkeitsverlust verursachten, traten bei Hohlziegeln nur selten auf.^{270 271}

In Bezug auf die Haftzugfestigkeit des Mörtels am Ziegel waren die porösen Hohlziegel den nichtporösen Ziegeln überlegen, weil diese um den Anteil der in die Poren eingedrungenen Mörtelzapfen vergrößert wurde.²⁷² Somit wurde mit dem porösen Hohlziegel die ohnehin schon hohe Qualität der Ziegel als Putzträger weiter verbessert. Darüber hinaus konnten poröse Hohlziegel, je nach Anzahl und Art der Poren, mit Feile, Säge oder Hammer problemlos bearbeitet werden.²⁷³

5.1.3.3 Bemühungen zur Qualitätssteigerung

Schon bald wurde von den Ziegeln erkannt, dass die einfache rechteckige Form der Deckenziegel es ermöglichte, mehrere Hohlziegelstränge parallel auf der Strangpresse herzustellen. Bereits um

²⁶⁸ Kerl (1907), S.769.

²⁶⁹ Gottgetreu (1874), S.280f; Waldegg (1891), S.53, 286; Foerster (1911), S.319; TIZ 24 (1900), S.417.

²⁷⁰ Bisweilen wiesen Falzziegel höhere Druckfestigkeiten als die einfach geschnittenen rechteckigen Hohlziegel auf (siehe Kapitel 3.3.2.1), da die Vorsprünge (Nasen) und Nute der Falzziegel eine intensivere Tonaufbereitung erforderten.

²⁷¹ Kerl (1907), S.770; Lochziegel und deren Herstellung. In: TIZ 42 (1918), S.204.

²⁷² Historische Versuche haben gezeigt, dass Mörtelfugen an scharf gebrannten, porösen Hohlziegeln im Vergleich zu Mörtelfugen an Vollziegeln ungefähr doppelt so stark auf Haftzugfestigkeit, senkrecht zur Fugenfläche, beansprucht werden konnten. Vgl.: Kerl (1907), S.776.

²⁷³ Poröse Decken- und Feuerschutzziegel. In: TIZ 29 (1905), S.557; TIZ 42 (1918), S.132.

1900 arbeiteten Ziegeleien, die mit einer Presse gleichzeitig drei oder vier Ziegelstränge erzeugten, indem ein großer Hauptstrang mittels Drähten zerschnitten wurde.²⁷⁴

Damit der Mörtel später noch besser am Ziegel haftete, wurden die Ziegel durch Walzen, die vor dem Mundstück der Strangpressen angeordnet waren, zunächst auf zwei Seiten geriffelt. Durch Anordnung von vier Riffelwalzen sowie von Knoten in Schneidedrähten konnten sogar auf allen sechs Seiten



Abb. 5-4: Bohrkern eines Hohlziegels mit starken Rillen in einer Wandung

Profilierungen hergestellt werden. Darüber hinaus wurden auch an drei und vier Seiten mit Rillen versehene Hohlziegel produziert. In der Hauptsache waren allerdings Ziegel gängig, die ein- oder zweiseitig mit Rillen versehen wurden (Abb. 5-4).²⁷⁵

Eine weitere Methode, die Hohlziegel hinsichtlich ihrer Verarbeitbarkeit zu verbessern, war, diese nachträglich durch Verschlusskörper aus Pappe oder Blech zu verschließen. Dazu mussten die Verschlusskörper entweder vor dem Verlegen der Ziegel oder direkt während dieses Arbeitsschrittes in die Hohlräume gesteckt werden. Der Verschluss der Ziegel Hohlräume ermöglichten den Verguss der Fugen, wodurch bei der Herstellung der Steineisendecken auf Maurerleistungen verzichtet werden konnte. Erste Verschlussysteme kamen ab 1901 auf den Markt, zahlreiche weitere folgten (siehe Typen V.2 und V.4).

Neben den beschriebenen Verbesserungen bezüglich der Herstellung sowie Verarbeitung der Hohlziegel gab es vereinzelte Bemühungen, die Druckfestigkeit der porösen Hohlziegel durch die Zugabe von Kalk oder Schlacke zu erhöhen. Doch bestand hierbei das Problem, dass der Kalk auskristallisierte und die Oberfläche der Hohlziegel unansehnlich machte.²⁷⁶

5.1.3.4 Formate und Verbreitung

Das ursprüngliche Format für Hohlziegel im Mauerwerksbau entsprach dem Reichsformat (Normalformat) des gewöhnlichen Mauerziegels. Damit war es möglich, Hohlziegel und Vollziegel gemeinsam im Verband zu Wänden zu vermauern.²⁷⁷ Zwar waren Hohlziegel im Normalformat vornehmlich für Wände gedacht, dennoch fanden sie vereinzelt auch bei der Herstellung von Steineisendecken Verwendung.

Ab ca. 1894 wurden zunehmend poröse Hohlziegel speziell als Deckenziegel in den Maßen 10x12x25 cm und bald darauf in 10x15x25 cm produziert. Darüber hinaus sind poröse und nichtpo-

²⁷⁴ Deckenhohlziegelherstellung. In: TIZ 29 (1905), S.998.

²⁷⁵ Geriffelte Ziegelsteine. In: TIZ 27 (1903), S.861.

²⁷⁶ TIZ 27 (1903), S.1925f.

²⁷⁷ Gottgetreu (1874), S.280f.

röse Hohlziegel für Steineisendecken, neben weiteren, in den Größen 12x15x25 cm, 18x10x25 cm und 20x10x25 cm gefertigt worden. Die üblichen Wandstärken der Hohlziegel betragen 1,5 cm, 1,7 cm und 2,0 cm, aber auch Hohlziegel mit Wandstärken von bis zu 3,0 cm und mehr waren im Handel zu finden. In Verbindung mit Betondruckschichten von 3 cm, 4 cm und 5 cm war es folglich möglich, Rohdecken von 10 cm bis 25 cm Höhe in einer Staffelung von 1 cm herzustellen. Dazu mussten die Hohlziegel in Flach- oder Hochkantschichten verlegt und gegebenenfalls mit Betondruckschichten ergänzt werden.

Die Lochkanäle der Hohlziegel konnten in ihrem Querschnitt rechteckig, oval, rund oder quadratisch sein. Dabei war die Anzahl der Lochkanäle pro Hohlziegel verschieden. In der Regel wurden Hohlziegel mit zwei Lochkanälen versehen.

Aufgrund ihrer hervorragenden Eigenschaften konnten die Hohlziegel zur Herstellung von Steineisendecken eine sehr breite Anwendung erfahren. Die Herstellung und Verbreitung der Hohlziegel im Deutschen Reich war dennoch von einigen Schwierigkeiten begleitet. So stand der zu ihrer Erzeugung benötigte plastische Ton nicht überall zur Verfügung. Darüber hinaus beeinträchtigte die auf Seiten zahlreicher Konstrukteure vorherrschende Unerfahrenheit bezüglich des zu verarbeitenden Materials die Produktion der Hohlziegel.²⁷⁸

Auch die vielfältigen Formate von Hohlziegeln begünstigten deren Verbreitung nicht, denn die Ziegler waren gezwungen, verschiedene Formate auf Vorrat zu halten. Ging deren Verkauf nicht fortwährend vonstatten, verteuerte die notwendige Lagerhaltung jeden einzelnen Hohlziegel deutlich. Noch ungünstiger war die Situation bezüglich Formziegeln, da diese in der Regel nur für ein einziges Deckensystem Verwendung fanden.²⁷⁹

Ungeachtet der beschriebenen allgemeinen Schwierigkeiten sind die einfachen, rechteckig geschnittenen Hohlziegel diejenigen Ziegel, die bei der Herstellung von Steineisendecken die deutlich größte Verwendung fanden (siehe auch Kapitel 4.1.2).

5.1.4 Geschlossene Hohlziegel

Ab 1906 bemühten sich erste Konstrukteure darum, ein brauchbares Verfahren zur Herstellung geschlossener Hohlziegel zu finden. Damit sollte der Verguss der Fugen ermöglicht werden und somit die Herstellung der Steineisendecken schneller als bisher erfolgen können. Außerdem überspannten

²⁷⁸ Diese Unerfahrenheit lässt sich darauf zurückführen, dass die Konstrukteure oftmals Ingenieure, Baumeister oder Architekten waren. In ihrer Eigenschaft als Planer hatten sie nur ihr bauliches Ziel vor Augen und ließen die Schwierigkeiten der Ziegelherstellung außer Acht. Die Eigenschaften der zur Verwendung kommenden Stoffe waren ihnen nicht gänzlich bekannt. Daher mussten die Ziegler vor allem die Produktion poröser Hohlziegel, trotz umfangreicher Versuche mit verschiedenen Tonzusammensetzungen, immer wieder aufgeben. Denn es gab Gegenden, in denen sich poröse Hohlziegel aufgrund der dort vorkommenden ungeeigneten Tone nicht herstellen ließen. Vgl.: Kuchler (1933), S.24; TIZ 34 (1910), S.178; TIZ 42 (1918), S.132.

²⁷⁹ Aufgrund dieses Problems wurde wiederholt gefordert, sich seitens der Deckenbauer auf eine Ziegelform, höchstens aber auf drei Standardformen zu beschränken. Auch Kleine bemühte sich um 1918 darum, die Abmessungen der Hohlziegel für Wände und Decken innerhalb des Deutschen Reiches einheitlich zu gestalten. Darüber hinaus schlug er vor, analog zu den Mauervollziegeln auch für Hohlziegel Festigkeitsklassen innerhalb einer Norm festzulegen. Doch obwohl erkannt wurde, dass es von Vorteil war, wenn ein Architekt bei der Planung damit rechnen konnte, die erforderlichen Hohlziegel jederzeit und aller Orten kostengünstig zu erhalten, wurden Kleines Vorschläge nicht beachtet. Weder das Format der Hohlziegel noch deren Festigkeit wurde normativ geregelt. Vgl.: Roll (1924), S.38; Lochziegel und deren Herstellung. In: TIZ 42 (1918), S.203f; Umstellung der Ziegelwirtschaft. In: TIZ 43 (1919), S.565, 802.

Deckenfelder immer öfter bis zu 6 m. Solch große Spannweiten waren jedoch nur mit starken Deckenplatten unter Verwendung hoher Hohlziegel zu erreichen. Ziegel mit einer Höhe von 15 cm und mehr ließen sich allerdings schlecht vermauern, weil die hohen Fugen nur schwer mit Mörtel gefüllt werden konnten. Ferner wiesen die großen Ziegel ein hohes Eigengewicht auf. Daher waren sie nur mit erhöhter körperlicher Anstrengung zu vermauern. Die Entwicklung der geschlossenen Hohlziegel schuf hier Abhilfe, denn diese konnten trocken verlegt und danach vollfugig vergossen werden. Zur Herstellung einer Steineisendecke waren Maurerleistungen folglich nicht mehr erforderlich (siehe Typ V.5).²⁸⁰

5.1.4.1 Herstellung

Nach 1905 versuchte man, die Hohlziegel mittels vor oder nach dem Brennen angebrachter Verschlussdeckel aus Ton zu verschließen. Dazu war aber stets zusätzliche manuelle Arbeit nötig. Wirtschaftlichen Erfolg versprachen dagegen diejenigen Verfahren, durch die auf maschinellem Wege geschlossene Hohlziegel produziert werden konnten. Im Folgenden werden die wichtigsten manuellen und maschinellen Verfahren zum Verschluss der Hohlziegel kurz erläutert.

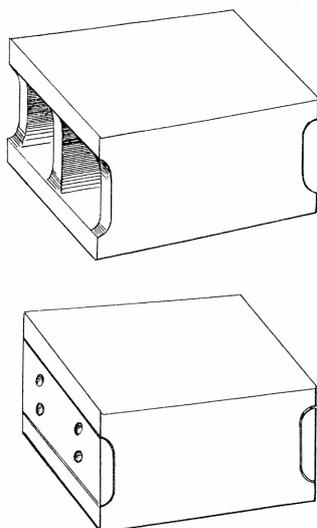


Abb. 5-5: Hohlziegel, manueller Verschluss vor dem Brennen

Hohlziegel wurden beispielsweise manuell verschlossen, indem man vor dem Brennvorgang Tonplattenrohlinge als Deckel auf die Hohlräume der Ziegelrohlinge aufsetzte. Nach dem Verfahren von Bernhard Balg (Hohlsteindecke Balg, Nr. 67) aus dem Jahr 1906 geschah dies zu dem Zweck, dass sich die Deckel während des Brennvorganges besser mit dem Ziegelkörper verbanden (Abb. 5-5). Um das Trocknen des geschlossenen Formlings vor dem Brennen zu erleichtern, sollten die Verschlussplatten mit Schmauchöffnungen versehen werden. Eine weitere Variante bestand darin, bereits gebrannte Deckel mit Hilfe von Zement oder Ton auf die fertig gestellten Ziegel aufzukitten. Da jede Tonsorte beim Brennen anders reagierte, bedurfte es vorangestellter Versuche, um zu ermitteln, ob sich der zu verwendende Ton besser für den Verschluss nach oder vor dem Brennen eignete.²⁸¹

Gemäß der Erfindung von Oskar Sachse (Sachse-Decke, Nr. 68) aus dem Jahr 1906 wurden die Hohlziegel vom so genannten

Abschneideapparat maschinell verschlossen. Zu diesem Zwecke wurde durch den hohlen Tonstrang, nachdem er aus dem Mundstück ausgetreten war, senkrecht von oben ein Stempel hindurch gedrückt.

²⁸⁰ Herstellung allseitig geschlossener Hohlziegel. In: TIZ 31 (1907), S.974.

²⁸¹ DRP Nr. 210159; Herstellung allseitig geschlossener Hohlziegel. In: TIZ 31 (1907), S.974; TIZ 33 (1909), S.742, 1184; TIZ 34 (1910), S.685.

Auf diese Weise wurden die Hohlräume an ihren Enden mittels Verschmieren verschlossen (Abb. 5-6).²⁸²

Marion Schleuning erkannte, dass das Ziel, geschlossene Hohlziegel mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand herzustellen, nur durch auf der Strangpresse in einem einzigen maschinellen Arbeitsgang hergestellte Ziegel zu erreichen sei. Ihr Verfahren (Cella-Hohlsteindecke, Nr. 70) war dadurch gekennzeichnet, dass innerhalb des Mundstückes ein ununterbrochener Hohlstrang und gleichzeitig ein dem Querschnitt des Hohlraumes angepasster Vollstrang erzeugt werden konnte. Der Verschluss des Hohlziegels wurde dadurch gewährleistet, dass der Vollstrang jeweils ein kurzes Stück mit dem hohlen Strang mitlief und die Trennung des Ziegels vom Strang im Bereich des Vollquerschnittes erfolgte (Abb. 5-7).²⁸³

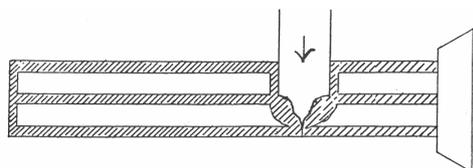


Abb. 5-6: Hohlziegel, maschineller Verschluss außerhalb des Mundstückes

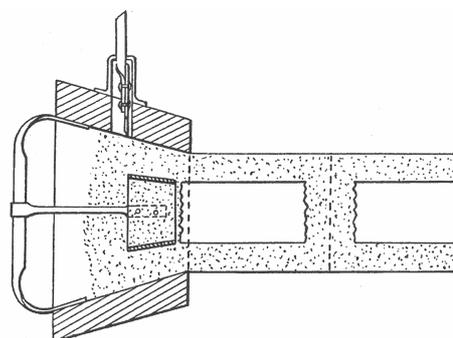


Abb. 5-7: Hohlziegel, maschineller Verschluss innerhalb des Mundstückes

Das Schleuningsche Verfahren fand in Fachkreisen zunächst einige Beachtung. Doch schien die Schwierigkeit der Luftzuführung in den Hohlraum des Formlings die Ursache von wiederholten Betriebsschwierigkeiten zu sein. Denn bei der Herstellung der Hohlstrangabschnitte bildete sich in diesen ein Vakuum, das unter Umständen zum Einfallen des Hohlstranges führte, sobald er aus dem Mundstück trat.²⁸⁴

Nach 1910 entstanden die ersten Verfahren mit drehbarem Kern. Das wohl bekannteste Verfahren wurde von der Firma Allghust Stein GmbH (Allghust-Hohlsteindecke, Nr. 71) entwickelt: Im Mundstück befand sich ein drehbarer, an seiner vorderen Fläche konvex, an der anderen Seite konkav gestalteter Kern. Durch diese Form wurde beim Drehen der Welle, auf welcher der Kern befestigt war, der Hohlraum mittels Verschmieren verschlossen. Dem bekannten Problem, der Bildung eines Vakuums im geschlossenen Hohlziegel, wurde beim Allghust-Verfahren durch einen mit dem Kern verbundenen Dorn Abhilfe geschaffen. Dieser erzeugte in der Stirnwand ein Loch, durch das Luft in den Ziegel eindringen konnte (Abb. 5-8).²⁸⁵

²⁸² Allseitig geschlossener, gepresster Hohlziegel. In: TIZ 31 (1907), S.1222.

²⁸³ DRP Nr. 286940.

²⁸⁴ Zur Lösung der Hohlziegelfrage. In: TIZ 44 (1920), S.75f, hier 75.

²⁸⁵ DRP Nr. 286829; TIZ 40 (1916), S.265; Der allseits geschlossene Hohlziegel. In: TIZ 50 (1926), S.1259; Der allseitig geschlossene Hohlziegel im Lichte der Patentliteratur. In: TIZ 53 (1929), S.1676-1680, hier 1678.

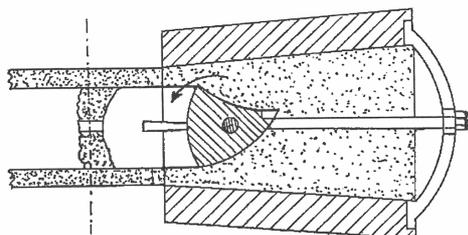


Abb. 5-8: Hohlziegel, maschineller Verschluss innerhalb des Mundstückes durch drehbaren Kern

5.1.4.2 Verbreitung

Für den Ziegeleibesitzer, der die Absicht verfolgte, sich die Apparate zur Herstellung geschlossener Hohlziegel zu verschaffen, war es schwierig, umfassende Kenntnis über die schon existierenden Verfahren zu erhalten. Vor allem blieb er darüber im Unklaren, wie weit die verschiedenen Apparate und Verfahren gediehen waren.²⁸⁶ Dennoch investierte mancher, der auf der Höhe der Zeit bleiben wollte, in den Erwerb von Lizenzen und Apparaten.²⁸⁷

Dabei kam es oft zu Streitigkeiten zwischen Erfindern und Herstellern, weil die Erfinder bei der Preisgestaltung für die Lizenzabgabe sowie für die Mundstücke und Abschneideapparate nur selten die allgemeine Geschäftslage berücksichtigten und somit oftmals eine zu hohe Summe forderten.²⁸⁸

Es bleibt festzuhalten, dass die technischen Probleme bei der Herstellung geschlossener Hohlziegel mit einem erhöhten finanziellen Aufwand in der Regel zwar gelöst werden konnten, den geschlossenen Hohlziegeln aber dennoch den Durchbruch hinsichtlich ihrer Verbreitung verwehrten. Dies lag zum Großteil in dem Umstand begründet, dass sich keines der Verschlussverfahren als wirtschaftlich erwies.²⁸⁹ So verwundert es nicht, dass auf die in der „Tonindustrie-Zeitung“ des Jahres 1927 gestellte Frage: „Lohnt sich unter den heutigen Zeiten die Herstellung allseitig geschlossener Hohlziegel?“

²⁸⁶ Aus diesen Gründen forderten Ziegeleibesitzer wiederholt eine Beschränkung auf möglichst wenige Formen von geschlossenen Hohlziegeln und damit auf einheitliche Apparate zur Herstellung der Ziegel. Sogar der Verband der deutschen Ziegel- und Tonindustrie ist um die Lösung dieses Sachverhaltes gebeten worden. Bei anders gearteten Problemen war es dem Verband bereits mehrfach gelungen, durch Einschalten eines Ausschusses von Sachverständigen erfolgreich einzugreifen. Im vorliegenden Fall wurde diese Maßnahme vom Verein allerdings versäumt und das Problem nicht gelöst.

²⁸⁷ TIZ 38 (1914), S.369; Allseitig geschlossene Hohlziegel. In: TIZ 44 (1920), S.210; Der allseits geschlossene Hohlziegel. In: TIZ 50 (1926), S.1259; Der allseitig geschlossene Hohlziegel im Lichte der Patentliteratur. In: TIZ 53 (1929), S.1676-1680, hier 1680.

²⁸⁸ In der Regel bezog sich diese Summe auf eine jährlich im Voraus zu bestimmende Mindestmenge an Ziegeln, unabhängig davon, ob und für welchen Preis der Ziegeleibesitzer seine Erzeugnisse abzusetzen in der Lage war. Der Ziegler musste in seiner Kalkulation den erhöhten Ausfall berücksichtigen, der bei der Herstellung von geschlossenen Hohlziegeln an der Presse, im Trockenraum und im Ofen unvermeidlich war. Zu den bereits sehr hohen Anschaffungskosten waren überdurchschnittliche Unterhaltungs- und Betriebskosten für die speziellen Vorrichtungen zu rechnen. Die Tagesleistungen der Pressen waren vermindert. Das Trocknen der Formlinge ging nur langsam vonstatten. Zudem versagten gerade bei den großformatigen Ziegeln die Apparate häufiger und der Bruchverlust an der Presse stieg an. Außerdem kostete die Verfrachtung der geschlossenen Hohlziegel mehr als die der leichteren offenen Hohlziegel. Vgl.: Geschlossene Hohlziegel. In: TIZ 34 (1910), S.406; Der geschlossene Hohlziegel. In: TIZ 42 (1918), S.587f, hier 588.

²⁸⁹ Der geschlossene Hohlziegel. In: TIZ 42 (1918), S.701f, hier 701; Der geschlossene Hohlziegel. In: TIZ 43 (1919), S.189; Der allseits geschlossene Hohlziegel. In: TIZ 50 (1926), S.1259.

geantwortet wurde: „Die Fabrikation allseitig geschlossener Hohlziegel ist augenblicklich auf einem toten Punkt angekommen. Zur Zeit wüssten wir Ihnen keine einzige Ziegelei zu nennen, die allseitig geschlossene Hohlziegel herstellt. Die meisten Ziegeleien, die sich diesem Fabrikationszweig zuwandten, haben diesen wieder eingestellt, weil wohl in der Hauptsache Formgebungs- und Trockenschwierigkeiten die Fabrikation ungünstig beeinflussten.“²⁹⁰

Dennoch darf nicht außer Acht gelassen werden, dass in fast 20 Jahren des Experimentierens zahlreiche verschiedene Formen von geschlossenen Hohlziegeln produziert und für Steineisendecken verwendet worden sind (siehe Kapitel 4.2.3).

²⁹⁰ TIZ 51 (1927), S.1087.

5.2 Bewehrung

Bezüglich der im Folgenden behandelten Formen von Bewehrungseisen ist das Hauptaugenmerk auf die in den Patenttexten sowie in den historischen Quellen unmittelbar in Verbindung mit den Steineisendecken benannten Eiseneinlagen gelegt (siehe Band 3, Anlage 7: Übersicht der Bewehrungsformen). Neben diesen für die Steineisendecken gängigen Bewehrungsformen kamen vereinzelt auch Kahn- und Tachereisen, die aus dem Eisenbetonbau stammten, bei der Herstellung der Steineisendecken zur Verwendung.

5.2.1 Band- und Flacheisen, Rund- und Quadrateisen

Wie in der Ziegelindustrie (siehe Kap. 3.1.1) führte die schwere Wirtschaftskrise der 1870er Jahre, die mit dem Übergang zur Schutzzollpolitik verbunden war, auch in der deutschen Eisen- und Stahlindustrie zur Kartellbildung. Bereits in den 80er Jahren des 19. Jahrhunderts gelang es dem größten Teil der Bandeisenhersteller, sich zu einer Verkaufsvereinigung zusammenzuschließen. Bis zu diesem Zeitpunkt hatte Bandeisen in der Hauptsache für Beschläge und Verschlüsse an Kisten, für Fassreifen und anderes gedient.²⁹¹

Mit der Erfindung der Steineisendecken fand Bandeisen als Bewehrung Eingang in den Deckenbau.²⁹²

Aber auch das so genannte Flacheisen wurde zur Bewehrung von Steineisendecken verwendet.

Als Unterscheidungsmerkmal zwischen Band- und Flacheisen galt vornehmlich die Dicke der Eisen.²⁹³

In der vorliegenden Arbeit wird Eisen mit bis zu 5 mm Dicke als Bandeisen bezeichnet.

Bandeisen wurde in großen Längen hergestellt und gelangte, zu Rollen aufgehaspelt, auf die Bauplätze. Flacheisen war dagegen in Längen von 3 bis 10 m im Handel. Die „Normallänge“ betrug 6 m.

Es wurde in Breiten bis 180 mm hergestellt und mitunter auch als schmales Flacheisen bezeichnet.

Die so genannten breiten Flacheisen, auch Universaleisen genannt, wiesen Breiten bis 1000 mm auf.

Im Deckenbau kam Universaleisen jedoch aus nahe liegenden Gründen nicht zu Verwendung.²⁹⁴

Das für das Bauwesen vorgesehene Rundeisen war ein allgemeiner Handelsgegenstand und wurde nahezu von allen Eisenhandlungen auf Vorrat gehalten. Aufgrund der günstigeren Bezugsmöglichkeiten und der einfachen Verarbeitung gehörten Rundeisen zu den am meisten verwendeten Eiseneinlagen für Steineisendecken. In den Durchmessern von 5 mm bis 40 mm auch als Moniereisen bezeichnet, war es in Längen von 3 m bis 10 m, mitunter auch bis 14 m erhältlich.²⁹⁵

²⁹¹ Pieper (1963), S.10.

²⁹² Einen Überblick bezüglich der für die Herstellung von Steineisendecken gebräuchlichen Band- und Rundeisenquerschnitte liefern die Tabellen in Band 3, Anlage 14.

²⁹³ Bis 4 mm oder 5 mm dicke Eisen wurden in der historischen Literatur als Bandeisen bezeichnet. Es finden sich aber auch von der Breite des Eisens abgeleitete Definitionen. Mit Angaben von 115 mm oder 250 mm für Bandeisen streuen diese allerdings sehr stark. Vgl.: Stahlwerk-Verband A.-G (1913), S.60; Göbel (1913), S.4; Pieper (1963), S.175 u. a.

²⁹⁴ Stahlwerk-Verband A.-G (1913), S.60; Göbel (1913), S.4.

²⁹⁵ Rundeisen wurde in Durchmessern bis zu 250 mm produziert.

Die „Normallängen“ schwankten je nach Durchmesser des Eisens sowie in Abhängigkeit vom Hersteller zwischen 6 und 10 m. Für die zum Deckenbau verwendeten Rundeisen betrug die Lieferlänge meist 6 m. Wie die Lieferlängen der Rundeisenstangen, so waren auch die Abstufungen der Durchmesser²⁹⁶ nicht vereinheitlicht. Rundeisen wurden üblicherweise in Abstufungen von 1 mm, mitunter aber auch in Abstufungen von 2 mm und 0,5 mm gehandelt.²⁹⁷

5.2.1.1 Bemühungen zur Qualitätssteigerung

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts beschäftigten sich einige Konstrukteure damit, die Verbundfestigkeit von Bewehrungseisen und Mörtel zu verbessern. Dazu wurden Eisen mit eckigem Querschnitt beispielsweise um ihre Längsachse verdreht. Aus ursprünglich einfachen Bandeseisen entstand somit eine spiralförmige Bewehrung.²⁹⁸

Ebenfalls zur Erhöhung der Verbundfestigkeit wurden Bandeseisen mit „Warzen“ versehen. Diesen Bandeseisen ähnlich wurden Rund-, Quadrat- und Flacheisen hergestellt, die auf ihrer Oberfläche mit kegel-, kugel- oder pyramidenförmigen Erhöhungen versehen waren. Die besagten Bewehrungseisen

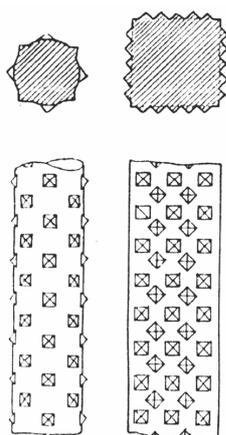


Abb. 5-9: Rund- und Quadrateisen mit pyramidenförmigen Erhöhungen

wurden in einem ausschließlich zu deren Herstellung errichteten Walzwerk von der Firma Thyßen & Co., Mülheim a. d. Ruhr und der „Gewerkschaft Deutscher Kaiser“ produziert und waren als Massenware erhältlich (Abb. 5-9).²⁹⁹

Aber es wurde nicht nur mit der Oberflächenbeschaffenheit der Stabeisen experimentiert, sondern auch deren Querschnittsform gab Anlass zur Verbesserung. So empfahl der Ingenieur Kornfeld aus Duisburg, statt der bekannten Vierkant- oder Rundeisen besser Dreikanteisen zu verwenden, denn Dreikanteisen waren sowohl in praktischer als auch in theoretischer Beziehung zu empfehlen:

Bei gleichem Flächeninhalt ergab deren größeres Trägheitsmoment einen höheren Widerstand gegen das Durchhängen des Deckenfeldes im Bauzustand. Ferner war der Umfang der Dreikanteisen größer, was die Haftfestigkeit zwischen Mörtel und Eisen erhöhen sollte. Der Hauptvorteil aber lag im tieferen Schwerpunkt der Dreikanteisen. Dadurch konnte bei

²⁹⁶ Erst im Jahre 1921 schlug der Normenausschuss der Deutschen Industrie nach Rücksprache mit der Abteilung für Beton- und Eisenbeton eine Liste zur Vereinheitlichung des Rundeisens vor. Auf dieser waren neben den heute gebräuchlichen Rundeisendurchmessern auch Eisen mit einem Durchmesser von 5, 7, 18 und 22 mm erfasst. Vgl.: Zur Vereinheitlichung des Rundeisens. In: BuE 20 (1921), S.173.

²⁹⁷ Das für den Deckenbau weniger bedeutende Quadrateisen wurde mit Kantenlängen von 5 mm bis 130 mm ausgewalzt. Bezüglich einheitlicher Querschnittsabstufungen gab es zwischen den produzierenden Walzwerken kein Übereinkommen. So fertigte beispielsweise die Burbacher Hütte bei Saarbrücken das für den Deckenbau in Frage kommende Quadrateisen mit Kantenlängen von 8 bis 37 mm in Abstufungen von 1 mm an, während das Peiner Walzwerk Quadrateisen bereits ab 5 mm Breite herstellte. Bis zu einer Stärke von 12 mm wurde dieses in Abstufungen von 0,5 mm gefertigt, darüber ebenfalls in 1-mm-Schritten. Die lieferbaren „Normallängen“ der Quadrateisen betrug analog den Rundeisen 6 bis 10 m. Vgl.: Göbel (1913), S.4; Lauenstein (1924), S.17.

²⁹⁸ Albert (1908), S.149. Bekannt sind heute die nach der Bauweise Ransome ebenfalls spiralförmig um die Längsachse verdrehten Quadrateisen, die im Eisenbetonbau Verwendung fanden.

²⁹⁹ DRGM Nr. 241033; DRGM Nr. 353119; DRGM Nr. 353524; ZdB 26 (1906), S.342; TIZ 32 (1908), S.2126.

identischer Deckendicke eine größere statische Höhe als bei der Verwendung gängiger Stabeisen erreicht werden. Zweifeln bezüglich möglicher höherer Herstellungskosten der Dreikanteisen stand die folgende Aussage von Albert gegenüber: „Die Anwendung der Dreikanteisen verteuert die Ausführung im Übrigen nicht im geringsten, da die Dreikanteisen durch die betr. Eisenwerke zu gleichem Preise wie die Vierkant- und Rundeisen geliefert werden sollen.“³⁰⁰

1910 und damit ca. zwei Jahre nach Bekanntwerden der beschriebenen Argumentation wurden Querschnittstabellen für Dreikanteisen veröffentlicht. Demnach ist davon auszugehen, dass diese Bewehrungsform tatsächlich Eingang in die Praxis gefunden hatte.³⁰¹

5.2.1.2 Verbreitung

Band- und Rundeisen waren mit Abstand die am weitest verbreiteten Bewehrungsformen für Steineisendecken (siehe Band 3, Anlage 7: Übersicht der Bewehrungsformen). Doch Bandeisen eigneten sich nicht uneingeschränkt für den Deckenbau. Aufgrund ihrer Querschnittsform waren sie auf einfache Weise nur um eine Achse biegsam. Für kreuzweise bewehrte Steineisendecken konnten die Bandeisen wegen ihrer Höhe nicht sinnvoll eingesetzt werden. Außerdem konnte man den hohen Schwerpunkt der Stabachse als Nachteil der Bandeisen werten. Dieser wirkte sich allerdings nur bei der Bemessung von Steineisendecken, die mit unverhältnismäßig hohen Bandeisen bewehrt wurden, nachteilig aus. Bei den vielfach genutzten Eisen mit Höhen von ca. 20 mm machte sich die Lage des Bewehrungsschwerpunktes im Rahmen der Deckenbemessung dagegen kaum negativ bemerkbar. Auf den ersten Blick ungünstig für die Bandeisen wirkte sich ein Preisvergleich mit den Rundeisen aus (Preisverhältnis: 1,00 zu 0,85). Doch glichen sich die unterschiedlichen Lieferpreise zwischen den beiden Bewehrungsformen beispielsweise dadurch wieder aus, dass der Haftspannungsnachweis für Rundeisen aufgrund ihrer geringeren Mantelfläche nicht so positive Ergebnisse lieferte wie bei den Bandeisen, und Rundeisen daher oftmals mit Endhaken versehen wurden.³⁰² Mitunter führte bereits der Verschnitt der in der Regel nur 6 m langen Rundeisenstangen dazu, deren Preisvorteil aufzuheben. So konnte bei Bandeisen, das in Bündeln von bis zu 30 m gehandelt wurde, mit deutlich weniger Verschnitt kalkuliert werden. Darüber hinaus erforderten Rundeisen breitere Fugen und somit einen höheren Mörtelverbrauch, der zudem eine Mehrarbeit beim Anmischen verursachte. Unter Berücksichtigung aller wirtschaftlichen Gesichtspunkte verschob sich das Preisverhältnis nicht selten zu Gunsten der Bandeisen.³⁰³

Anfangs noch vornehmlich mit Bandeisen ausgeführt, wurden viele der um 1900 erfundenen Steineisendecken bereits mit Rundeisen bewehrt. Gründe hierfür waren, dass Bandeisen sich nicht

³⁰⁰ Albert (1908), S.150.

³⁰¹ Boerner (1910a), S.102.

³⁰² In Bezug auf die zwischen Bandeisen und Mörtel erreichbare Verbundfestigkeit existierten bald unterschiedliche Meinungen. Es ist zwar richtig, dass Rundeisen die denkbar geringste Oberfläche zur Erzielung des Haftverbundes mit dem Mörtel aufwiesen. Doch haben zeitgenössische Versuche aufgezeigt, dass die Haftzugfestigkeit zwischen Mörtel und Bandeisen in bestimmten Fällen geringer als bei Rundeisen war. In diesen Fällen wirkte sich auch die mangelnde Formbarkeit der Bandeisen ungünstig auf ihre Verwendung aus, da Aufbiegungen bei den senkrecht in den Fugen stehenden Bandeisen nicht möglich waren. Vgl.: Roll (1932), S.27; ZdB 25 (1905), S.391.

³⁰³ Roll (1924), S.29f.

uneingeschränkt für die Bewehrung sämtlicher Steineisendeckensysteme geeigneten und verglichen mit den Rundeisen schwieriger zu beschaffen waren. Ab 1932 waren zur Herstellung von Steineisendecken nur noch Rundeisen zugelassen, folglich verschwanden Bandeisen gänzlich aus dem Steineisendeckenbau.³⁰⁴

5.2.2 Profileisen

Profileisen kamen als Bewehrung für Steineisendecken mit dem Ziel zum Einsatz, den Schalungsaufwand zu minimieren und Arbeitsabläufe zu vereinfachen (siehe Typ III.1 und Typ III.2). \perp -Eisen wurden beispielsweise als Bewehrung für Steineisendecken oftmals so angeordnet, dass die Ziegel direkt auf diese aufgesetzt werden konnten und keinerlei Deckenschalung erforderlich war. An \perp -Eisen aufgehängene Lehren machten zumindest eine Voll- oder Teilschalung entbehrlich.

Wechselnden Biegemomentenverläufen bei durchgehenden Platten konnte Profileisenbewehrung nicht in der Weise angepasst werden wie bei Rund- oder Quadrateisen, weil das Biegen der Profileisen nur begrenzt möglich war. Der Eisenverbrauch lag bei der Bewehrung der Decke mit Profileisen höher als bei der Verwendung von Stabeisen, auch waren Profileisen im Anschaffungspreis teurer.³⁰⁵ Profileisen wiesen bei vergleichbarer Querschnittsfläche eine größere Mantelfläche als Rundeisen auf. Dennoch war bereits um 1905 bekannt, dass die damit theoretisch mögliche Verbundfestigkeit zwischen Mörtel und Bewehrung in der Praxis nicht erzielt werden konnte. Außerdem war es schwierig, eine vollkommene Umhüllung der Profileisen mit Mörtel oder Beton zu gewährleisten, da der Kontakt von Mischgut und Eisen in den einspringenden Winkeln oftmals mangelhaft blieb.³⁰⁶

Profileisen konnten wie Stabeisen zur Verbesserung der Verbundeigenschaften mit dem Fugenmörtel mit kegel- oder kugelförmigen Erhöhungen auf ihrer Oberfläche produziert werden. Solche strukturierten Profile wurden zwar von der oben bereits genannten Firma Thyßen & Co. hergestellt, dennoch ließen sich in Auswertung der historischen Quellen keine Hinweise auf die Verwendung an der Oberfläche strukturierter Profileisen für die Herstellung von Steineisendecken finden. Es ist daher anzunehmen, dass diese Art von Profileisen nur sehr selten zur Bewehrung von Steineisendecken Verwendung fand.³⁰⁷

Profileisen ohne strukturierte Oberfläche waren als Bewehrung für einige wenige Steineisendeckensysteme von Bedeutung. Beispielhaft sind hier die Czarnikowsche Decke (Nr. 32) und Mauchersche Decke (Nr. 33) zu nennen, die jedoch keine erwähnenswerte Verbreitung erlangten.

³⁰⁴ Bestimmungen für Ausführung von Steineisendecken. In: Deutscher Ausschuss für Eisenbeton. (1932), S.47-54, hier 49.

³⁰⁵ Weidmann (1910), S.39.

³⁰⁶ Albert (1908), S.148.

³⁰⁷ TIZ 32 (1908), S.2126.

5.2.3 Sonstige Bewehrungseisen

Als Sonderform der Bewehrung ist die bei der Schürmannschen Decke (Nr. 2) genutzte so genannte Wellblech- oder Buckelschiene zu erwähnen (Abb. 5-10:). Der Name der Buckelschiene leitete sich von den abwechselnd zu beiden Seiten des Bandeisens hervortretenden „birnenförmigen Buckeln“ ab. Diese dienten der besseren Verzahnung der Bewehrung mit dem Fugenmörtel.³⁰⁸

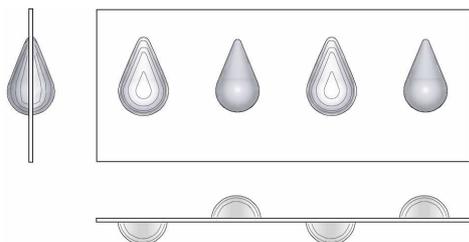


Abb. 5-10: Wellblech- oder Buckelschiene

Wellblechschienen wurden in Längen von 20 bis 25 m wie herkömmliches Band Eisen zu Rollen aufgewickelt. Der Standardquerschnitt der Wellblechschienen betrug 1,25x60 mm, seltener waren Eisen von 1,5x60 mm.³⁰⁹ Schürmanns Wellblechschiene fand eine beachtenswert große Verbreitung (siehe Kapitel 4.2.1). Das Patent aus dem Jahre 1894, das 1899 von Johann Franz Kleine übernommen worden war, erreichte eine Laufzeit von 14 Jahren.³¹⁰ Ein Grund für die lange

Wettbewerbsfähigkeit der Wellblechschiene findet sich in der Tatsache, dass man mit deren Kauf automatisch das Ausführungsrecht für die Schürmannsche Decke erwarb. Für die Bauenden war dies sehr bequem. Im Einzelverkauf waren für die Wellblechschienen etwa 50 bis 70 Pf pro m² Decke aufzuwenden.³¹¹

Aus dem so genannten Schwarzblech (Flusseisen) wurde die Bewehrung für die Ackermannsche Decke (Nr. 30), Germaniadecke (Nr. 34) und Blechträgerdecke (Nr. 36) geformt (siehe Band 3, Anlage 7: Übersicht der Bewehrungsformen). Schwarzbleche, auch als Fein- oder Sturzbleche bezeichnet, wurden in Stärken von 0,3 bis 5,5 mm ausgewalzt. Für die Ackermannsche Decke (Nr. 30) kamen aus Schwarzblech geformte Hohlträger mit Blechstärken von 1 bis 4 mm sowie Höhen von 45 mm (mitunter auch 50 mm) zur Verwendung. Vergleichbar den Trägern von Katz (siehe Blechträgerdecke, Nr. 36) wurden diese unter anderem zur Aufhängung von Putzträgern genutzt. Katz' Blechträger bestanden aus 0,5 mm dünnem Blech. Dieses wurde in der Hauptsache zu \perp -förmigen Trägern von 30/30 mm gebogen. Dabei entstanden Träger, die einen schmalen Hohlraum aufwiesen. Dagegen bildeten die von Carl Pötsch patentierten Hohlträger der Germania-Decke (Nr. 34) eine, an der

³⁰⁸ Um die Buckel aus den Bandeisens herauszudrücken, mussten die Bandeisens einen zweiten, kalten Walzprozess durchlaufen, mit dem deren Querschnittsverjüngung einherging. Auf mikroskopischer Ebene erfolgte damit eine Verschiebung der Werkstoffkristalle was mit einem lokalen Dehnungseffekt einherging - ein Prozess der heute unter dem Begriff Kaltverfestigung bekannt ist. Gegenüber der Zugfestigkeit von 4900 kg/cm² bei hochwertigem Band Eisen, besaßen die Wellblechschienen daher eine Zugfestigkeit von 5300 kg/cm² bis 5400 kg/cm². (5400 kg/cm² entsprechen 540 N/mm²; zum Vergleich: Die Zugfestigkeit eines S 235 (St 37) liegt zwischen 340 N/mm² bis 470 N/mm², die eines S 355 (St 52) zwischen 490 N/mm² bis 630 N/mm²). Vgl.: Issel (1902), S.77; Warth (1903), S.312; Kolbe (1905), S.268; Göbel (1913), S.3 u. a.

³⁰⁹ Schürmanns Massivdecken auf Wellblechschienen. In: SBZ 15 (1897), S.46-48, hier 46.

³¹⁰ DRP Nr. 80653.

³¹¹ Lange (1896), S.22; Massive Decke von F. J. Schürmann in Münster i. W. In: ZdB 15 (1895), S.76; F.J. Schürmann's Massivdecken auf „Wellblechschienen“. In: DBZ 30 (1896), S.423.

Unterseite offene, V-Form mit einer Höhe von 11 cm, die aus Blech mit einer Stärke von 3 mm geformt wurde.³¹²

Der Hohlträger von Ackermann sowie der Blechträger nach Katz waren jeweils sechs Jahre, der Hohlträger nach Pötsch sieben Jahre patentrechtlich geschützt.³¹³ Ihre Anwendung und Verbreitung als Bewehrung für Steineisendecken ist als nicht bedeutend zu bewerten. Besonderes negativ wirkte sich in diesem Zusammenhang aus, dass alle drei Bewehrungseisen als Sonderformen des Steineisendeckenbaus galten und aufgrund ihrer eingeschränkten und zweckgebundenen Verwendungsmöglichkeit nicht allorts vorrätig gehalten wurden. Anders als bei der zuvor beschriebenen Wellblechschiene von Schürmann stand diesem Nachteil kein entscheidender Vorteil gegenüber.

³¹² Vergleiche die zur Ackermannschen Decke (Nr. 30), Blechträgerdecke (Nr. 36) und Germania-Decke (Nr. 34) aufgeführte Literatur im Katalog (Band 2).

³¹³ DRP Nr. 128483; DRP Nr. 117350; DRP Nr. 113422.

5.3 Schalungen, Teilschalungen und Lehrgerüste

Viele Steineisendecken bedurften zu ihrer Herstellung eines stabilen Hilfsgerüsts. In Abhängigkeit davon, ob Deckenträger vorhanden waren, existierten zwei grundsätzliche Möglichkeiten der Einschalung. Zur Einschalung von Deckenfeldern ohne Deckenträger musste eine Unterkonstruktion aus Stützen und Unterzügen errichtet werden, deren Aufgabe es war, die eigentliche Schalung zu tragen. Waren dagegen Deckenfelder zwischen vorhandenen Deckenträgern zu errichten, wurde die Schalung in der Regel direkt an den Deckenträgern befestigt.

Spannte das Deckenfeld ohne Deckenträger frei über den zu überdeckenden Raum, musste zunächst eine Unterschalung aus ca. 10/10 bis 12/12 cm starken hölzernen Stützen und Unterzügen aufgestellt werden. Bei großen Schalungsgerüsten waren die Stützen untereinander durch Bretter auszukreuzen, um eine Verschiebung des Schalungsgerüsts zu verhindern.

Die eigentliche Schalung fertigte man aus Brettern in Stärken von 25-35 mm. War die Schalung dicht herzustellen, mussten besäumte Bretter verwendet werden. Durch Eintreiben von Holzkeilen im Bereich der Stützenfüße erfolgte die Höhenjustierung der Schalungsebene. Darüber hinaus ermöglichten es die Keile, das Schalungsgerüst nach dem Abbinden der Decke ganz allmählich und somit ohne Erschütterungen zu lockern. Die eigentliche Schalungsfläche konnte mit Sand begradigt werden. Um die Schalung für den Verguss der Steineisendecken völlig dicht herzustellen, wurde die Schalungsfläche mitunter mit Dachpappe ausgelegt.³¹⁴

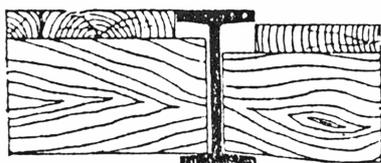


Abb. 5-11: Schalungsträger auf Untergurt aufgelegt

Bei der Herstellung von Decken zwischen I-Trägern war die Errichtung der Schalung davon abhängig, auf welchem Flansch die Decke ihr Auflager erhielt. In seltenen Fällen wurden Steineisendecken auf den Oberflanschen von I-Trägern gelagert. War dies der Fall, so bot es sich an, die hölzernen Schalungsträger direkt auf die unteren Eisenflansche zu legen (Abb. 5-11). Zur Justierung der Schalungshöhe wurden zwischen dem Unterflansch des I-Trägers und den hölzernen Schalungsträgern Keile eingetrieben.³¹⁵

Um auf dem unteren Flansch aufgelagerte Deckenfelder herzustellen, konnten so genannte Einschalungsklammern verwendet werden. Diese waren einseitig spitze, abgewinkelte Dorne. Mit dem spitzen Ende mussten die Dorne so tief in den hölzernen Schalungsträger geschlagen werden, dass das abgewinkelte Ende auf dem Unterflansch des I-Trägers fest auflag (Abb. 5-12).³¹⁶

Recht einfach war die Montage und Demontage der Schalung bei Verwendung von Hängevorrichtungen. Diese vermochten im Vergleich zu den Einschalungsklammern und ähnlichen Gerüsthaltern

³¹⁴ Issel (1902), S.77; Flakowski (1907), S.60; Verfahren zur Herstellung von Hohlsteindecken. In: ZdB 26 (1906), S.180 u. a.

³¹⁵ Weder (1909), S.108f; Kersten (1910), S.44.

³¹⁶ Kersten (1910), S.44.

größere Lasten zu tragen. Hängevorrichtungen konnten unterhalb oder oberhalb der Decke verschraubt werden. Dabei erfolgte die Verankerung des Schalungsträgers sowie die Höhenregulierung der eigentlichen Schalungsfläche jeweils über Schraubverbindungen. Das Ausschalen gelang auf einfache Weise durch Lösen der Verschraubungen. Für den Fall, dass die Hängeeisen über dem oberen Trägerflansch verschraubt wurden und somit durch die Decke hindurchführten, war es vorteilhaft, die Hängeeisen einzuölen. Damit wurde das Herausziehen der Eisen aus dem erhärteten Mörtel erleichtert.³¹⁷ Es kam auch vor, dass der Bereich um die Hängeeisen bei der Aufmauerung der Decken ausgespart blieb oder die Hängeeisen mit Pappe umwickelt wurden (Abb. 5-13).

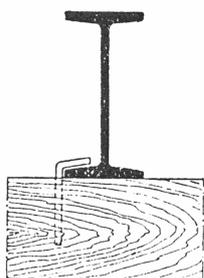


Abb. 5-12: Schalung mittels Einschalungsklammer am I-Träger befestigt

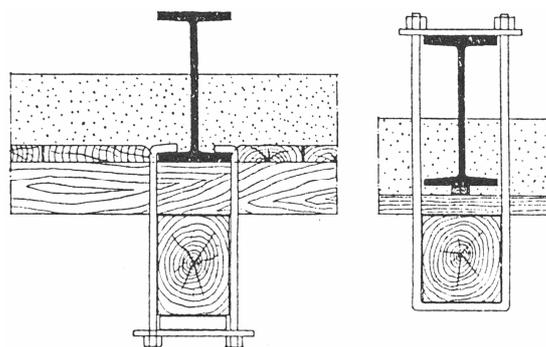


Abb. 5-13: Schalung mittels Hängeeisen am I-Träger befestigt

Eine offensichtlich recht weit verbreitete Schalungsmethode bediente sich der so genannten Schalkrebse. Diese wurden im Abstand von 60 bis 80 cm am Unterflansch der I-Träger eingehängt. In die U-förmigen Krebse eingeschobene Kanthölzer wirkten als Tragbalken für die Schalungsbretter. Waren die Kanthölzer zwischen die Schenkel der zumeist aus Rund- oder Quadrateisen bestehenden Krebse geschoben, mussten sie verkeilt werden. Mittels Stichnägeln wurden die Keile gegen ein vorzeitiges Lockern gesichert (Abb. 5-14).

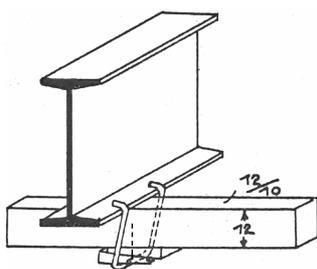


Abb. 5-14: Schalung mittels Schalkrebs am I-Träger eingehängt

die Kanthölzer zwischen die Schenkel der zumeist aus Rund- oder Quadrateisen bestehenden Krebse geschoben, mussten sie verkeilt werden. Mittels Stichnägeln wurden die Keile gegen ein vorzeitiges Lockern gesichert (Abb. 5-14).

Anstelle von Kanthölzern wurden auch Flacheisen zum Tragen der eigentlichen Schalungsebene genutzt. Diese wurden zumeist in Verbindung mit L-förmigen Hängeeisen angewendet. Die schalungstragenden Flacheisen mussten hierbei hochkant durch die senkrechten Schlitze der Hängeeisen geschoben und mit Eisenkeilen gesichert werden (Abb. 5-15).³¹⁸

Die wohl am weitest verbreitete Methode für die direkte Befestigung des Schalungsgerüsts an den I-Trägern ist im Folgenden beschrieben: Mittels des als Rüsteisen bezeichneten Hängeeisens (Flacheisenbügel ca. 40/8 mm) wurde der hölzerne Schalungsträger (Rüstholz) an den I-Träger gehängt. Dabei fand das Rüstholz sein Auflager auf einem unteren Steckeisen. Zwischen einem oberen

³¹⁷ Weder (1909), S.109f; Kersten (1910), S.45f.

³¹⁸ Wolf (1908), S.68; Bastine (1909), S.75; Opperbecke (1910), S.168f u. a.



Abb. 5-15: Flacheisen als Schalungsträger

Steckeisen und Trägerflansch war ein Keil zur Feinabstimmung der Schalungshöhe einzutreiben (Abb. 5-16).

Neben der leichten Handhabung der Rüsteisen barg die Möglichkeit, diese auf einfache Weise zu verlängern, einen zusätzlichen Nutzen. So konnte nach dem Ausschalen der Deckenfelder direkt an die vorhandenen Rüsteisen das zum Putzen der Deckenunterseite erforderliche Gerüst angehängt werden. Besonders bei sehr hohen Räumen konnte man sich somit durch die Einsparung von Holz für Rüstböcke sowie der Schaffung von Arbeitsfreiraum einen bautechnischen Vorteil verschaffen.³¹⁹

Der zuvor beschriebenen Methode ähnlich waren die „Verschalungshalter“. Diese wurden in Abständen von ca. 1,50 m in den oberen Trägerflansch eingehängt. Durch Drehen des Hebels (d) erfolgte das Anziehen des Bolzens (b) und somit das Anpressen der Schalung an den I-Träger. Sollte ein gewisser Abstand zwischen Schalung und Untergurt gewahrt bleiben, mussten so genannte Spalierlatten eingeschoben werden (Abb. 5-17).³²⁰

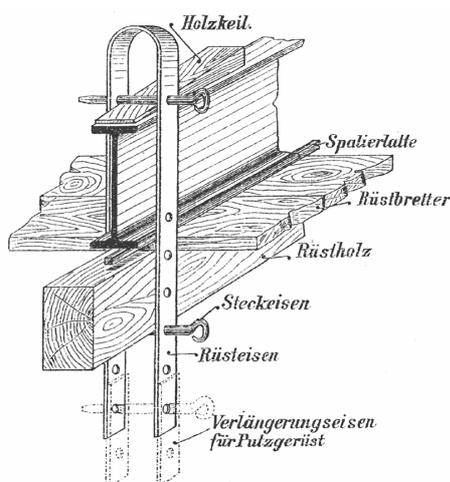


Abb. 5-16: Rüst- und Steckeisen als Schalungsträger

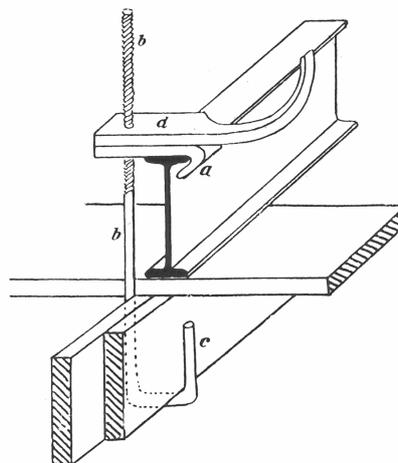


Abb. 5-17: Verschalungshalter

Neben dem Einsatz von Voll- und Teilschalungen kamen bei der Herstellung einiger Steineisendecken Lehrgerüste zur Verwendung. Diese wurden grundsätzlich wie die für Voll- und Teilschalungen erforderlichen Schalungsgerüste aus hölzernen Stützen und Unterzügen errichtet oder wurden ebenso an die eisernen Deckenträger angehängt. Die eigentliche Schalfläche bestand bei den Lehrgerüsten in der Regel aus Latten, die in einigem Abstand zueinander lagen. Dabei hatten die Latten oder Lehren die bereits von den Schalungen bekannten Aufgaben übernommen und stützten die zu erstellende

³¹⁹ Königer (1902), S.184; Kersten (1910), S.46; Opperbecke (1910), S.168 u. a.

³²⁰ Warth (1903), S.312; Opperbecke (1910), S.169.

Deckenfläche; außerdem nahmen sie die während des Bauvorganges auftretenden Lasten auf. Des Weiteren dienten die Lehren dazu, die Ziegel in ihrer Lage zu fixieren.³²¹

Lehrgerüste kamen nur bei ausgewählten Deckensystemen zum Einsatz, die speziell dafür konzipiert wurden (siehe Kapitel 3.3.2.3).

³²¹ Böhm-Gera (1917), S.11f.

5.4 Herstellungsverfahren für Steineisendecken

In der Vielzahl der historischen Quellen finden sich nur wenige Aussagen zu den für die Entstehung eines Deckenfeldes nötigen Arbeitsschritten. Nur einige Firmenschriften und Patenttexte geben in Ansätzen Hinweise über die vielfältigen Bauabläufe zur Herstellung der Steineisendecken. Zur Rekonstruktion der einzelnen Arbeitsschritte, die in engem Zusammenhang mit der Konstruktion, dem Entwicklungsstand des jeweiligen Deckensystems sowie einer gegebenenfalls vorhandenen Vorliebe für eine gewisse Arbeitsabfolge seitens der Bauarbeiter stehen, waren daher weitergehende Untersuchungen erforderlich (siehe Kapitel 1.3).

Im Folgenden sind zunächst die allgemeinen Bauabläufe, die zur Herstellung der Rohdecke nötig waren, zusammengefasst. Die ausführliche Abhandlung der für die Herstellung jedes Deckensystems nötigen Arbeitsschritte ist in den Anhang eingegliedert (siehe Band 2: Herstellungsverfahren).

Zur Errichtung eines Steineisendeckenfeldes waren in der Regel drei Hauptarbeitsschritte erforderlich: das Herstellen der Schalung (ggf. inklusive Hilfsgerüst), das Verlegen der Bewehrung sowie das Versetzen der Ziegel.

Nachstehend werden die möglichen Reihenfolgen des Verlegens der Bewehrung und Versetzens der Ziegel dargestellt. Die dabei gebräuchlichen Arten der Verarbeitung des Mörtels, die sich selbst für ein und dasselbe Deckensystem unterscheiden können, werden im Anschluss daran aufgeführt.

Nach dem Errichten der Schalung erfolgte das:

- Einbringen der Bewehrung und Versetzen der Ziegel parallel³²²
(charakterisiert die Mehrzahl der Deckensysteme, hauptsächlich aus der Zeit bis 1900)
- Versetzen der Ziegel, nachdem die Bewehrung bereits vollständig verlegt war
(charakterisiert spezielle Typen der Steineisendecken, Typen I.2, III.1 und III.2)
- Einbringen der Bewehrung, nachdem die Ziegel bereits vollständig versetzt waren
(charakterisiert spezielle Typen der Steineisendecken, aber auch Variante zur Herstellung einzelner Deckensysteme, vor allem aus der Zeit nach 1906, z. B. Lux-Decke (Nr. 51))

³²² Bei einigen kreuzweise bewehrten Steineisendecken erfolgte das Einbringen der Bewehrung in eine Spannrichtung und das vollständige Versetzen der Ziegel parallel; erst danach wurde die Bewehrung in die zweite Spannrichtung eingebracht. (charakterisiert einzelne Deckensysteme ab 1901, insbesondere aber nach 1907, z. B. Westphal-Decke (Nr. 60))

Auf folgende Arten konnte der Fugenmörtel in das Deckenfeld eingebracht werden:

- Stoß- und Längsfuge vermauert
(charakterisiert viele Deckensysteme aus der Zeit bis 1900, z. B. Kleinesche Decke (Nr. 1))
- Stoßfuge vermauert, Längsfuge im unteren Bereich vermauert, im oberen Bereich vergossen
(charakterisiert hauptsächlich Deckensysteme aus der Zeit um/ nach 1900, z. B. Förster-Decke (Nr. 27) und Kleinesche Decke (Nr. 1))
- Stoßfuge vermauert, Längsfuge vergossen
(charakterisiert einige Deckensysteme aus der Zeit nach 1907, vereinzelt auch früher, z. B. Mauchersche Decke (Nr. 33) und Kleinesche Decke (Nr. 1))
- Stoßfuge nicht vermörtelt, Längsfuge vergossen
(charakterisiert in der Hauptsache spezielle Typen der Steineisendecken aus der Zeit nach 1907, Typen IV.1, IV.2 und IV.3)
- Stoß- und Längsfuge vergossen
(charakterisiert spezielle Typen der Steineisendecken aus der Zeit nach 1901, verstärkt nach 1907, Typen V.1 bis V.5)

6 Typologie

Anders als die dem Verfasser bekannten bisherigen Veröffentlichungen zum Thema Steineisendecken hat die vorliegende Arbeit den Anspruch auf Vollständigkeit der Typendokumentation. Der Typologie kommt somit die Aufgabe zu, eine differenzierte Unterscheidung aller historischen Steineisendecken zu ermöglichen. Ein umfangreiches Ordnungssystem ist daher unerlässlich. Dieser Anspruch bestand für die im nachstehenden Kapitel 6.1 genannten Autoren nicht.

6.1 Bisherige Ansätze zur Ordnung aller Arten von Massivdecken

Erste Ansätze zu einer Ordnung aller Arten von Massivdecken finden sich bereits in der historischen Literatur.

Kersten schlägt in seinem Lehrbuch „Der Eisenbetonbau – Ein Leitfaden für Schule und Praxis“ von 1910 unter anderem eine Unterscheidung der Massivdecken nach dem zu ihrer Herstellung erforderlichen Rüstaufwand vor:

- „a) Decken, welche ein Schalungsgerüst erfordern,
- b) Decken mit tragfähigen Einlagen und nur teilweise erforderlicher Einschalung,
- c) Decken, deren Teilstücke fabrikmäßig hergestellt werden, und die keiner Schalrüstung bedürfen.“³²³

Unabhängig von seinen Vorschlägen behandelt Kersten Steineisendecken und Eisenbetondecken dann allerdings unter der Überschrift „Plattendecken“ gemeinsam innerhalb einer Gruppe.³²⁴

Wedepohl stellt in der zehnten Folge „Vom wirtschaftlichen Bauen“, erschienen im Jahre 1932, mehrere Ansätze zur Unterscheidung der Massivdecken vor. Diese stammen jeweils aus verschiedenen Literaturquellen, wie zum Beispiel dem „Beton-Kalender“ oder „Wasmuths Lexikon der Baukunst“, und orientieren sich an den verwendeten Trägern und Baustoffen, dem Schalungsaufwand sowie dem der Deckenart zugrunde liegenden Konstruktionsgedanken. Wedepohl grenzt zwar die Steineisendecken von den Eisenbetonplattendecken und Eisenbetonrippendecken ab, eine weitergehende Unterscheidung der verschiedenen Systeme einer der Massivdeckenarten findet sich jedoch in keinem seiner Ansätze.³²⁵

Entgegen den ersten Versuchen zur Unterscheidung der Massivdecken im Allgemeinen lassen sich in der historischen Literatur kaum Ansätze zur Typisierung der Steineisendecken finden.

Einen möglichen Ansatz liefert Kolbe, der in seiner Monographie „Die wichtigsten Decken und Wände der Gegenwart“ eine größere Anzahl der verschiedenen Systeme von Steineisendecken zu erfassen

³²³ Kersten (1910), S.5f.

³²⁴ Kersten (1910), S.6-26.

³²⁵ Wedepohl: Bewertungsverfahren von Deckenkonstruktionen. In: Stegemann (1932), S.134-163, hier 142f.

sucht. Zwar ordnet er die Steineisendecken ausschließlich alphabetisch anhand der Namen der Erfinder, deutet aber mit der Kapitelüberschrift „Ziegel-, Hohl- und Formsteindecken in Moniermauerung“ zumindest eine mögliche Typisierung nach den verwendeten Ziegeln an.³²⁶

In einem weiteren Sammelwerk über Steineisendecken, einem Handbuch für Praxis und Lehre mit dem Titel „Patentdecken“, behandelt Schrader unter der Überschrift „Die massiven Decken aus Ziegelsteinen“ Steineisendecken und eisenlose Ziegeldecken ohne erkennbare Systematik nebeneinander.³²⁷

Auch in dem von Emperger herausgegebenen „Handbuch für Eisenbetonbau“ werden die Steineisendecken untereinander nicht geordnet. In der zweiten Auflage stellt Paul Bastine, der unter anderem die Bearbeitung des Kapitels „Die Decken“ übernahm, unter der Zwischenüberschrift „Eisensteindecken“ 18 Deckensysteme in offensichtlich willkürlicher Folge vor. Eine Typisierung ist dabei nicht zu erkennen.³²⁸

Wie in der bisher genannten, die Steineisendecken besprechenden historischen Literatur, so findet auch in dem einzigen hier nennenswerten gegenwärtigen Handbuch für die Praxis und Lehre, „Typische Baukonstruktionen von 1860 bis 1960“ von Ahnert und Krause, keine differenzierte Typisierung der Steineisendecken statt.³²⁹

Die in der erfassten Literatur erkennbaren Ansätze zur Typisierung gehen insgesamt nicht über eine erste grobe Gliederung der Massivdecken im Allgemeinen und der Steineisendecken im Besonderen hinaus. Eine differenzierte Unterscheidung der zahlreichen Steineisendecken hinsichtlich verschiedener Merkmale ist damit nicht möglich.

6.2 Mögliche Kriterien zur Typenbildung

Bei der Entwicklung einer Typologie für Steineisendecken bieten sich zunächst verschiedene typenkonstituierende Merkmale an, so zum Beispiel:

- die Bauform der Decke,
 - Trägerart; z. B. trägerlos, I-Träger, Eisenbetonbalken

- die Art und Form des verwendeten Materials,
 - Ziegel; z. B. Vollziegel, rechteckige Hohlziegel, Formziegel
 - Bewehrung; z. B. Rundeisen, Bandeisen, Profileisen
 - Mörtel; z. B. Gipsmörtel, Kalkzementmörtel, Zementmörtel

³²⁶ Kolbe (1905), S.7, 221-274.

³²⁷ Schrader (1912), S.5-49.

³²⁸ Bastine (1913), S.2-33. Auch die 1923 erschienene dritte Auflage erfährt dahingehend keine Änderung. Vgl.: Bastine (1923), S.2-31.

³²⁹ Ahnert (2001b), S.75-90.

- die Art und Weise der Herstellung,
 - Rüstaufwand; z. B. Vollschalung, Teilschalung, Lehrgerüste
 - Fügetechnik der Ziegel; z. B. vermauert, in Teilen vergossen, komplett vergossen
 - Verschlussstechnik der Ziegel; z. B. offene Ziegel, durch Röhren verbundene Ziegel, mit Platten verschlossene Ziegel

- die Konstruktion,
 - Lage der Bewehrung; z. B. in der Längsfuge, im Ziegel, unterhalb des Ziegels
 - Lage der Ziegel; z. B. einlagig, zweilagig, parallel zum Deckenaufleger

- das Tragverhalten.
 - Spannrichtung; z. B. einachsig, zweiachsig
 - Einspannwirkung; z. B. frei aufgelagert, teilweise eingespannt
 - Plattentragwirkung; z. B. Einfeldplatte, Durchlaufplatte

Aus der Vielzahl der Möglichkeiten, die sich für die Typisierung der Steineisendecken bieten, sind diejenigen Kriterien zu wählen, mit denen sich das mit der Typologie verfolgte Ziel erreichen lässt.

6.3 Typologie der Steineisendecken hinsichtlich Ziegel, Konstruktion und Herstellung

Ziele der Typologie sind die Einteilung der Steineisendecken in Typen aufgrund gemeinsamer Eigenschaften sowie die Charakterisierung der einzelnen Deckensysteme, um somit ein Ordnungssystem zu schaffen, welches die eindeutige Zuordnung aller zwischen 1892 und 1925 auf dem deutschen Baumarkt präsenten Steineisendecken gewährleistet. Als Ergebnis steht eine Klassifizierung der historischen Deckensysteme als Basis für weitere Untersuchungen zur Verfügung.

Dem Praktiker gestattet die Typologie bereits bei der konstruktiven Untersuchung der historischen Steineisendecken vor Ort die eindeutige Bestimmung jeder Decke.

Hauptordnungspunkte der Typologie bilden die Art der verwendeten Ziegel sowie charakteristische Merkmale der Deckenherstellung und -konstruktion (siehe Band 3, Anlage 3: Typologie).

Da die Ziegel großen Einfluss auf die Art der Herstellung der Deckenfelder hatten und zudem oftmals wesentlicher Gegenstand der Patente und Gebrauchsmuster waren, bilden sie die erste Ebene der Typologie.³³⁰

³³⁰ Würden die anderen, bei der Herstellung der Steineisendecken zur Verwendung kommenden Materialien, als typenkonstituierende Merkmale gewählt, bestünde keine Möglichkeit zur Differenzierung der zahlreichen Deckensysteme. So wäre eine Typologie auf der Basis der zur Herstellung der Decken verwendeten Bewehrung nicht ratsam, da beispielsweise annähernd 20 Deckensysteme sowohl mit Rund- als auch mit Bandeisen hergestellt werden konnten. Noch schwieriger würde sich der Versuch gestalten, eine Typologie auf der Basis der verwendeten Mörtelarten zu bilden.

Bei der Auswahl der typenkonstituierenden Merkmale wurde die besondere Bedeutung des Herstellungsprozesses als Kriterium für die differenzierte Unterscheidung der zahlreichen Decken deutlich. Darüber hinaus war zu erkennen, dass nur die Kombination mehrerer Konstruktionsmerkmale die Bildung einer Typologie ermöglicht, die so differenziert ist, dass sie die eindeutige Zuordnung jeder historischen Steineisendecke gewährleistet. Die zweite Ebene der Typologie wird daher durch gegebenenfalls vorhandene Besonderheiten, die im Zusammenhang mit dem Herstellungsprozess der Decken stehen, gekennzeichnet:

- Formziegel verzahnt oder nicht verzahnt
- Voll- oder Formziegel von der Bewehrung gestützt
- Formziegel ohne Vermörtelung der Stoßfuge verlegt
- Hohl- oder Formziegel mit geschlossenen Hohlräumen

Wie die Aufstellung in 6.2 zeigt, wären auch andere Kriterien, die im Zusammenhang mit der Herstellung der Decken stehen, als typenkonstituierende Merkmale denkbar.³³¹

In der dritten Ebene werden die zuvor benannten Besonderheiten differenziert.³³²

Einen Sonderfall innerhalb der Typologie stellt Typ I dar. Hier werden all jene Decken berücksichtigt, für die sich keine Besonderheit im Zusammenhang mit der Verarbeitung der Ziegel erkennen lässt. Um diese Gruppe differenzieren zu können, wurden daher bewehrungsspezifische Eigenschaften als weitere typenunterscheidende Merkmale eingeführt.

³³¹ Allerdings würde beispielsweise die Unterscheidung nach dem zur Herstellung der Deckenfelder erforderlichen Rüstaufwand keine eindeutige Zuordnung der im Katalog erfassten Steineisendecken ermöglichen, da zahlreiche Decken sowohl auf einer Voll- als auch auf einer Teilschalung hergestellt werden konnten. Auch die Unterscheidung nach der Fügetechnik der Ziegel würde nicht zum Ziel führen, denn die Ziegel mehrerer Deckensysteme waren beliebig zu vermauern oder zu vergießen.

³³² D. h. wenn beispielsweise in der zweiten Ebene als typenkonstituierendes Merkmal bestimmt wird, dass bei der Verarbeitung der Ziegel die Hohlräume geschlossen werden, so wird in der dritten Ebene herausgestellt, auf welche Art und Weise der Verschluss der Ziegel erfolgt.

7 Baupolizeiliche Zulassung von Steineisendecken

Die Industrialisierung führte in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts im Deutschen Reich zu einschneidenden Veränderungen im Bauwesen. Das Bauwesen begann sich in verschiedene Fachdisziplinen zu gliedern. Gleichzeitig entstand eine unüberschaubare Vielfalt an Bauprodukten. Die Zulassung der neuen Baustoffe und Bauarten oblag den örtlichen Baupolizeibehörden, eine zentrale deutsche Zulassungsstelle existierte nicht. Folglich bestanden teilweise unterschiedliche Beurteilungskriterien und Ausführungsvorgaben.

Mit dem Ziel, die Standfestigkeit und Sicherheit der Bauten sicherzustellen und somit das Leben und die Gesundheit der Bürger zu schützen, überprüfte die Baupolizei die Zuverlässigkeit der neuen Baustoffe und beurteilte deren Anwendbarkeit.

Die Zulassungsbereiche erstreckten sich von Baukonstruktionen, etwa aus dem Bereich des Stahl- und Mauerwerkbaus, bis hin zu einzelnen Bauprodukten, beispielsweise jenen für den Brandschutz.³³³

Das folgende Kapitel informiert über die Entwicklung der baupolizeilichen Zulassung von Steineisendecken. Bis um 1905 kam dabei Probelastungen eine entscheidende Bedeutung zu. Daher ist den Probelastungen der Hauptteil des Kapitels gewidmet. Ausführlich werden die verschiedenen Arten der Versuchsaufbauten vorgestellt. Darüber hinaus werden die Art und Weise der Messung der Durchbiegungen, die Qualität der publizierten Ergebnisse sowie der Wert der Probelastungen für die Entwicklung historischer Bemessungsverfahren diskutiert.

7.1 Entwicklung der Zulassung

7.1.1 Allgemeine Genehmigung zur Ausführung einer Steineisendecke

Rechnerische Nachweise für Steineisendecken wurden erst im Jahre 1904 als anerkannte Methode zur Ermittlung der Deckentragfähigkeit bauaufsichtlich eingeführt (siehe Kapitel 8.1). In den Jahren zuvor mussten, um die Abnahme einer ausgeführten Decke durch die Baupolizeibehörden zu erwirken, häufig Belastungsversuche durchgeführt werden. Doch schon bald führten der damit verbundene Aufwand sowie die Schwierigkeit, in einem fertig gestellten Gebäude Decken auf die Erfüllung der baupolizeilichen Anforderungen hin zu überprüfen, zur Erteilung von baupolizeilichen Zulassungen in Form der Allgemeinen Genehmigungen.³³⁴

³³³ Wedler (1961), S.6f; Schmidt-Staudinger, Renate: Zur Geschichte des Zulassungswesens in Deutschland in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts. In: DIBt Mitteilungen 37 (2006), S.173-179, hier 174f.

³³⁴ Baltz (1900), S.309.

Die Allgemeine Genehmigung war ein bauspezifisches Instrument und diente ausschließlich der Vereinfachung der baupolizeilichen Abnahme von Steineisendecken, Eisenbetondecken sowie massiven Treppen. Sie betraf grundsätzlich zwei Aspekte: das Unternehmen und die Konstruktion. Mittels der Allgemeinen Genehmigung wurde eine bestimmte, als zuverlässig geltende Person, Firma oder Gesellschaft von Seiten der Baupolizeibehörde zur Herstellung einer ganz bestimmten, genehmigten Konstruktionen im Wirkungskreis der ausstellenden Behörde autorisiert. Probelastungen zur baupolizeilichen Abnahme der genehmigten Konstruktion waren damit in der Regel nicht mehr erforderlich.³³⁵

Anfangs verbanden die meisten Baupolizeibehörden die Erteilung einer Allgemeinen Genehmigung mit der Pflicht für den Antragsteller, die Tragfähigkeit des betreffenden Deckensystems selbständig durch Belastungsversuche an einem beliebigen Bau nachzuweisen. Bis 1900 gingen jedoch viele Baupolizeibehörden dazu über, die Unternehmer zwecks Durchführung derartiger Probelastungen an autorisierte Versuchsanstalten zu verweisen. Auf diesem Wege versuchten sie, eine Gewähr für die gleichmäßige Versuchsausführung sowie für die Registrierung der Ergebnisse zu erhalten.³³⁶

In Berlin mussten beispielsweise seit dem Ministerialerlass vom 20. April 1898 Probelastungen im Rahmen der Allgemeinen Genehmigung von Deckensystemen in der *Mechanisch-Technischen Versuchsanstalt der Königlichen Versuchsanstalten* (Charlottenburg) ausgeführt werden. Ab dem 10. August 1898 war dabei nach der *Verfügung betreffend die geschäftliche Behandlung der Anträge auf Genehmigung von Decken- und Treppenkonstruktionen* zu verfahren. Demnach waren die betreffenden Anträge auf eine Allgemeine Genehmigung unter Beifügung der Konstruktionsbeschreibung, der erforderlichen Zeichnungen und der statischen Nachweise an die Baupolizeibehörde zu richten. Diese prüfte sämtliche Unterlagen darauf, ob das betreffende Deckensystem als förderlich für die Verbesserung derartiger Konstruktionen anzusehen war und gab bei Befürwortung die entsprechenden Unterlagen an die Versuchsanstalt weiter.³³⁷

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Probelastung legte die Baupolizeibehörde die Bedingungen für die Ausführung des Deckensystems fest und erteilte die Allgemeine Genehmigung. Diese galt vorerst in den Stadtkreisen Berlin und Charlottenburg, nach 1900 zusätzlich in Schöneberg und Rixdorf.³³⁸

Die folgenden Firmen waren autorisiert, die genannten Steineisendecken im Berliner Raum auszuführen:³³⁹

³³⁵ Baltz (1900), S.309.

³³⁶ In der Abteilung für Baumaterialprüfung. In: MktV 15/16 (1897/98), S.299-303, hier 300.

³³⁷ Gewöhnliche Gewölbekonstruktionen wie Preußische Kappen, Kreuzgewölbe usw. gehörten zum Stand der Technik und konnten daher von den Baufirmen ohne besondere Genehmigung ausgeführt werden. Vgl.: Baltz (1900), S.309.

³³⁸ Baltz (1900), S.311, 452.

³³⁹ Baltz (1900), S.313-318.

- **Regierungs-Baumeister Stapf, Berlin**

Kleinesche Decke (Nr. 1), genehmigt seit 13. Juni 1895 (unter anderem für Wohngebäude mit Deckenspanweiten bis 2,85 m),

Schürmannsche Decke (Nr. 2) aus Vollsteinen auf Wellblechschienen sowie aus Lochkeilsteinen (keilförmige Hohlziegel), genehmigt seit 3. September 1898 (unter anderem für Wohngebäude mit Deckenspanweiten bis 2,15 m).

- **Firma Höfchen und Peschke**

Schürmannsche Decke (Nr. 2) aus Vollsteinen auf Wellblechschienen, genehmigt seit 18. Juni 1896 (unter anderem für Wohngebäude mit Deckenspanweiten bis 1,50 m),

Schürmannsche Decke (Nr. 2) aus Lochkeilsteinen, genehmigt seit 27. März 1897 (unter anderem für Wohngebäude mit Deckenspanweiten bis 2,15 m).

- **Feodor W. und M. Müller (Architekten), Berlin**

Victoriadecke (Nr. 3), genehmigt seit 2. Februar 1899,

Müllersche Decke (Nr. 19), genehmigt seit 10. März 1899.

- **Maurer- und Zimmermeister Dabbert und Hütten**

Dabbert und Hützensche armierte Mauersteinplatte (Nr. 9), genehmigt seit 30. Dezember 1896 (unter anderem für Wohngebäude mit Deckenspanweiten bis 2,30 m).

- **Maurermeister W. Düsing**

Düsings Tragplatte (Nr. 8), genehmigt seit 15. Mai 1899.

- **Julius Donath & Company, Berlin**

Donathsche Hohlsteindecke (Nr. 15), genehmigt seit 29. April 1899.

- **Architekt Paul Hundrieser / Hundrieser & Co., Charlottenburg**

Hundriesersche Decke (Nr. 20), genehmigt seit 24. Februar 1899.

- **August Selchow, Köpenick**

Benysche Decke (Nr. 29), genehmigt seit 31. Mai 1898.

Die baupolizeiliche Abnahme der sachgemäßen Ausführung der Decke vor Ort war ebenfalls im Rahmen der oben erwähnten Verfügung geregelt. Gelang es den Bezirksbeamten nicht, die Decke während ihrer Herstellung zu inspizieren, musste diese nachträglich geöffnet werden. An mindestens zwei freigelegten Stellen waren die verwendeten Materialien sowie die Geometrie und Anordnung der einzelnen Konstruktionsteile auf ihre Übereinstimmung mit den der Allgemeinen Genehmigung zugrunde gelegten Details zu prüfen. Wurden dabei unzulässige Abweichungen bemerkt, konnte es passieren,

dass nicht nur die Decke abgerissen werden musste, sondern der Baufirma darüber hinaus die Allgemeine Genehmigung zur Ausführung der Decke entzogen wurde.³⁴⁰

7.1.2 Zulassung der Steineisendecken nach den *Eisenbeton-Bestimmungen*

1904 wurden die *Bestimmungen über die Ausführung von Konstruktionen aus Eisenbeton bei Hochbauten (Eisenbeton-Bestimmungen)*, die sinngemäß auch auf Steineisendecken anzuwenden waren, eingeführt. Daraufhin erlosch die Gültigkeit sämtlicher Allgemeiner Genehmigungen zur Ausführung spezieller Steineisendecken im Berliner Raum. Ab diesem Zeitpunkt durften Steineisendecken in ganz Preußen von jedermann hergestellt werden. Außerdem genügte die statische Berechnung einer Steineisendecke nach den *Eisenbeton-Bestimmungen* für ihre baupolizeiliche Zulassung. Nur wenn kein zutreffender statischer Nachweis der Decke erbracht werden konnte, wurde diese durch Probelastungen auf ihre Tragfähigkeit hin untersucht.³⁴¹

Im Rahmen der baupolizeilichen Zulassung eines Steineisendeckensystems war nunmehr lediglich die Druckfestigkeit der verwendeten Ziegel zu prüfen.

Zur Abnahme jeder Steineisendecke vor Ort musste ein aktuelles Zeugnis über die Druckfestigkeit der Ziegel vorliegen. Infolgedessen verschoben sich die Bemühungen um die Zulassung einer Steineisendecke von den ausführenden Baufirmen hin zu den Produzenten der Ziegel sowie den Patentinhabern der Deckensysteme. Die Baufirmen, die noch Jahre zuvor keine Mühen gescheut hatten, um eine Allgemeine Genehmigung zur Ausführung einer Steineisendecke zu erlangen, erwarben diese nun gewissermaßen mit dem Kauf der Ziegel.³⁴²

Gemäß den 4. *Eisenbeton-Bestimmungen*, aus dem Jahre 1925, die nahezu in allen deutschen Ländern Gültigkeit erlangten, waren unter anderem die folgenden Stellen für die landesbezogene Zulassung von Decken und anderen Bauelementen zuständig:

- Preußen Staatliche Prüfungsstelle für statische Berechnung in Berlin
- Bayern Mechanisch-Technisches Laboratorium in München und das Materialprüfungsamt der Bayrischen Landesgewerbeanstalt in Nürnberg
- Sachsen Sachverständigenausschuss für einheitliche Prüfung von Baustoffen und Baukonstruktionen beim Ministerium des Inneren in Dresden
- Hessen Ministerialabteilung für Bauwesen in Darmstadt

³⁴⁰ Baltz (1900), S.310.

³⁴¹ Baltz (1905), S.452. Obwohl die Bestimmungen des preußischen Ministeriums für die übrigen deutschen Staaten nicht maßgebend waren, wurden sie dennoch von den meisten Baupolizeibehörden auch außerhalb Preußens berücksichtigt. Diese Vorreiterrolle hatte unter anderem seinen Grund im Status Berlins als Hauptstadt des Deutschen Reiches. Demzufolge ist davon auszugehen, dass neben der Mechanisch-Technischen Versuchsanstalt der Königlichen Versuchsanstalten zu Charlottenburg auch die meisten Laboratorien und Versuchsanstalten anderer deutscher Länder und Verwaltungsbezirke Probelastungen zur Erteilung Allgemeiner Genehmigungen ebenfalls nur bis 1905 durchführten. Vgl.: Beton-Kalender 1906 (1905), S.64-67; Weder (1909), S.545; Roll (1932), Vorwort.

³⁴² Runderlass, betreffend die Druckfestigkeit der Deckensteine bei Ausführung ebener Decken aus Ziegelsteinen mit Eisen- einlage. In: ZdB 25 (1905), S.221.

- Anhalt Staatliche Prüfungsstelle für statische Berechnungen bei der Regierung, Abteilung des Inneren in Dessau
- Hamburg Abteilung für statische Prüfungen der Baupolizeibehörde in Hamburg³⁴³
- Lübeck Baupolizeibehörde in Lübeck³⁴⁴

Unabhängig von der Zulassung einer Decke blieb die Zuständigkeit der Baupolizeibehörden zur verantwortlichen Prüfung der Decke im Einzelfall weiter bestehen. Infolgedessen hatten die Baupolizeibehörden weiterhin darauf zu achten, dass die zugelassenen Baustoffe und Deckensysteme technisch einwandfrei verwendet und die bei der Zulassung auferlegten Bedingungen eingehalten wurden. Auch war die jeweilige Baupolizeibehörde autorisiert, im Einzelfall weitere Auflagen zu machen.³⁴⁵

Nachdem die Zulassung von Deckensystemen viele Jahre in der Verantwortung des jeweiligen Landes lag, trat im Jahre 1938 die *Verordnung über die allgemeine baupolizeiliche Zulassung neuer Baustoffe und Bauarten* in Kraft. Ab diesem Zeitpunkt bestimmte der Reichsarbeitsminister über die baupolizeiliche Zulassung sämtlicher Baustoffe und Bauarten im gesamten Deutschen Reich.³⁴⁶

7.2 Probelastungen an Steineisendecken

7.2.1 Versuchsaufbau und Durchführung

7.2.1.1 Probelastungen vor Ort

Probelastungen vor Ort waren bis etwa 1895 häufig Voraussetzung für die Abnahme der jeweiligen Steineisendecke durch die Baupolizei. Darüber hinaus führten Bauunternehmer und Patentinhaber Probelastungen in Gegenwart von Fachleuten und Journalisten durch, um damit die Anwendung ihres Systems anzupreisen. Oftmals wurden sie auch dazu genutzt, dem Bauherrn darzulegen, dass die fertige Decke der gestellten Anforderung an deren Tragfähigkeit genüge.³⁴⁷

³⁴³ laut Geltungsbereich der Bauordnung für die Stadt Hamburg vom 19. Juli 1918

³⁴⁴ Deutscher Ausschuss für Eisenbeton (1925), S.34; Gehler (1925), S.202f; Frick (1927), S.290.

³⁴⁵ Erlass, betreffend Zulassung neuer Bauweisen für ebene Steindecken. In: Bestimmungen über die bei Hochbauten anzunehmenden Belastungen und über die zulässigen Beanspruchungen der Baustoffe. (1934), S.10-11.

³⁴⁶ Lediglich diejenigen Anträge auf baupolizeiliche Zulassung von Baustoffen und Bauarten, die vor dem 31. Dezember 1937 bei den einzelnen Ländern gestellt worden waren, waren bis zum 1. April 1938 für das Gebiet des jeweiligen Landes noch von diesem selbst zu entscheiden gewesen. Konnte das Verfahren bis zum 1. April 1938 nicht abgeschlossen werden, so waren die entsprechenden Akten an den Reichsarbeitsminister zur Weiterbehandlung abzugeben. Dabei wurden die ursprünglich für ein spezielles Land gestellten Anträge so behandelt, als seien sie für das ganze Reich gestellt. Eines neuen Antrages auf Zulassung für das ganze Reich bedurfte es daher nicht. Jedoch konnten frühere Zulassungen, die ursprünglich für das Gebiet eines Landes ausgesprochen worden waren, wegen der verschiedenartigen Baupolizeigesetzgebungen der Länder nicht auf das ganze Reich ausgedehnt werden. Sollten diese für das gesamte Deutsche Reich Gültigkeit erlangen, bedurfte es hierzu eines neuen Antrages. Vgl.: Verordnung über die allgemeine baupolizeiliche Zulassung neuer Baustoffe und Bauarten. In: Berlitz (1938), S.127f; Rundschreiben, betreffend Allgemeine baupolizeiliche Zulassung neuer Baustoffe und Bauarten. In: Berlitz (1938), S.128.

³⁴⁷ Pauser (1994), S.55; Probelastung von Decken. In: MktV 17 (1899), S.115-119, hier 115.

In der Hauptsache fanden die vor Ort durchgeführten Belastungsversuche mittels ruhender Last statt. Um die zu belastende Teilfläche des zu prüfenden Deckenfeldes vor dem Aufstapeln der Belastungskörper zu begradigen, wurde häufig eine 3 cm bis 5 cm dicke Sandschicht aufgebracht. Als Auflast konnten Ziegelsteine, Eisenbarren, Schienenstücke oder mit Sand gefüllte Säcke dienen. In seltenen Fällen erfolgte die Belastung durch mit Wasser gefüllte Reservoirs.³⁴⁸

Im Zusammenhang mit der Auswertung der historischen Berichte über vor Ort durchgeführte Probelastungen an Steineisendecken fällt auf, dass die Deckenfelder häufig unglaublich stark belastet wurden, ohne dabei die geringste Spur einer Schädigung zu zeigen. Teilweise finden sich in den Veröffentlichungen nicht einmal Hinweise auf nennenswerte Durchbiegungen. Diese Beobachtungen führten im Jahre 1899 zu einer intensiven Diskussion über die Durchführung von Probelastungen.³⁴⁹ Um die bei den Probelastungen auf den Baustellen gängigen Belastungsweisen zu beurteilen, hatte der damalige Vorsteher der *Prüfungsstation für Baumaterialien der Mechanisch-Technischen Versuchsanstalt* in Charlottenburg, Max Gary, folgenden Versuch ausgeführt:

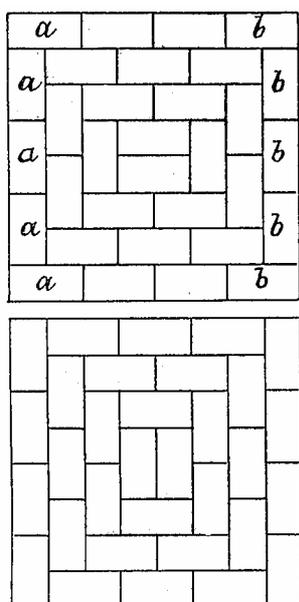


Abb. 7-1 [im Verband verlegte erste und zweite Ziegelschicht]

„Zwischen zwei, auf niederen Stützmauern liegenden I-Eisen wurde eine Bretterschalung hergestellt und gegen den Boden durch quer gelegte Brettstücke, Holzklötze und Sandsäcke abgestützt. Die Spannweite betrug 1 m und die Tiefe des Feldes ebenfalls 1 m. Über die Bretterschalung wurde eine dünne Sandschicht ausgebreitet und auf diese wurden Mauersteine gepackt. Abbildung 7-1 [im Verband verlegte erste und zweite Ziegelschicht] zeigt die Anordnung der ersten und zweiten Steinschicht. Die übrigen Steinschichten wurden aufgelegt, ohne dass besondere Sorgfalt auf einen regelmäßigen Verband der Steine unter einander verwendet wurde. ... Hierauf wurden die Sandsäcke geöffnet; die Bretterschalung mit der aufruhenden Last konnte sich nunmehr frei senken. Nach Entfernung der Sandsäcke, der Stützen und mittleren Schalbretter, sowie der lose gewordenen Steine ergab sich der in Abbildung 7-2 [frei tragende Auflast] dargestellte Zustand. ... Viele Steine hätten noch aufgepackt werden können, ohne dass ein Zusammenbruch zu befürchten stand.“³⁵⁰

³⁴⁸ Diese Art der Probelastung wurde in der Zeit bis um 1900 gelegentlich durch Wurfproben ergänzt. Ziel der Wurfproben war es, den Widerstand der Decke gegen die durchschlagende Wirkung eines fallenden Gewichtes zu prüfen. Als „Fallgewichte“ dienten u. a. große Steine, schmiedeeiserne Ambosse oder gusseiserne Kugeln mit einem Gewicht von 30 kg bis 50 kg. Einheitliche Regelungen bezüglich der Gewichte sowie zu den Fallhöhen existierten nicht. Infolgedessen wurden die Gewichte aus ganz unterschiedlichen Höhen, je nach Geschosshöhe bis zu 5 m, mehrfach auf dieselbe Stelle des Deckenfeldes fallen gelassen. Vgl.: Steindecken mit Bandeisen-Einlagen. In: DBZ 28 (1894), S.328, Einiges über Belastungsproben. In: BuE 3 (1904), S.44-46, hier 45 u. a.

³⁴⁹ Probelastung von Decken. In: MktV 17 (1899), S.115-119; Probelastung von Decken. In: ZdB 19 (1899), S.482-483; Probelastung für Decken. In: DBZ 33 (1899), S.539-542; Probelastung von Decken. In: TIZ 23 (1899), S.1382-1384. Eine einzelne kritische Äußerung über die Art der Durchführung von Probelastungen datiert bereits aus dem Jahre 1890. Der Autor weist in dem Artikel darauf hin, dass die Auflast bei Probelastungen häufig eine ganz beträchtliche eigene Steifigkeit besitzt. Er erkannte, dass in diesen Fällen die Lastverteilung statisch unbestimmt und in hohem Grade von Zufälligkeiten abhängig war. Vgl.: Versuche mit Gewölben aus verschiedenen Baustoffen. In: ZdB 10 (1890), S.463.

³⁵⁰ Probelastung von Decken. In: MktV 17 (1899), S.115-119, hier 116f.

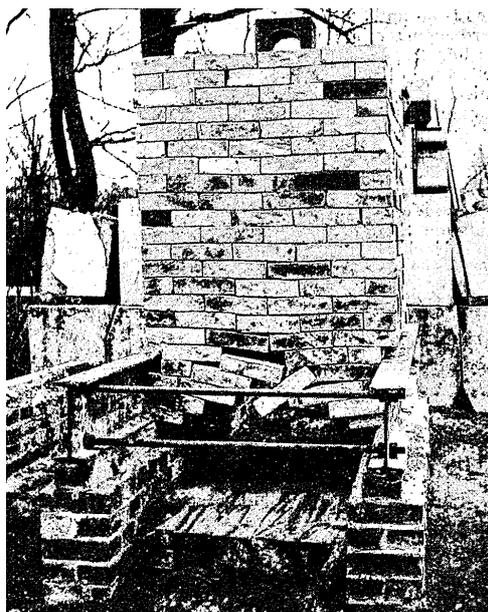


Abbildung 7-2 [frei tragende Auflast]

Der Grund für die geschilderte Beobachtung lag in der Art und Weise, wie das Belastungsmaterial gestapelt wurde. Gary nutzte, wie es die Baufirmen vor Ort zumeist handhabten, vorhandene Baustoffe als Auflast. Um das Material, zum Beispiel Ziegelsteine, möglichst hoch stapeln zu können, wurde es im Verband verlegt oder lag zumindest dicht nebeneinander und bedeckte das Deckenfeld vollflächig. Nachdem die Deckenplatte sich durchzubiegen begann, verkeilten sich die Ziegel untereinander. Die vermeintliche Auflast folgte nun nicht mehr der Durchbiegung der Platte, sondern spannte als Gewölbe über das Deckenfeld hinweg, wobei die I-Träger des Deckenfeldes die seitlichen Widerlager bildeten.³⁵¹

Den Misstand bei Probelastungen an Decken im Deutschen Reich bestätigt ein historischer Fachartikel, der darüber berichtet, dass die oben beschriebene Methode, Baumaterialien als Auflast auf die Deckenfläche zu stapeln, nicht nur auf den Bauplätzen üblich gewesen sei, sondern sogar in deutschen Versuchsanstalten ausgeführt wurde.³⁵²

7.2.1.2 Probelastungen in den Versuchsanstalten

Im Jahre 1895 führte August Föppl, einer der Väter der modernen Technischen Mechanik, in seiner damaligen Eigenschaft als Vorsteher des „Mechanisch-Technischen Laboratoriums der Königlich Technischen Hochschule“ in München, Versuche durch, um eine geeignete Art der Probelastung zu finden. Föppl legte Holzbalken mit einem Querschnitt von 15/13 cm auf eine Filzunterlage auf. Quer über diese Balken, die über die gesamte Länge des Deckenfeldes führten, ordnete er eine zweite Reihe kurzer Balken an, quer darüber eine dritte usw. Somit entstand eine Art Pyramide, in der bis auf die untere Balkenlage jeder Balken als ein Träger auf zwei Stützen mit mittig angreifender Einzellast

³⁵¹ Gary bemisst die für diesen Versuch maximal mögliche Auflast zu 1488 Ziegelschichten von je 121 kg. Erst dann wären die das Auflager bildenden Ziegel, die auf den unteren Trägerflanschen ruhten, durch Druck zerstört worden. Demnach hätte theoretisch ein rund 90 m hoher Ziegelturm als Auflast aufgetürmt werden können. Die Decke wäre somit durch ca. 180 Tonnen belastet gewesen. Vgl.: Belastungsproben mit Decken. In: TIZ 23 (1899), S.1603.

Neben der Charlottenburger Versuchsanstalt führte die Königliche Sächsische Mechanisch-Technische Versuchsanstalt in Dresden ebenfalls Versuche zu Demonstrationszwecken durch. Als Probedecken dienten zwei gleichartige, aus Deckenhohlziegeln hergestellte Platten. Unter Zuhilfenahme einer Lastverteilungsvorrichtung trat der Bruch der 1,25 m langen und 1 m breiten Platte bereits bei 1300 kg ein. Bei Belastung der zweiten Platte mit einem Ziegelstapel entstand erst bei 6500 kg Auflast ein Riss in Plattenmitte. Dieser blieb bei weiterer Steigerung der Last bis auf 13.600 kg unverändert. Allerdings machten sich daraufhin starke Durchbiegungen der Deckenträger bemerkbar, so dass von einer weiteren Erhöhung der Last abgesehen werden musste. Vgl.: Wawrziniok (1908), S.479.

³⁵² Deckenbelastungen. In: TIZ 23 (1899), S.1603-1604. Selbst im Jahresbericht der Königlichen Versuchsanstalten zu Charlottenburg von 1895/96 findet sich der Hinweis, dass die zu untersuchenden Decken, nachdem der Antragsteller diese auf dem Grundstück der Versuchsanstalt errichtet hatte, mit Sand, Ziegeln und Schienenstücken bis zum Bruch belastet wurden. Auf welche Art und Weise man die Ziegel und Schienenstücke aufstapelte, geht aus dem Bericht allerdings nicht hervor. Vgl.: Abteilung für Baumaterialprüfung. In: MktV 13/14 (1895/96), S.246-249, hier 247.

wirkte. Die eigentliche Auflast wurde von einer Presse über eine Eisenplatte auf die Mitte des oberen Balkens übertragen (Abb. 7-3).

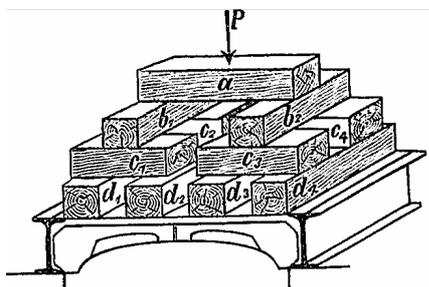


Abb. 7-3: Probabelastung nach Föppl

Föppl beobachtete, dass – so lange die Belastung innerhalb der üblichen Nutzlasten blieb – die Durchbiegung in der Mitte des Deckenfeldes die Tragwirkung der Pyramide nach oben geschildertem Prinzip nicht beeinflusste. Bei größeren Lasten ergab sich eine stärkere Verformung, und es bestand die Gefahr, dass sich einzelne Hölzer verkanteten. Dadurch konnte sich die Richtung des Druckes unter Umständen ändern, und die Last wurde in Teilen direkt auf die Widerlager übertragen. Für Belastungsversuche bis zum Bruch³⁵³,

wie sie für die Zulassung von Steineisen- und anderen Decken bis um 1905 üblich waren, konnte der beschriebene Belastungsaufbau mitunter keine sinnvollen Ergebnisse liefern.³⁵⁴

Aus diesem Grund erhielten die pyramidenartig aufgestapelten Balken in der „Prüfungsstation für Baumaterialien der Mechanisch-Technischen Versuchsanstalt“ in Charlottenburg immer ein festes und ein bewegliches Auflager. Als bewegliches Lager diente eine Rolle, die bei geringen Lasten aus Hartholz, bei großen Lasten aus Eisen bestand. Die zwischen dünnen Eisenplatten lagernde Rolle bewirkte, dass die einzelnen Belastungsstapel der Durchbiegung des Deckenfeldes folgen konnten, ohne sich dabei gegeneinander abzustützen. Zur eigentlichen Belastung dienten Schienenstücke, die so verlegt wurden, dass möglichst keine Verspreizungen zwischen ihnen auftreten konnten.³⁵⁵

Durch den beschriebenen Versuchsaufbau war es gelungen, mit der Auflast der Formänderung der Deckenplatte zu folgen und zugleich eine gleichmäßig über die ganze Plattenfläche verteilte Last zu erhalten. Vorteilhaft wirkte hierbei, dass die Deckenplatte in der Regel ein linienförmiges Auflager erhielt und die Durchbiegung der Platte somit in der Hauptsache in der Längsrichtung erfolgte.

Demzufolge musste die Lastverteilungsvorrichtung nur in eine Richtung beweglich sein.³⁵⁶

Nach dem beschriebenen Prinzip wurde in der Charlottenburger Versuchsanstalt jedes zu prüfende Deckensystem in dreifacher identischer Ausführung geprüft.³⁵⁷

Es ist davon auszugehen, dass Probabelastungen an Steineisendecken in den Versuchsanstalten ab 1900 sinnvolle Ergebnisse lieferten. Dabei dienten mitunter, auch noch Jahre später, Ziegel oder

³⁵³ In Preußen erfolgte die baupolizeiliche Zulassung der Decken unter Zugrundelegung der 10-fachen Sicherheit gegenüber dem versuchstechnisch ermittelten Bruchversagen. Vgl.: Probabelastung von Decken. In: MktV 17 (1899), S.115-119, hier 115.

³⁵⁴ Probabelastungen von Decken und Gewölben. In: ZdB 15 (1895), S.434-435, hier 435.

³⁵⁵ Probabelastung für Decken. In: DBZ 33 (1899), S.539-542, hier 539f.

³⁵⁶ Die zahlreichen, ab 1900 entstandenen, kreuzweise bewehrten Steineisendecken, welche an allen vier Rändern gestützt waren, wurden so belastet, dass die Auflasten den Formänderungen der Platte in beide Hauptspanrichtungen folgen konnten. Dazu war unter der bereits üblichen Rolle eine weitere, um 90° verdrehte Rolle anzuordnen. Vgl.: Wawrziniok (1908), S.476, 479.

³⁵⁷ Probabelastung für Decken. In: DBZ 33 (1899), S.539-542, hier 540.

Eisenbarren als Auflast, da in einigen Versuchsanstalten hydraulische Pressen noch nicht zur Verfügung standen.³⁵⁸

7.2.2 Messung der Durchbiegungen

Bei der Aufnahme der Versuchsergebnisse auf der Baustelle herrschte vor allem darüber Unklarheit, wie die Durchbiegungen zu messen seien. Den Baufirmen mangelte es mitunter an geeigneten Messwerkzeugen, um die Verformungen der Deckenfelder ausreichend genau zu erfassen. In den veröffentlichten Berichten, in denen es Hinweise zur verwendeten Messtechnik gibt, werden gewöhnliche Maßstäbe, Hebelsysteme und Schnüre genannt.

Gegenüber den Baufirmen waren die Versuchsanstalten deutlich besser ausgestattet. Dort wurden schon vor 1900 die Durchbiegungen unter Last an der Seite und in der Mitte der Decke mit Hilfe von Millimetermaßstäben ermittelt. Diese waren direkt an der Decke befestigt. Die Ablesung erfolgte mittels fixierter Zeiger, an denen die Maßstäbe bei Verformung entlang glitten. Nach 1900 kamen in den Versuchsanstalten Zeigerinstrumente zur Anwendung, die Ablesungen bis zu 1/1000 mm gestatteten. Darüber hinaus wurden die Werte der fein geteilten Maßstäbe während der Probelastung nun mittels Fadenkreuzfernrohr abgelesen.³⁵⁹

Neben der Schwierigkeit, die Durchbiegungen zu messen, bestand eine weitere in deren Bewertung. Es existierte nämlich bis 1916 keine amtliche Regelung, bis zu welcher Größe eine bleibende Durchbiegung überhaupt als zulässig angesehen werden konnte (siehe Kapitel 7.2.5). Die Frage nach der Durchbiegung der Decken wurde zu Beginn des 20. Jahrhunderts lediglich anhand von Erfahrungswerten beantwortet. Beispielsweise findet sich in der historischen Literatur die Aussage, dass eine Decke bei einer Durchbiegung unter der größten zulässigen Last über 1/500 als mangelhaft anzusehen war. Gleiches galt für eine Decke, deren Durchbiegung nach erfolgter Entlastung bestehen blieb.³⁶⁰

7.2.3 Publierte Ergebnisse von Probelastungen

Die wahrscheinlich erste deutsche Veröffentlichung über die Probelastung einer Steineisendecke erschien 1892 und beschreibt einen Belastungsversuch an einer Kleineschen Decke.³⁶¹

³⁵⁸ Die Dresdner Versuchsanstalt war eine der ersten, welche die Vorteile der hydraulischen Presse nutzte. Bereits im Jahre 1895 begann man dort, für die Prüfung der Decken hydraulische Pressen zu verwenden. Vgl.: Wawrzyniok (1908), S.475f.

³⁵⁹ Probelastung für Decken. In: DBZ 33 (1899), S.539-542, hier 542; TIZ 29 (1905), S.1389.

³⁶⁰ Gary (1915a), S.2; Probelastung von Decken. In: Zement und Beton 7 (1908), S.708-712, hier 712; Durchbiegung von Eisenbetondecken bei Probelastungen. In: BuE 13 (1914), S.248-249, hier 249.

³⁶¹ Um die Tragfähigkeit einer Kleineschen Decke zu verdeutlichen, wurde in Gegenwart mehrerer Architekten und Baumeister ein Quadratmeter Deckenfläche belastet. Die etwa eine Woche alte Decke gab unter der Last von 3100 kg nicht im Geringssten nach. Ein zweiter Quadratmeter Decke wurde sofort, nachdem die letzten Ziegel vermauert worden waren, ausgeschalt und unmittelbar danach einer Belastung von 450 kg unterworfen. Laut Autor hielt auch diese Decke der Belastung stand, ohne die geringsten Änderungen oder Durchbiegungen zu zeigen. Vgl.: Eisenbalken-System Kleine. In: TIZ 16 (1892), S.1154.

Der erste Bericht über eine bis zum Bruch belastete Steineisendecke wurde im Jahre 1893 veröffentlicht.³⁶²

In den folgenden Jahren finden sich zahlreiche Veröffentlichungen zu Probelastungen an Steineisendecken, die in der Regel jedoch alle nur den Zweck verfolgten, den geprüften Steineisendecken einen Wettbewerbsvorteil zu verschaffen. Daher wurden zwar die Ergebnisse dieser Versuche veröffentlicht, jedoch die Details der Deckenkonstruktion sowie der Versuchsausführung zumeist verschwiegen. Obwohl viele der Versuche bis zum Bruch der Decken geführt wurden, existieren nur in Ausnahmen Aussagen zum jeweiligen Versagensmechanismus.

Nach 1900 finden sich deutlich weniger Veröffentlichungen zu durchgeführten Probelastungen. Die Ursache dafür liegt darin, dass die meisten Baupolizeibehörden zu dieser Zeit im Rahmen der Zulassungsverfahren nur noch Probelastungen seitens befugter Versuchsanstalten akzeptierten. Diese betrachteten die von ihnen durchgeführten Probelastungen als Dienstleistungen und weniger als Forschungen und publizierten ihre Versuchsergebnisse daher nur selten.

Obwohl die wenigen Publikationen der Versuchsanstalten fachkundiger formuliert worden waren als andere Veröffentlichungen, bleibt festzustellen, dass selbst erstere oftmals nicht alle Details der Deckenkonstruktion sowie der Versuchsdurchführung offenbaren. Folglich erscheint die Auswertung der publizierten Ergebnisse von historischen Probelastungen aus heutiger Sicht nicht sinnvoll. Unabhängig davon wurden die recherchierten Veröffentlichungen, in denen über Probelastungen berichtet wurde, im Katalog dieser Arbeit den entsprechenden Deckensystemen zugeordnet.³⁶³

7.2.4 Probelastungen als Grundlage historischer Bemessungsverfahren

Im hier betrachteten Zeitraum wurde in der historischen Literatur im Zusammenhang mit den Probelastungen an Steineisendecken wiederholt behauptet, dass die Berechnungsverfahren in der Hauptsache auf Versuchsergebnissen basierten, die bei der Prüfung von Probeobjekten oder von Bauausführungen gewonnen wurden.³⁶⁴

Dies ist allerdings zu bezweifeln.

Die Versuche vor Ort wurden in der Hauptsache vom Bauausführenden durchgeführt. Da für die Durchführung der Probelastungen keine amtlichen Regelungen existierten, wurde dabei nicht nach einheitlichen Grundprinzipien vorgegangen. Infolgedessen ließen sich jede Firma und jeder Baumeister durch die lokalen Verhältnisse sowie individuelle Ansichten beeinflussen. Darüber hinaus wurden Probelastungen zumeist nur an einem, seltener an zwei Teilabschnitten vorgenommen. Von der

³⁶² Die geprüfte 12 cm starke Kleinesche Decke spannte 4 m weit. Nach der ersten Belastungsphase und Messung der vorhandenen Durchbiegung der Decke war die Auflast vollständig entfernt worden. Die anschließende Messung ergab, dass die Durchbiegung bis auf ihren Ausgangswert zurückgegangen war. Erst daraufhin wurde die Decke erneut, diesmal bis zum Bruch, belastet. Auf welche Art die Decke versagte, wurde allerdings nicht erläutert. Vgl.: Kleines Steindecken mit Bandedeisen-Einlagen. In: TIZ 17 (1893), S.1148.

³⁶³ Da das Hochschularchiv der ehemaligen TH in Charlottenburg im 2. Weltkrieg fast vollständig vernichtet wurden, sind keinerlei Unterlagen über die von der Mechanisch-Technischen Versuchsanstalt durchgeführten Probelastungen an Steineisendecken erhalten geblieben. Auch im Archiv der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (Folgeeinrichtung der Mechanisch-Technischen Versuchsanstalt) sind keine Akten bezüglich der historischen Probelastungen vorhanden.

³⁶⁴ Probst (1907), Vorwort; Wawrziniok (1908), S.474; Roll (1932), Vorwort; u. a.

Möglichkeit einer statistischen Versuchsauswertung kann daher frühestens ab dem Zeitpunkt gesprochen werden, an dem Probelastungen von den Versuchsanstalten durchgeführt werden mussten. Doch auch hier waren die Vorgaben hinsichtlich einheitlicher Versuchsprogramme, der Durchführung sowie der Auswertung und Dokumentation der Versuche so ungenügend, dass ein ingenieurtechnischer Vergleich der verschiedenen Probelastungen nicht möglich war. Darüber hinaus führten selbst die Versuchsanstalten Probelastungen wie beschrieben nicht zu wissenschaftlichen Zwecken durch, sondern einzig mit dem Ziel, die maximale Tragfähigkeit einer Decke zu ermitteln, um damit den Baupolizeibehörden im Rahmen der Erteilung der Allgemeinen Genehmigungen zur Herstellung dieses Deckensystems zuzuarbeiten.³⁶⁵

Weil die Ergebnisse der Probelastungen meist ungenau waren und nur eingeschränkt Rückschlüsse auf die tatsächliche Standfestigkeit der Steineisendecken zuließen, erkannte man, dass der Wert der Probelastungen nicht so groß war, wie lange Jahre geglaubt wurde. Auch immer mehr Behörden kamen zu diesem Schluss.³⁶⁶

Lediglich einige Vertreter der Tonwarenindustrie bemühten sich, auf der Basis von Probelastungen individuelle Berechnungsverfahren für Steineisendecken zu erarbeiten, damit vor allem die Behörden die Steineisendecken sachgemäß und richtig beurteilen konnten. So betraute der Deutsche Verein für Ton-, Zement- und Kalkindustrie im Februar 1914 einen besonderen Ausschuss mit der Aufgabe, die vorhandenen Ergebnisse von Belastungsproben von Steineisendecken zusammenzustellen. Außerdem sollten gezielte Versuche zur Erprobung verschiedener Spannweiten und Steinformen durchgeführt werden.³⁶⁷

Doch offensichtlich scheiterte dieser Versuch, da sich entsprechende Unterlagen heute weder in den historischen Zeitschriften, noch im Archiv des Bundesverbandes der Deutschen Ziegelindustrie e.V. finden lassen.³⁶⁸

7.2.5 Regelungen zu Probelastungen³⁶⁹

Mit dem Erscheinen der *Eisenbeton-Bestimmungen* im Jahre 1904 wurden in Preußen erste normative Regelungen bezüglich der Probelastung von Decken eingeführt. Damit standen diese erst zu einem Zeitpunkt zur Verfügung, als Probelastungen an Steineisendecken nur noch vereinzelt

³⁶⁵ Einiges über Belastungsproben. In: BuE 3 (1904), S.44-46, hier 44f.

³⁶⁶ Eisenbeton und Eisen vom baupolizeilichen Standpunkt. In: BuE 12 (1913), S.165-166, hier 165.

³⁶⁷ Tagungen der Vereine der Baustoffgewerbe in Berlin. In: ZdB 34 (1914), S.138.

³⁶⁸ Der Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V. ist die Folgeeinrichtung des Deutschen Vereins für Ton-, Zement- und Kalkindustrie. Auch eine Anfrage beim Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie e. V. (Folgeeinrichtung des Deutschen Vereins für Fabrikation von Ziegeln, Tonwaren, Kalk und Zement) ergab keinerlei Hinweise auf eine Zusammenstellung der historischen Belastungsversuche an Steineisendecken.

³⁶⁹ siehe Seite 116, Tab. 7-1: Zusammenfassung der Regelungen aus den *Eisenbeton-Bestimmungen* bezüglich Probelastungen an Decken
Die Tabelle gibt eine Übersicht über die in den verschiedenen *Eisenbeton-Bestimmungen* enthaltenen Regelungen zu Probelastungen an Eisenbetondecken, die auch für Steineisendecken Gültigkeit besaßen. Sämtliche, die Steineisendecken direkt betreffenden Runderlasse, enthielten keine wesentlichen Hinweise zur Durchführung von Probelastungen.

vorgenommen wurden, weil solche Versuche zum Zwecke der baupolizeilichen Zulassung der Decken nicht mehr erforderlich waren.

Unter Umständen konnten jedoch weiterhin Probelastungen während der Ausführung eines Bauwerkes nötig werden. Solche Versuche dienten vor allem dazu auszuschließen, dass Unzulänglichkeiten (beispielsweise ungünstige Witterungsbedingungen), die während der Herstellung der Decke auftraten, deren Tragfähigkeit negativ beeinflussten. Die Probelastungen wurden dabei nicht mehr bis zum Bruch, sondern nur bis zu einer festgelegten Versuchslast durchgeführt. Für den Fall, dass ein aus dem Deckenfeld freigeschnittener Streifen der Probelastung ausgesetzt wurde, hatte die gleichmäßig verteilte, zusätzliche Auflast der Summe aus dem Eigengewicht der Decke sowie der doppelten Verkehrslast des Nutzungszustandes zu entsprechen ($P = g+2p$). Bei einem nur ideell gedachten Streifen und wirksamer Querverteilung der Auflast innerhalb des Deckenfeldes musste die Last bis zu $P = 1,5g+3p$ erhöht werden.³⁷⁰

In der Regel wurden Probelastungen an ideellen Deckenstreifen vorgenommen, weil der Aufwand, einen Deckenstreifen freizustemmen, erheblich war. Kleinere Deckenfelder wurden unter der Voraussetzung, dass sie einachsig gespannt und an ihren freien Seitenrändern nicht aufgelagert waren, als freigeschnittene Deckenstreifen betrachtet.

Bereits mit den *Eisenbeton-Bestimmungen* von 1907 wurde die Höhe der Auflast gesenkt:

Bei Belastung eines freigeschnittenen Deckenstreifens sollte $P = 0,5g+1,5p$ sein. Der nicht freigeschnittene Deckenstreifen war mit $P = g+2p$ zu belasten. Darüber hinaus konnte bei Verkehrslasten über 1000 kg/m^2 die Probelast auf die einfache Verkehrslast reduziert werden. Ebenfalls neu war die Regelung, dass Probelastungen nicht vor Ablauf der 45-tägigen Erhärungsfrist des Betons durchgeführt werden durften.³⁷¹

Mit den *Eisenbeton-Bestimmungen* von 1916 wurde auf Anraten zahlreicher Baupolizeibehörden die Höhe der Probelast nochmals auf nunmehr generell lediglich $1,5p$ gesenkt. Es war nun freigestellt, ob man die Probelastung an einem tatsächlich freigeschnittenen oder gedanklich herausgelösten Deckenstreifen durchführte. Jedoch war darauf zu achten, dass die Auflast so aufgebracht wurde, dass keine Verspreizungen der Auflast und daraus resultierende Lastumlagerungen auftraten und sie ungehindert der Durchbiegung der Decke folgen konnte.³⁷²

Bereits ab 1914 hatte sich der Deutsche Ausschuss für Eisenbeton in seinen Beratungen sowie in einem speziellen Arbeitsausschuss intensiv mit der Neufassung der *Eisenbeton-Bestimmungen* beschäftigt. Dafür waren ihm von der Materialprüfungsanstalt in Stuttgart die Ergebnisse einer großen Anzahl von Probelastungen an verschiedenen Eisenbetondecken vorgelegt worden. In Auswertung besagter Stuttgarter Versuche kam ab 1916 neben einer Regelung zur zulässigen bleibenden Verformung der Decke folgendes zur Anwendung:

Die größte Durchbiegung der Decke durfte erst gemessen werden, nachdem die Auflast mindestens zwölf Stunden auf die Deckenfläche eingewirkt hatte. Ebenso war die bleibende Durchbiegung

³⁷⁰ Bestimmungen für die Ausführung von Konstruktionen aus Eisenbeton bei Hochbauten. In: ZdB 24 (1904), S.253-257, hier 254.

³⁷¹ Weder (1909), S.104.

³⁷² Gary (1915a), S.1, Bestimmungen für Ausführung von Bauwerken aus Eisenbeton. In: ZdB 36 (1916), S.113-120, hier 116.

frühestens zwölf Stunden, nachdem die Auflast entfernt worden war, zu messen. Letztendlich durfte die bleibende Durchbiegung höchstens $\frac{1}{4}$ der größten Durchbiegung betragen; eine Regelung bezüglich der größten Durchbiegung existierte nicht.³⁷³

Die seit 1916 gültigen Regelungen blieben auch in den *Eisenbeton-Bestimmungen* von 1925 und 1932 in den wesentlichen Punkten unverändert.³⁷⁴

³⁷³ Das zulässige Maß für die bleibende Durchbiegung war, neben den Erfahrungen der Stuttgarter Versuchsanstalt, auch durch die zahlreichen Probelastungen in der Charlottenburger Versuchsanstalt ermittelt worden. Allerdings konnte dieser Wert bei Belastungsproben an Decken auf elastisch senkbaren Auflagern, wie zum Beispiel Nebenträgern, die auf Hauptträgern ruhten, als zulässiges Höchstmaß der bleibenden Durchbiegung nicht zugrunde gelegt werden. Vgl.: Gehler (1918), S.33f.

³⁷⁴ Auch die *DIN 1045: Bestimmungen für Ausführung von Bauwerken aus Stahlbeton* und *DIN 1046: Bestimmungen für Ausführung von Stahlsteindecken* von 1943 brachten keine wesentliche Änderung.

Bestimmungen von	1904	1907	1916	1925
Probelastung im Rahmen der vorangestellten baupolizeilichen Prüfung	Bei noch unerprobter Bauweise kann die Baupolizeibehörde die Zulassung vom Ausfall von Probeausführungen und Belastungsversuchen abhängig machen.			
		Probelastungen sind bis zum Bruch durchzuführen.		
		Probelastungen sind auf den unbedingt notwendigen Umfang zu beschränken.		
Probelastungen während der Ausführung		Probelastungen sind nur in ganz besonderen Fällen bis zum Bruch durchzuführen, wenn es ohne Schädigung des Bauwerks möglich ist.		
		Probelastungen sind nicht vor 45-tägiger Erhärtung des Betons vorzunehmen.		
		Wird hochwertiger Zement verwendet, so können Probelastungen je nach Spannweite bereits nach 21 bis 28 Tagen vorgenommen werden.		
	freigeschnittener Deckenstreifen $P = g+2p$ ³⁷⁶ ideeller Deckenstreifen $P = 1,5g+3p$	freigeschnittener Deckenstreifen ³⁷⁵ $P = 0,5g+1,5p$ ideeller Deckenstreifen $P = g+2p$	$P = 1,5p$	
	Bei Verkehrslasten über 1000kg/qm kann die Probelast bis zur einfachen Verkehrslast ermäßigt werden.			
			Die Belastung ist so aufzubringen, dass sie in sich beweglich ist und der Durchbiegung der Decke folgen kann. Die Probelast muss mindestens 12 Stunden 6 Stunden liegen bleiben, erst danach ist die größte Durchbiegung zu messen. Die bleibende Durchbiegung ist frühestens 12 Stunden nach Beseitigung der Probelast festzustellen. Unter Ausschaltung des Einflusses etwaiger Auflagersenkungen darf die bleibende Durchbiegung höchstens $\frac{1}{4}$ der gemessenen Gesamtdurchbiegung betragen.	

³⁷⁵ Streifen, dessen Länge gleich der Spannweite und dessen Breite ein Drittel der Spannweite, mindestens aber 1 m ist

³⁷⁶ P = Probelast, g = Eigenlast der Decke, p = gleichmäßig verteilte Verkehrslast

Tab. 7-1: Zusammenfassung der Regelungen aus den *Eisenbeton-Bestimmungen* bezüglich Probelastungen an Decken

8 Historische Bemessung der Steineisendecken

Im folgenden Kapitel wird die Herkunft und Entwicklung des für die Biegebemessung der Steineisendecken gebräuchlichen n-Verfahrens aufgezeigt und diskutiert. Dabei kommt den Parametern, die die Berechnung der Druckspannungen beeinflussen, besondere Bedeutung zu, weil die rechnerisch angesetzte Druckfläche der im Deckenquerschnitt tatsächlich vorhandenen Druckfläche nur selten entsprach.³⁷⁷

Für die folgenden Betrachtungen ist zunächst die Zeitspanne bis zum Jahre 1925 von Interesse, da erst zu diesem Zeitpunkt *Steineisendecken-Bestimmungen* behördlich erlassen wurden, die sowohl die Konstruktion, als auch die Herstellung und Bemessung der Steineisendecken umfassend und für das ganze Deutsche Reich verbindlich regelten.

Im dritten Teil des Kapitels 8 wird die Entwicklung der Bemessung von Steineisendecken über das Jahr 1925 hinaus behandelt.

8.1 Entwicklung der Normen³⁷⁸

Im Jahre 1904 erschien der erste in Preußen gültige *Steineisendecken-Runderlass*. Dessen äußerst knapp gehaltener Inhalt enthielt als Kernaussage, dass die unmittelbar zuvor erschienenen ersten preußischen *Eisenbeton-Bestimmungen* „sinngemäß“ auch auf Steineisendecken anzuwenden waren. Erst im Laufe der zwei folgenden Jahrzehnte entwickelten sich die für Preußen gültigen *Steineisendecken-Runderlasse* zu umfangreicheren Regelwerken.³⁷⁹ Darin waren dann auch ausschließlich auf Steineisendecken bezogene Aussagen bezüglich der Ausführung und Berechnung enthalten; der „sinngemäße Bezug“ der *Eisenbeton-Bestimmungen* auf die Steineisendecken blieb jedoch weiterhin bestehen.

1925 erschienen die Regelungen für den Eisenbetonbau sowie für die Steineisendecken gemeinsam in einer Ausgabe. Von da an war nahezu für ganz Deutschland eine einheitliche Grundlage zur baupolizeilichen Behandlung der Steineisendecken geschaffen.³⁸⁰

³⁷⁷ Alle nachfolgenden Angaben beziehen sich auf Steineisendecken, die als Zwischendecken in Wohn- und Geschäftshäusern ausgeführt wurden. Für Decken, die dynamischen Lasten ausgesetzt waren, wie zum Beispiel Kellerdecken unter Durchfahrten, gelten zum Teil andere Angaben.

Bei der Bemessung der Steineisendecken lieferte in der Regel der Nachweis der Biegespannungen den maßgebenden Grenzwert. (Vgl.: Lauenstein (1921), S.107; Roll (1924), S.64f.) Daher wird im vorliegenden Kapitel zunächst nicht näher auf das Schubproblem eingegangen. Jedoch werden im Kapitel 10.3 die Aufnahme der Schubspannungen beeinflussende herstellungs- oder konstruktionsbedingte Befunde sowie im Kapitel 10.5 daraus resultierende mögliche Versagensmechanismen thematisiert.

³⁷⁸ Die wesentlichen Schritte zur Normung der Steineisendecken in Deutschland sind in Band 3, Anlage 10 tabellarisch dargestellt.

³⁷⁹ Alle für die Berechnung und Bemessung der Steineisendecken ursprünglich gültigen Regelungen sind in einer Übersicht zusammengefasst (siehe Band 3, Anlage 12: Vorgaben zur Bemessung und Ausführung). Des Weiteren finden sich die wesentlichen historischen Regelungen als ungekürzte Textdokumente in Anlage 11 zusammengestellt.

³⁸⁰ Gehler (1916), S.IV; Roll (1932), S.IV.

8.2 Biegebemessung bis 1925

8.2.1 Das n-Verfahren im Eisenbetonbau

Mit der Einführung der ersten *Eisenbeton-Bestimmungen* im Jahre 1904 wurde die Biegebemessung im Eisenbetonbau nach dem n-Verfahren verbindlich. Dessen mechanische Grundlagen waren das

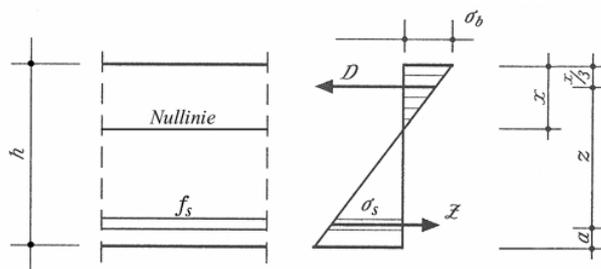


Abb. 8-1: Bezeichnungen beim n-Verfahren

Ebenbleiben der Querschnitte (Bernoulli-Hypothese), die Proportionalität von Dehnung und Spannung (Hooke'sche Gesetz), ein lineares Werkstoffverhalten mit geradlinigem Spannungsverlauf (Navier-Hypothese) sowie die Annahme, dass der Beton auf Zug nicht mitwirkt.

Ausgangsgedanke bei der Herleitung der Bemessungsgleichungen war die Forderung,

dass bei reiner Biegung ohne Normalkraft ein Gleichgewicht der inneren Kräfte herrschen muss. Folglich waren die resultierende Betondruckkraft D und die Stahlzugkraft Z gleich groß (Abb. 8-1).

Es galt demnach mit b als Bauteilbreite:

$$D = Z$$

$$\frac{1}{2} \cdot x \cdot b \cdot \sigma_b = f_s \cdot \sigma_s$$

Mit Einführung der E-Moduln konnten die Spannungen durch Dehnungen ersetzt werden:

$$\frac{1}{2} \cdot x \cdot b \cdot \varepsilon_b \cdot E_b = f_s \cdot \varepsilon_s \cdot E_s$$

Über den Strahlensatz ließen sich Beton- und Stahldehnungen zueinander ins Verhältnis setzen. Die Betondehnung ε_b konnte substituiert werden (Abb. 8-2).

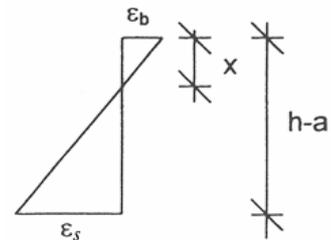


Abb. 8-2: Dehnungsverhältnisse

$$\frac{\varepsilon_b + \varepsilon_s}{h - a} = \frac{\varepsilon_b}{x} \longrightarrow \varepsilon_b = \frac{\varepsilon_s \cdot x}{h - a - x}$$

Daraus folgte:

$$\frac{1}{2} \cdot x^2 \cdot b \cdot \frac{\varepsilon_s}{h-a-x} \cdot E_b = f_s \cdot \varepsilon_s \cdot E_s$$

Die Bemessung fand unter der Annahme einer gerissenen Zugzone im „Gebrauchszustand“ statt.

Dem n-Verfahren lag damit nach heutigem Verständnis der Zustand II zugrunde.

Seinen Namen erhielt das n-Verfahren durch den Parameter „n“, der das Verhältnis der E-Moduln von Stahl und Beton beschreibt und im Deutschen Reich zu $n = 15$ ³⁸¹ gesetzt wurde.³⁸²

Nach Kürzen von ε_s , Einführen des Verhältnisses n und Umformen ergab sich über den folgenden Zwischenschritt

$$\frac{1}{2} \cdot x^2 \cdot b = f_s \cdot n \cdot (h-a-x)$$

die quadratische Gleichung:

$$\frac{1}{2} \cdot x^2 \cdot b + f_s \cdot n \cdot x - f_s \cdot n \cdot (h-a) = 0$$

und damit:

$$x = \frac{n \cdot f_s}{b} \cdot \left[\sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot (h-a)}{n \cdot f_s}} \right] \quad (\text{Gleichung I})$$

In die Berechnung der Druckzonenhöhe x flossen, abgesehen von n, nur rein geometrische Werte ein. Das aufnehmbare Moment eines Querschnittes konnte gemäß nachstehender Gleichung aus dem Produkt der Betondruckkraft oder der Stahlzugkraft mit dem Hebelarm der inneren Kräfte „z“ berechnet werden.

$$M = D \cdot z = \frac{1}{2} \cdot x \cdot b \cdot \sigma_b \cdot \left(h-a-\frac{x}{3} \right) = Z \cdot z = f_s \cdot \sigma_s \cdot \left(h-a-\frac{x}{3} \right)$$

³⁸¹ Zur Diskussion des Parameters „n“ hinsichtlich seiner Veränderlichkeit (u. a. in Abhängigkeit von der Betonqualität sowie vom Grad der Belastung) siehe Kapitel 8.3.1. Das n-Verfahren im Allgemeinen.

³⁸² Bestimmungen für die Ausführung von Konstruktionen aus Eisenbeton bei Hochbauten. In: ZdB 24 (1904), S.253-257, hier 253. Der Begriff „n-Verfahren“ wird in den Bestimmungen nicht erwähnt; er ist erst später eingeführt worden.

Es war zu beachten, dass sowohl die zulässige Betondruck- als auch die zulässige Stahlzugspannung eingehalten wurden:

$$\sigma_b = \frac{2 \cdot M}{b \cdot x \cdot \left(h - a - \frac{x}{3} \right)} \leq \sigma_{b \text{ zul}}$$

(Gleichungen II)

$$\sigma_s = \frac{M}{f_s \cdot \left(h - a - \frac{x}{3} \right)} \leq \sigma_{s \text{ zul}}$$

Im Rahmen der Bemessung war nun zunächst mit Hilfe der Gleichung I die Druckzonenhöhe x zu ermitteln. Mit bekannter Druckzonenhöhe konnten dann über die Gleichungen II die vorhandenen Beton- und Stahlspannungen bestimmt und mit den zulässigen Größen verglichen werden. Wurden die Grenzspannungen überschritten, so mussten entweder die Stahlfläche oder die Bauteilabmessungen verändert werden. Danach war die Neuberechnung der Druckzonenhöhe x erforderlich. Mit dem n -Verfahren war es folglich möglich, sämtliche Balken-, Plattenbalken- und Plattenquerschnitte zu berechnen. Voraussetzung dafür war, dass reine Biegung vorlag.

8.2.2 Das n -Verfahren im Steineisendeckenbau – Festlegung der Parameter

Auch noch über ein Jahrzehnt nach der Erfindung der Kleineschen Decke existierte keine bauaufsichtliche Regelung zur Bemessung der Steineisendecken. Daher wurden sie ausschließlich nach Probelastungen zur Ausführung freigegeben.

Erst mit Erscheinen des *Steineisendecken-Runderlasses* im Jahre 1904 wurde in Preußen eine bauaufsichtliche Regelung zur Bemessung der Steineisendecken eingeführt. Demnach war das zur Bemessung von Eisenbetonkonstruktionen gebräuchliche n -Verfahren auch auf die Steineisendecken anzuwenden. Dazu musste der Parameter „ n “ neu festgelegt werden, denn die gebrannten Ziegel wiesen einen anderen E-Modul als Beton auf.

Im ersten *Steineisendecken-Runderlass* wurde der Parameter $n = 25$ festgesetzt und bis zum *Steineisendecken-Runderlass* von 1909 beibehalten. Im letzteren wurde versucht, Regelungen zur Anrechnung der bereits seit Jahren gebräuchlichen oberhalb der Ziegellage aufgetragenen zusätzlichen Druckschichten zu finden. Um als statisch wirksam in Rechnung gestellt werden zu können, waren diese in einem Arbeitsgang erstens mit dem Ausfüllen der Fugen und zweitens aus gleichem Zementmörtel oder aus Beton von gleicher Druckfestigkeit herzustellen. Aus Herstellungsgründen musste die zusätzliche Druckschicht mindestens 3 cm betragen. Maß die Druckschicht mehr als 5 cm oder befand sich die Nulllinie innerhalb der Druckschicht, so galt $n = 15$. Für diese Fälle waren die Ziegel nur als Ausfüllung der Zugzone zu betrachten. Somit lag im statischen Sinne eine Eisenbetondecke vor, und n konnte den für den Eisenbeton gültigen Wert annehmen. In den Fällen, in denen die Nulllinie im Ziegelquerschnitt lag, galt weiterhin $n = 25$.

Im Jahre 1918 wurde das Verhältnis der E-Moduln zwischen Stahl und Ziegeln demjenigen zwischen Stahl und Beton gleichgesetzt. Folglich waren Steineisendecken nun grundsätzlich mit $n = 15$ zu berechnen. Dies galt unabhängig vom Vorhandensein einer Druckschicht. Die Festlegung von $n = 15$ wurde auch in den *Steineisendecken-Bestimmungen* von 1925 beibehalten.

Zur Frage einer Druckflächenbestimmung bei Lage der Nulllinie im Bereich der Ziegelhohlräume existierten in den Regelungen zur Berechnung der Steineisendecken vorerst keinerlei Hinweise. Die Berechnung nach dem oben dargestellten n -Verfahren berücksichtigte diese Situation nicht. Zwar war die Berechnung von Plattenbalkenquerschnitten bekannt, doch fehlten in den Erlassen erläuternde Bemerkungen zu diesem Thema. Infolgedessen wurden die Steineisendecken unabhängig von der Lage der Nulllinie als Vollquerschnitt berechnet.³⁸³ Erst 1909 findet sich dazu in der Verfügung des Berliner Polizeipräsidenten die folgende Formulierung: „Steinplattendecken der üblichen Kleineschen Art können, wenn auch die Nulllinie bei der Berechnung in die Hohlräume fällt, wie bisher unter Voraussetzung eines vollen Querschnittes als Platten (nicht Plattenbalken) berechnet werden.“³⁸⁴ 1925 heißt es in den für nahezu alle deutschen Länder gültigen *Steineisendecken-Bestimmungen* nur noch kurz: „Als Druckquerschnitt gilt der volle Beton- und Steinquerschnitt ohne Abzug etwaiger Hohlräume in den Steinen.“³⁸⁵

Wie groß der Flächenanteil der Hohlräume am rechnerisch angesetzten Druckquerschnitt tatsächlich ist, wird im Weiteren noch zu untersuchen sein.

8.2.3 Zulässige Spannungen

Die mit dem ersten *Steineisendecken-Runderlass* im Jahre 1904 eingeführte zulässige Druckspannung orientierte sich an der für Wand-Mauerwerk zulässigen Druckspannung. Diese durfte jedoch nur um 50 % reduziert auf die Steineisendecken übertragen werden. Infolgedessen ließen die meisten Baupolizeibehörden nicht mehr als 9 kg/cm^2 als Druckfestigkeit für die Ziegellage zu, denn als übliche Annahme für einen Mauerwerksbau aus porösen Ziegeln in Zementmörtel galt zu jener Zeit eine zulässige Druckspannung von 18 kg/cm^2 .³⁸⁶

In dem bereits 1905 erschienenen, überarbeiteten *Steineisendecken-Runderlass* heißt es dazu: „Bei einer solchen Auslegung würde dem Umstande, dass die zu Decken verwendeten Steine regelmäßig eine größere Druckfestigkeit besitzen, als die gewöhnlich zur Ausführung von Mauerwerk dienenden, nicht ausreichend Rechnung getragen werden.“³⁸⁷ Von da an galt als zulässige Druckfestigkeit der Ziegellage $\sigma_b = 0,15 \cdot S$. Der sich daraus ergebende Wert war lediglich durch die Druckfestigkeit (S) der

³⁸³ siehe: Albert (1908); Günther (1908); Boerner (1910); Lauenstein (1921); Frick (1927) u. a.

³⁸⁴ Schrader (1912), S.86.

³⁸⁵ B. Bestimmungen für Ausführung ebener Steindecken. In: Deutscher Ausschuss für Eisenbeton (1925), S.30-34, hier 33.

³⁸⁶ Runderlass, betreffend die Grundsätze für die Anwendung der Bestimmungen für die Ausführung von Konstruktionen aus Eisenbeton bei Hochbauten. In: ZdB 24 (1904), S.258; Der Ziegel in unseren Deckenbauten. In: BuE 4 (1905), S.203f, hier 203.

³⁸⁷ Runderlass, betreffend die Druckfestigkeit der Deckenziegel bei Ausführung ebener Decken aus Ziegeln mit Eiseneinlage. In: TIZ 29 (1905), S.653.

zur Herstellung der Steineisendecke zur Verwendung kommenden Hohlziegel beschränkt. Die Druckfestigkeit der Deckenziegel war durch amtliche Prüfungszeugnisse nachzuweisen.³⁸⁸

Bereits 1909 wurden die Werte der zulässigen Druckspannungen, die seit 1905 ausschließlich von den Prüfungsergebnissen abhängig waren, nach oben hin begrenzt. Als zulässige Druckspannung galt: $\sigma_b = 0,15 \cdot S \leq 35 \text{ kg/cm}^2$.

Für den Zementmörtel wurde erstmals im *Steineisendecken-Runderlass* von 1918 ein Mischungsverhältnis von einem Raumteil Zement zu drei Raumteilen Sand mit höchstens 7 Vol.-% Weißkalkzusatz angegeben. Bereits im *Steineisendecken-Runderlass* von 1909 ist das Mischungsverhältnis für den Aufbeton festgelegt worden. Für diesen wurde auf einen Raumteil Zement eine Menge von drei Raumteilen Kiessandgemenge vorgeschrieben, magerer durfte der Aufbeton nicht angemischt werden. Auch in den *Steineisendecken-Bestimmungen* von 1925 finden sich diese Mischungsverhältnisse wieder.

Regelungen zu den Bewehrungseisen waren vorerst in den jeweiligen *Eisenbeton-Bestimmungen* getroffen. In den ersten *Eisenbeton-Bestimmungen* von 1904 wurde die zulässige Stahlspannung mit $\sigma_e = 1200 \text{ kg/cm}^2$ angegeben. Mit dem Erscheinen der zweiten *Eisenbeton-Bestimmungen* im Jahre 1907 wurde dieser Wert auf 1000 kg/cm^2 herabgesetzt.

Doch mit der Verminderung der zulässigen Stahlspannung sahen sich die Bauunternehmer unter anderem im Nachteil gegenüber dem reinen Stahlbau, der sogar noch höhere Stahlspannungen als 1200 kg/cm^2 zuließ. Mit der Ergänzung der *Eisenbeton-Bestimmungen* im Jahre 1913 wurde daher die zulässige Stahlspannung wieder auf den ursprünglichen Wert von $\sigma_e = 1200 \text{ kg/cm}^2$ angehoben.³⁸⁹

³⁸⁸ Dazu ordnete der Minister der öffentlichen Arbeiten, in dessen Auftrag die Erlasse in Kraft gesetzt worden waren an, dass „... im Zweifelsfalle die Polizeibehörde berechtigt und verpflichtet ist, die Druckfestigkeit an Steinen, die von der Baustelle entnommen sind, durch amtliche Versuchsanstalten nachprüfen zu lassen.“ Aus: Runderlass, betreffend die Druckfestigkeit der Deckenziegel bei Ausführung ebener Decken aus Ziegeln mit Eiseneinlage. In: TIZ 29 (1905), S.653.

³⁸⁹ Neue Bestimmungen für die Ausführung von Bauwerken aus Eisenbeton und aus Beton. In: ZdB 36 (1916), S.133; Über die Auswirkung von „Bestimmungen“ auf Bauweisen im allgemeinen und über einige Erfahrungen im Verbundbau vom baupolizeilichen Standpunkt. In: BuE 24 (1925), S.72-77, hier 73.

8.3 Biegebemessung nach 1925 – Entwicklung und Diskussion

8.3.1 Das n-Verfahren im Allgemeinen

Im Folgenden soll untersucht werden, wie sich die Bemessung der Steineisendecken vor dem Hintergrund der bisher aufgezeigten Regelungen weiter entwickelte.

Das n-Verfahren im Allgemeinen und der im Deutschen Reich für Berechnungen zum Eisenbeton festgelegte Wert $n = 15$ im Besonderen führten immer wieder zu Diskussionen in der Fachwelt. Eine beachtenswerte Debatte löste ein Altmeister des Eisenbetons aus: Emperger veröffentlichte drei Monate vor Vollendung seines 70. Lebensjahres in der Zeitschrift „Beton und Eisen“ einen Aufsatz, in dem er die Verbesserung der bisherigen Rechenmethoden forderte. Der gemeinsam mit diesem Aufsatz abgedruckten Aufforderung der Schriftleitung an die Fachwelt, zu Ehren Empergers eifrig Stellung zu beziehen, kamen ab Januar 1932 über 10 Professoren aus ganz Europa sowie weitere Ingenieurkollegen nach. Unter den Teilnehmern der Debatte finden sich Namen wie Magnel, Maillart und Melan.³⁹⁰

Der Tenor aller Antworten war einstimmig: Das n-Verfahren konnte, gemessen an den tatsächlich im zu bemessenden Querschnitt vorherrschenden Bedingungen, lediglich als ein Durchschnittsverfahren angesehen werden. Beispielhaft soll hierzu die Formulierung Maillarts wiedergegeben werden: „Die Ausführungen Empergers bringen uns wieder einmal zum Bewusstsein, wie grotesk die übliche Berechnung der Betondruckspannung bei Biegung ist. Wir wissen, dass n in weiten Grenzen veränderlich ist, wir wissen, dass die Spannungsverteilung besonders vor dem Bruch bei weitem nicht geradlinig ist und wir wissen endlich, dass die Betonfestigkeit unter scheinbar ganz gleichen Umständen erheblichen Schwankungen unterworfen ist. Trotzdem werden die Druckspannungen mit feinen Formeln und weitläufigen Tabellen auf Zehntel und Hundertstel kg/cm^2 „genau“ berechnet.“³⁹¹

Wie Emperger und viele andere kritisiert er den das n-Verfahren kennzeichnenden Parameter n . Dieser war abhängig vom Belastungszustand des Betons, von dessen Herstellungsweise, dessen Eigenschaften und Alter. Darüber hinaus war n für Zug und Druck verschieden. Wenn man für die praktischen Anwendungen, um eine Vereinfachung der statischen Berechnung zu erreichen, dennoch gezwungen war, für den Parameter n einen mittleren Wert anzunehmen, so musste stets im Auge behalten werden, dass dieser Wert den wirklichen Verhältnissen nicht entsprach. Er gestattet die Lösung einer Aufgabe nur innerhalb verhältnismäßig enger Gültigkeitsgrenzen.

Da die Bemessung von Eisenbetonbauteilen im Gebrauchszustand erfolgte und der Beton hier sehr steif war, wurde von der Mehrzahl der Debattenteilnehmer gefordert, den Wert n für Eisenbetonbauteile herabzusetzen. In der Hauptsache befürwortete man den nach der Schweizer Norm gültigen Wert $n = 10$ auch für das Deutsche Reich. Ein noch niedrigeres n , wie es zum Beispiel bei

³⁹⁰ Der Beiwert $n = 15$ und die zulässigen Biegungsspannungen. In: BuE 30 (1931), S.340-346; Die Verhältniszahl $n = 15$ und die zulässigen Biegungsspannungen. In: BuE 31 (1932), S.6-16; Über den Einfluss des Beiwertes n auf die Wirtschaftlichkeit eines Tragwerkes. In: BUE 31 (1932), S.16-18; Die Wahl des Beiwertes n für die Berechnung von Eisenbeton-Bauteilen. In: BuE 31 (1932), S.24-30.

³⁹¹ Die Verhältniszahl $n = 15$ und die zulässigen Biegungsspannungen. In: BuE 31 (1932), S.6-13, hier 10.

hochwertigem Beton erforderlich gewesen wäre, widersprach zu stark dem tatsächlich vorhandenen E-Modul des Betons im Anfangsstadium.³⁹²

Emperger hatte zwar erreicht, dass im österreichischen Eisenbetonausschuss ein Unterausschuss mit der Aufgabe betraut wurde, die Berechtigung der bisherigen Rechenmethode sowie des Beiwertes n auf die Verwendung verschiedener Stahlsorten und Betonqualitäten hin zu untersuchen. Dennoch musste akzeptiert werden, dass es aufgrund fehlender Versuche noch nötig war, bei der bisherigen Berechnungsweise zu bleiben. Folglich wurde es vorerst abgelehnt, gänzlich neue Rechenmethoden zu forcieren, oder ein in Abhängigkeit von den verwendeten Stahl- und Betonsorten sowie vom Bewehrungsverhältnis veränderliches n einzuführen. Selbst der bisherige Mittelwert $n = 15$ war in den am 1. April 1932 vom Deutschen Ausschuss für Eisenbeton verabschiedeten *Eisenbeton-Bestimmungen* unverändert übernommen worden.³⁹³

Ungeachtet der Diskussionen über die Brauchbarkeit des n -Verfahrens im Allgemeinen und des Wertes n im Speziellen erfolgte die Bemessung im Eisenbetonbau bis zum Erscheinen der *DIN 1045* im Jahre 1972 nach diesem Verfahren, mit einem $n = 15$.

8.3.2 Zum n -Wert für die Steineisendeckenberechnung

Warum n bei der Berechnung der Steineisendecken von ursprünglich 25, unabhängig vom Vorhandensein von zusätzlichen Druckschichten, auf $n = 15$ gesenkt wurde, lässt sich nicht mit Gewissheit feststellen. Erstaunlicherweise sind hierzu keine Fachdiskussionen auffindbar. Jedoch sind zwei Erklärungen denkbar:

Vergleichbar dem Beton steigt der E-Modul der Ziegel mit ihrer Druckfestigkeit. Wie an verschiedenen Stellen bereits erläutert, wiesen die für Steineisendecken verwendeten Hohlziegel grundsätzlich eine höhere Qualität auf als Vollziegel von gleichem Material und gleicher Fertigung. Folglich erscheint es wahrscheinlich, dass der E-Modul mit der Festlegung von $n = 15$ den tatsächlich gegebenen Bedingungen angepasst worden ist.

Ebenfalls denkbar ist, dass die mittlerweile in der Praxis weit verbreitete Ausführungsweise, die Ziegel bei der Herstellung der Steineisendecken zu vergießen und dabei gleichzeitig eine zusätzliche Druckschicht von 3 cm bis zu 5 cm auszubilden, zum Senken des Wertes n beigetragen hat. Denn bei diesen Steineisendecken bestand die mitwirkende Druckfläche zu einem Großteil aus Mörtel oder Beton, die einen höheren E-Modul als die Ziegel aufwiesen.

Es ist zu bemerken, dass ein $n = 15$ gegenüber dem ursprünglichen Wert $n = 25$ eine höher liegende Nulllinie mit sich brachte. Daher verringerte sich bei sonst gleichen Randbedingungen für den Fall, dass die Nulllinie in den Hohlräumen der Ziegel lag, der Anteil der Hohlräume an der als Vollquerschnitt betrachteten Druckfläche. Folglich näherte sich das theoretische Modell hinsichtlich der Hohlraumanteile am Druckquerschnitt der Realität an.

³⁹² Die Verhältniszahl $n = 15$ und die zulässigen Biegungsspannungen. In: BuE 31 (1932), S.6-13, hier 11f; Die Wahl des Beiwertes n für die Berechnung von Eisenbeton-Bauteilen. In: BuE 31 (1932), S.24-30, hier 25f, 28f.

³⁹³ Die Wahl des Beiwertes n für die Berechnung von Eisenbeton-Bauteilen. In: BuE 31 (1932), S.24-30, hier 27, 30; Die Verhältniszahl $n = 15$ und die zulässigen Biegungsspannungen. In: BuE 31 (1932), S.75-76, hier 76; Bemerkungen zu den neuen Eisenbetonbestimmungen. In: BuE 31 (1932), S.155-156, hier 155.

Der Wert $n = 15$ blieb nach seiner Festlegung im *Steineisendecken-Runderlass* von 1918 bis zum Erscheinen der *DIN 1045* im Jahre 1972 und der damit verbundenen Ablösung des Gebrauchslastverfahrens (n -Verfahren) durch ein Traglastverfahren bestehen. Dies war unabhängig davon, ob die Hohlräume bei der Bemessung berücksichtigt wurden oder nicht.³⁹⁴

8.3.3 Zur Stärke der Druckschicht

Die mit dem *Steineisendecken-Runderlass* von 1909 festgelegte obere Grenze für auf Steineisendecken aufgebraute Druckschichten von ≤ 5 cm ließ zwar keine formellen Unklarheiten bestehen, wurde aber schon damals diskutiert.³⁹⁵ So erscheint die gewählte Grenze recht willkürlich, stellt man sich vor, dass bei einer Druckschicht von 5,1 cm die Ziegel zu wirkungslosen Füllkörpern degradiert werden, während sie bei einer Stärke von 5,0 cm für die Tragfähigkeit der Steineisendecke noch von großer Bedeutung schienen.

Doch auch die 1932 erschienenen *Steineisendecken-Bestimmungen* änderten nichts an der festgelegten oberen Grenze der Druckschicht. Roll äußert sich dazu folgendermaßen: „Als größte Dicke der statisch wirksamen Betondruckschicht von Steineisendecken sind 5 cm festgesetzt; diese Grenze, die eher durch den vormals bei Steindecken gebrauchten Wert $n = 25$ bedingt war, ist zwar nicht aus statisch-theoretischen Erwägungen, sondern aus baupolizeilichen Gründen beibehalten worden, da sie auch den praktischen Bedürfnissen genügt.“³⁹⁶

Sinngemäß nahm er mit seiner Aussage darauf Bezug, dass zu der Zeit, als für Steineisendecken $n = 25$ und für Eisenbetondecken $n = 15$ galt, eine Grenze gezogen werden musste, bis zu welcher der Aufbeton als zur Steineisendecke zugehörig zu betrachten war.

Spätestens mit dem *Steineisendecken-Runderlass* von 1918 erscheint es jedoch fraglich, wieso es noch immer erforderlich war, einen Unterschied zwischen Steineisendecken mit weniger und solchen mit mehr als 5 cm Aufbeton zu machen. Schließlich galt nun für die Berechnung der Steineisendecken analog zur Berechnung im Eisenbetonbau $n = 15$. Außerdem beschränkte die Wirtschaftlichkeit der Steineisendecken die Stärke der Aufbetonschichten. So erforderte zum Beispiel im Vergleich einer 15 cm hohen Steineisendecke ohne Aufbeton und einer Steineisendecke gleicher Tragfähigkeit aus 10 cm hohen Ziegeln zuzüglich 3 cm Aufbeton die letztere bereits höhere Kosten. Diese stiegen noch weiter, wenn die Aufbetonschicht verstärkt wurde.³⁹⁷

Die obere Grenze der auf einer Steineisendecke aufgebrauten Druckschicht blieb seit ihrer normativen Einführung bis zum Ausschluss der Druckschicht von der statischen Berechnung der Steineisendecken, im Jahre 1972, auf 5 cm begrenzt. Wurde die Druckschicht stärker ausgebildet, so war die Decke stets als Eisenbetonkonstruktion zu behandeln.

³⁹⁴ Bonzel (1972), S.680f; Erlass, betreffend die baupolizeiliche Behandlung ebener Steindecken bei Hochbauten. In: ZdB 38 (1918), S.505f.

³⁹⁵ Amtliche Mitteilungen. In: ZdB 29 (1909), S.81.

³⁹⁶ Roll (1932), S.8.

³⁹⁷ Roll (1924), S.52.

Ebenso wie die obere Grenze für Aufbetonschichten ist auch die untere Grenze zu hinterfragen. Denn die Forderung, dass eine Aufbetonschicht mit einer geringeren Stärke als 3 cm in der Berechnung nicht berücksichtigt werden durfte, erscheint reichlich streng.

Die Herkunft der unteren Grenze wurde in der Herstellung von Decken aus Schlackenbeton begründet. Diesem wurde die Aufnahme von Druckspannungen nicht zugemutet. Folglich war auf dem die Bewehrung umkleidenden Schlackenbeton eine mindestens 3 cm starke Kiesbetonschicht aufzubringen. Diese Regelung wurde auf die Steineisendecken übertragen.³⁹⁸

Mit Erscheinen der *DIN 1046 Bestimmungen für Ausführung von Stahlsteindecken* im Jahre 1943 war es gestattet, Mörteldruckschichten³⁹⁹ ab einer Stärke von 2 cm in der Berechnung zu berücksichtigen. Diese Regelung blieb bis zum gänzlichen Ausschluss der Druckschicht von der statischen Berechnung der Steineisendecken durch die *DIN 1045* von 1972 bestehen.⁴⁰⁰

8.3.4 Zur Berücksichtigung der Ziegel Hohlräume

Im Jahre 1932 erfolgte mit der neuen Ausgabe der *Steineisendecken-Bestimmungen* eine Zäsur des bisherigen Berechnungsansatzes für die Steineisendecken. Von nun an galt als wirksamer Druckquerschnitt der in der Druckzone bis zur Nulllinie vorhandene wirkliche Ziegel-, Mörtel- und Betonquerschnitt nach Abzug etwaiger Hohlräume.⁴⁰¹

Durch die Berücksichtigung der Hohlräume gelang es nun, die im Deckenquerschnitt tatsächlich auftretenden Druckspannungen in dieser Hinsicht realitätsnäher als bisher zu bestimmen. Dadurch war es möglich, die Grenzwerte der zulässigen Druckspannungen zu erhöhen und somit eine stärkere Auslastung des Druckquerschnittes zu erreichen.

Die sich durch den vorgeschriebenen Abzug der Hohlräume oftmals ergebende kleinere Druckfläche sowie das für die Berechnung von Steineisendecken zwischen eisernen Trägern anzusetzende größere Moment (bisher $M = ql^2/10$, ab 1932 $M = ql^2/8$) wurden durch die deutlich erhöhte zulässige Druckspannung von bis zu 50 kg/cm² ausgeglichen. Im Ergebnis ergaben sich nach dem neuen Ansatz für die Deckenfelder vielfach bis zu 20 % größere Spannweiten (Abb. 8-3).⁴⁰²

³⁹⁸ Kolbe (1906), S.62-64; Roll (1924), S.45f.

³⁹⁹ Mörteldruckschichten können aufgrund des Zuschlag-Größtkorns ≤ 4 mm in dünnerer Stärke hergestellt werden als Betondruckschichten mit einem Zuschlag-Größtkorn > 4 mm.

⁴⁰⁰ Bereits ab 1962 bestand parallel zur *DIN 1046 Bestimmungen für Ausführung von Stahlsteindecken* ein zweiter Ergänzungserlass (*DIN 1046xx*). Nach diesem galt bei Anwendung des gleichzeitig veröffentlichten Normblattes *DIN 4159 Deckenziegel, statisch mitwirkend*. „Eine etwa vorhandene Mörteldruckschicht darf nicht als statisch wirksam in Rechnung gestellt werden.“ Aus: Wedler (1963), S.68.

⁴⁰¹ Eine Ausnahme von der neuen Regelung wurde bei der Verwendung von Ziegeln mit bis zu 12 cm Höhe gemacht. Wie bisher üblich, mussten bei diesen im Druckquerschnitt liegende Hohlräume nicht von der Druckfläche abgezogen werden. Voraussetzung dafür war, dass die Wandung in der Druckzone mindestens 17 % der Ziegelhöhe betrug. Die aus Gründen der Vereinfachung der Berechnungsweise getroffene Festlegung ergab für den Grenzfall eine rund 5 % höhere Spannung als bei der genaueren Berechnung. Vgl.: Bemerkungen zur Neubearbeitung der Teile B, C und D der Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton. In: BuE 30 (1931), S.81-84, hier 82; Bemerkungen zu den Teilen B, C und D der neuen Eisenbetonbestimmungen. In: BuE 31 (1932), S.155-156.

⁴⁰² Roll (1932), S.38f; Bemerkungen zur Neubearbeitung der Teile B, C und D der Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton. In: BuE 30 (1931), S.81-84, hier 82f.

$$M = \frac{q l^2}{8}$$

Nach den Bestimmungen von 1925 (Luft = Stein)
 $\sigma = 36 \text{ kg/cm}^2$.

$$M = \frac{q l^2}{10}$$

Nach den Bestimmungen von 1932
 $\sigma = 40 \text{ kg/cm}^2$
 $\sigma = 50 \text{ kg/cm}^2$

l = Stützweite
 l_0 = größte Entfernung der Momenten-Nullpunkte
 \bar{a}_1 = Steindicke in der Druckzone

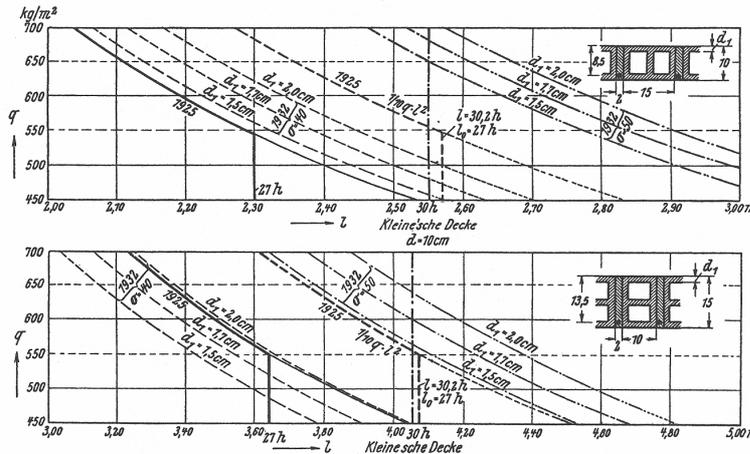


Abb. 8-3: Zulässige Deckenbelastung und -spannweite nach den Steineisendecken-Bestimmungen von 1925 und 1932

Zwar verursachten die neuen *Steineisendecken-Bestimmungen* eine geringe Mehrarbeit bei Aufstellung und Prüfung der Berechnung der Steineisendecken. Doch besaß die neue Berechnungsweise den Vorteil der allgemeinen Anwendbarkeit, was aufgrund der nunmehr besseren Übereinstimmung der berechneten Ergebnisse mit der Wirklichkeit beispielsweise die Zulassung neuer Decken erleichterte und Probelastungen entbehrlich machte. Die bisher durch Vernachlässigung der Hohlräume bei der Querschnittsberechnung mögliche, mitunter verhältnismäßig starke Durchbiegung der Decken aus Ziegeln mit sehr großen Hohlräumen wurde ebenfalls vermieden. Auch versprach man sich von der Berücksichtigung des tatsächlichen Ziegelquerschnittes, dass die Querschnitte der Hohlziegel den statischen Anforderungen angepasst würden, und somit einer Normung der Deckenziegel der Weg gebnet würde.

Die ab 1932 gültige Verfahrensweise bezüglich der Berücksichtigung der Hohlräume im Druckquerschnitt blieb drei Jahrzehnte bestehen. Doch im Jahre 1962 wurde mit *DIN 1046xx (Ergänzungserlass zur DIN 1046x)* wieder eingeführt, dass als wirksamer Druckquerschnitt der im Druckbereich liegende

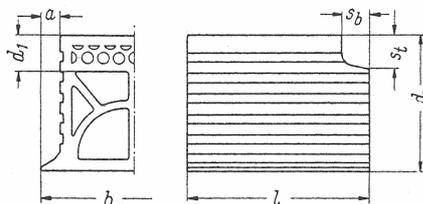


Abb. 8-4: Hohlziegel nach DIN 4159 von 1962

Querschnitt ohne Abzug der Hohlräume galt. Diese Umkehr findet ihre Begründung in der kurz zuvor eingeführten *DIN 4159 Deckenziegel, statisch mitwirkend*. Nach dieser waren die Hohlziegel so auszubilden, dass sich im Bereich der späteren Druckfläche nur kleinste Hohlräume befanden, um somit ausreichend Ziegelmaterial für die Aufnahme der Druckspannungen zur Verfügung zu haben (Abb. 8-4).⁴⁰³ Die Anwendung der 1962 erschienenen Normenblätter war

⁴⁰³ Wedler (1963), S.71f.

jedoch nicht zwingend erforderlich. So galt bei Verwendung der herkömmlichen Hohlziegel für die Berechnung der Steineisendecken weiterhin nur die tatsächlich verfügbare Ziegel- und Mörtelfläche nach Abzug eventuell vorhandener Hohlräume.

Mit Erscheinen der Neuauflage der *DIN 1045* wurde 1972 grundsätzlich eingeführt, dass der Druckquerschnitt ohne Abzug etwaiger Hohlräume zu ermitteln ist. In den dazugehörigen Erläuterungen wird der Ansatz sinngemäß so begründet, dass die Hohlräume in den Deckenziegeln wegen der hohen Sicherheit auf Seiten der Hohlziegel nicht abgezogen zu werden brauchen.⁴⁰⁴

8.3.5 Zulässige Spannungen

Es war hinlänglich bekannt, dass die für die Herstellung der Steineisendecken zur Verwendung kommenden Hohlziegel hohen Druckbeanspruchungen standhalten konnten. Jedoch bedingte der bis 1932 übliche Berechnungsansatz, gemäß welchem die Steineisendecken aus Hohlsteinen bei der Berechnung der Biegespannungen ohne Rücksicht auf die Hohlräume wie volle Platten zu behandeln waren, die Festsetzung verhältnismäßig niedriger zulässiger Druckspannungen.

Der Ursprung des ab 1909 angesetzten Wertes von $\sigma_b = 35 \text{ kg/cm}^2$ ($\sigma_b = 36 \text{ kg/cm}^2$ ab 1925) ist nicht belegt. Es ist anzunehmen, dass durch diesen der Mörtel berücksichtigt wurde. Dafür spricht die Tatsache, dass in den *Steineisendecken-Bestimmungen* von 1925 die zulässigen Spannungen in der Ziegellage für Decken mit und ohne Druckschicht getrennt angegeben wurden. Für Steineisendecken ohne statisch wirksame Betonschicht betragen die Grenzwerte $1/7 \cdot S$ ($S = \text{Druckfestigkeit der Deckenziegel}$) oder 36 kg/cm^2 . Für Steineisendecken mit einer Druckschicht zwischen 3 cm und 5 cm wurde nur der pauschale Grenzwert von 36 kg/cm^2 angegeben.

Da bei diesen Steineisendecken die Ziegeldruckfestigkeit kaum noch von Bedeutung war, ist davon auszugehen, dass der pauschale Grenzwert die Mörteldruck- bzw. Aufbetonfestigkeit angeben soll. Dafür spricht auch der Umstand, dass die im *Steineisendecken-Runderlass* von 1918 angegebene zulässige Spannung für die Aufbetonschicht von $\sigma_b = 35 \text{ kg/cm}^2$ mit dem 1925 angegebenen Wert von $\sigma_b = 36 \text{ kg/cm}^2$ nahezu identisch war. Somit lieferten nicht die Hohlziegel selbst den Grenzwert der zulässigen Druckspannung, sondern der zur Herstellung der Fugen und einer gegebenenfalls vorhandenen Druckschicht verwendete Zementmörtel oder Beton.

Mit dem Erscheinen der *Steineisendecken-Bestimmungen* von 1932 galten für die Ziegel bis zu 40 kg/cm^2 als Grenzwert der Druckspannung. Unter bestimmten Voraussetzungen waren sogar 50 kg/cm^2 zulässig. Für beide Grenzwerte wurde eine 6-fache Sicherheit gefordert. Um den Maximalwert ansetzen zu können, wurden besonders hohe Anforderungen an Berechnung, Durchbildung und Ausführung der Steineisendecken gestellt. Daher mussten die Decken von einem Unternehmer hergestellt werden, der besondere Erfahrung und Kenntnis in der Ausführung von Steineisendecken hatte. Darüber hinaus war vor Baubeginn die Druckfestigkeit der zu verwendenden Ziegel durch eine besondere Prüfung in Absprache mit der Baupolizeibehörde nachzuweisen.⁴⁰⁵

⁴⁰⁴ Bonzel (1972), S.681.

⁴⁰⁵ Roll (1932), S.63f, 68f.

Die abgestuften zulässigen Druckspannungen der Ziegel waren auch als Grenzwerte für den Mörtel und Beton eingeführt worden. Für die maximal zulässige Druckspannung von 50 kg/cm² auf Seiten des Mörtels genügte jedoch ein Sicherheitsfaktor von 3. Darüber hinaus war mit Gewährleistung der erforderlichen Mindestdruckfestigkeit von $W_{b28} = 100 \text{ kg/cm}^2$ ⁴⁰⁶ für den Mörtel pauschal eine zulässige Druckspannung von 40 kg/cm² gegeben. In diesem Fall betrug der Sicherheitsfaktor auf Seiten des Mörtels lediglich 2,5. Vergleichbares gilt für das Sicherheitsverhältnis zwischen Ziegel und Beton, für den allerdings eine Mindestdruckfestigkeit von $W_{b28} = 138 \text{ kg/cm}^2$ ⁴⁰⁷ und somit ein Sicherheitsfaktor von 3,45, bezogen auf die zulässige Druckspannung von 40 kg/cm², galt.⁴⁰⁸ Offensichtlich gab es keine andere Möglichkeit, als Mörtel und Beton mit geringeren Sicherheiten als die Hohlziegel zu belegen, um nicht abermals die oftmals vorhandene hohe Druckfestigkeit der Hohlziegel zu vergeben.

Die höchste zulässige Druckspannung für Steineisendecken wurde im Jahre 1962 mit der Einführung der *DIN 4159 Deckenziegel, statisch mitwirkend* und der damit verknüpften Ergänzung der *DIN 1046x Bestimmungen für Ausführung von Stahlsteindecken* (Fassung 1957, Ausgabe 1943) gültig. Demnach konnten Steineisendecken, die aus Beton der Güteklasse B225 (Mittelwert aus den Bruchspannungen der Würfel, $W_{28} = 225 \text{ kg/cm}^2$) und Ziegeln mit der mittleren Druckfestigkeit von 300 kg/cm² (kleinster Einzelwert 240 kg/cm²) hergestellt wurden, auf eine zulässige Druckspannung von 80 kg/cm² bemessen werden. Der zulässigen Druckspannung lag somit auf Seiten der Ziegel ein Sicherheitsfaktor von 3,75 und bezüglich des Betons von ca. 2,8 zugrunde. Weitere Voraussetzung dafür war, dass bei Verwendung von Deckenziegeln mit teilvermörtelten Stoßfugen die Nulllinie innerhalb der Stoßfugentiefe s_t lag (siehe Seite 127, Abb. 8-4).

Für Beton und Ziegel geringerer Güte galten folgende zulässige Druckspannungen:⁴⁰⁹

Güteklasse des Betons	mittlere Ziegeldruckfestigkeit kg/cm ²	zulässige Druckspannung kg/cm ²
B160	160 (kleinster Einzelwert 125)	45
B160	225 (kleinster Einzelwert 180)	60

Tab. 8-1: zulässige Druckspannung in Abhängigkeit von der mittleren Ziegeldruckfestigkeit

In den *Steineisendecken-Bestimmungen* von 1932 blieb der für die Bewehrung der Steineisendecken festgelegte Wert für die zulässige Spannung von $\sigma_e = 1200 \text{ kg/cm}^2$ bestehen. Mit Erscheinen der *DIN 1046* im Jahre 1943 galt er bei Verwendung von Baustahl I gleichfalls für Decken von 10 bis 16 cm

⁴⁰⁶ Dieser Wert bezog sich auf die 28-Tage-Druckfestigkeit eines Mörtel-Würfels mit 10 cm Kantenlänge.

⁴⁰⁷ Im Eisenbetonbau galt für den Würfel mit einer Kantenlänge von 20 cm $W_{b28} = 120 \text{ kg/cm}^2$. Für die bei Steineisendecken maßgebenden Würfel mit einer Kantenlänge von 10 cm musste dieser Wert 15 % größer sein. Er betrug demnach $W_{b28} = 138 \text{ kg/cm}^2$.

⁴⁰⁸ Bestimmungen für Ausführung von Steineisendecken. In: Deutscher Ausschuss für Eisenbeton (1932), S.47-54, hier 53f.

⁴⁰⁹ Wedler (1963), S.70f.

Dicke. Für Deckendicken über 16 cm wurde eine Stahlspannung von $\sigma_e = 1400 \text{ kg/cm}^2$ zugelassen. Waren diese Decken mit Baustahl II und III bewehrt, konnten bis $\sigma_e = 1800 \text{ kg/cm}^2$ Stahlspannung nachgewiesen werden.⁴¹⁰

⁴¹⁰ Änderung der Bestimmungen für Ausführung von Stahlsteindecken. In: ZdB 63 (1943), S.301-306, hier 306.

9 Nachbemessungen historischer Steineisendecken

Heute sind historische Steineisendecken häufig Gegenstand aktueller Planungsaufgaben. Dabei ist der Versuch, historische Steineisendecken zum Zwecke ihrer weiteren Nutzung nach den derzeit gültigen Normen nachzuweisen, wegen der offenkundigen Diskrepanzen zwischen Modell und Realität nicht empfehlenswert. So setzt *DIN 1045-100* von 2005 heutige Ziegeldecken (früher: Steineisendecken) den Vollplatten aus C20/25 oder C30/37 gleich. Die historischen Mörtel erfüllen die damit verbundenen Anforderungen jedoch nicht immer. Die historischen Hohlziegel entsprechen nicht den der *DIN 1045-100* zu Grunde gelegten teil- oder vollvermörtelten Deckenziegeln nach *DIN 4159* von 1999. Zudem lässt es die DIN nicht zu, den Aufbeton als mittragend in Rechnung zu stellen und damit vorhandenes Tragpotential der Decken zu nutzen.

Im Rahmen der erforderlichen Nachbemessungen greifen Tragwerksplaner daher oftmals auf das n-Verfahren zurück und bemessen die historischen Steineisendecken unter Beachtung der zur Erstellungszeit gültigen Vorschriften. Da auf diesem Wege die historischen Materialkennwerte Berücksichtigung finden, gilt dieses Vorgehen als durchaus geeignet. Doch ist bei der Nachbemessung der zwischen 1892 bis 1932 hergestellten Steineisendecken zu erwarten, dass sich erhebliche Abweichungen zwischen der rechnerisch angesetzten Druckfläche und der tatsächlich vorhandenen Druckfläche ergeben, denn auf der Grundlage der zur Herstellungszeit gültigen Vorschriften bleiben die Hohlräume bei der Ermittlung der Druckfläche unberücksichtigt.

Um eine Aussage darüber zu erhalten, wie groß der prozentuale Hohlraumanteil an der rechnerisch angesetzten Druckfläche bei den betroffenen Konstruktionen tatsächlich ist, werden im Folgenden Beispielrechnungen nach dem n-Verfahren durchgeführt. Dabei sind drei Fragen von besonderem Interesse:

Welche Parameterkombinationen nehmen maßgebenden Einfluss auf den Hohlraumanteil an der rechnerisch angesetzten Druckfläche?

Welcher Hohlraumanteil an der rechnerischen Druckfläche wird sich bei der Mehrzahl der Steineisendecken einstellen?

Ist der Ansatz, den Anteil der Hohlräume an der rechnerischen Druckfläche zu berücksichtigen, für die Nachbemessung mit dem n-Verfahren überhaupt relevant?

Im Kapitel 9.2 wird der Frage nachgegangen, wie die verschiedenen das Bemessungsergebnis beeinflussenden Parameter und Konstruktionsdetails realitätsnah in aktuelle Nachbemessungen historischer Steineisendecken auf der Basis des n-Verfahrens integriert werden können, um eine bessere Ausnutzung der Decken zu erreichen.

9.1 Beispielrechnungen zum Hohlraumanteil an der Druckfläche

9.1.1 Zentrale Annahmen, Wahl der Parameter

Für die Berechnungen wurden die folgenden Annahmen getroffen:

- Um für den gesamten Zeitraum, in dem der Druckquerschnitt von Steineisendecken ohne Abzug der Hohlräume ermittelt worden ist, repräsentative Ergebnisse zu erzielen, werden Steineisendecken aus der Zeit um 1910 sowie um 1920 berechnet. Infolgedessen sind die *Steineisendecken-Runderlasse* von 1909 und 1918 maßgebend.
- Für die Zuggrenzspannungen gelten $\sigma_e = 1000 \text{ kg/cm}^2$ (*Steineisendecken-Runderlass* von 1909) und $\sigma_e = 1200 \text{ kg/cm}^2$ (*Steineisendecken-Runderlass* von 1918). Die zulässige Druckspannung beträgt $\sigma_b = 35 \text{ kg/cm}^2$.
- Alle Beispieldecken sind für die Stützweite bemessen, die sich aus dem 27-fachen der Nutzhöhe⁴¹¹ der Decke ergibt.
- Auf der Grundlage der historischen Regelungen wird eine Verkehrslast von 250 kg/m^2 gewählt.⁴¹²
- Das Eigengewicht eines damals üblichen Fußbodenaufbaus aus Linoleum, Estrich und Kohlen-schlackenbeton beträgt für alle berechneten Kombinationen 119 kg/m^2 .⁴¹³ (Die sich aufgrund unterschiedlicher Bewehrungsquerschnitte ergebenden geringfügigen Eigengewichtsdifferenzen werden vernachlässigt.)
- Als Beispieldecke für sämtliche Berechnungen dient die Kleinesche Decke. Sie ist artverwandt mit einer Vielzahl der Steineisendecken. Darüber hinaus ist sie mit Abstand die weitest verbreitete Steineisendecke (siehe Kapitel 4).
- Für die Berechnungen werden Ziegel in den damals gebräuchlichen Wandstärken von 1,5 cm und 2,0 cm gewählt. Wobei für die 20 cm hohen Ziegel lediglich eine Wandstärke von 2,0 cm berücksichtigt wird, da dünnere Wandstärken bei diesen Ziegeln unüblich waren.
- Die Berechnungsläufe werden mit den für die Kleinesche Decke charakteristischen Bandeisen durchgeführt und in den Stärken von 1 mm bis 5 mm und Höhen von 20 mm bis 30 mm variiert. Darüber hinaus werden alle Berechnungsläufe auch mit Rundeisen durchgeführt. Andere Bewehrungsformen sind zwar denkbar, finden allerdings keine Berücksichtigung, da in der Hauptsache der Bewehrungsquerschnitt pro laufender Meter Decke von Bedeutung ist und weniger die Querschnittsform der Bewehrung.
- Die Fugenstärke für die bewehrte Längsfuge beträgt 2,0 cm. Sowohl für die Bandeisen als auch für die Rundeisen beträgt die untere Mörteldeckung 1,0 cm.

⁴¹¹ Mit den *Steineisendecken-Bestimmungen* von 1925 wurde das 27-fache der Nutzhöhe der Steineisendecke als Bezugsgröße für deren maximale Stützweite (höchstens 6,50 m) nahezu in allen deutschen Staaten eingeführt. Vgl.: B. Bestimmungen für Ausführung ebener Steindecken. In: Deutscher Ausschuss für Eisenbeton (1925), S.30-34, hier 31.

⁴¹² Bestimmungen über die bei Hochbauten anzunehmenden Belastungen und die Beanspruchungen der Baustoffe und Berechnungsgrundlagen für die statische Untersuchung von Hochbauten, von 1910. (1913), S.20.

⁴¹³ Bestimmungen über die bei Hochbauten anzunehmenden Belastungen und die Beanspruchungen der Baustoffe und Berechnungsgrundlagen für die statische Untersuchung von Hochbauten, von 1910. (1913), S.8.

Die nachstehenden Parameter wurden in den Berechnungen untersucht:

- Höhe der Ziegel
- Wandstärke der Ziegel
- Bewehrungsgrad
- Wert n

Aus den Parametern: Höhe der Ziegel, Wandstärke der Ziegel und n werden 7 Kombinationen (K1 bis K7) gebildet. Die daraus entstehenden Steineisendecken werden jeweils für ca. 50 unterschiedliche Bewehrungsquerschnitte bemessen.⁴¹⁴

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Höhe der Ziegel (cm)	10		15		15		20
Wandstärke der Ziegel (cm)	1,5	2,0	1,5	2,0	2,0		2,0
Bewehrungsquerschnitt (cm ² /m)	1,2 bis 9,0		1,6 bis 12,0		1,6 bis 12,0		1,6 bis 12,0
Wert n	25		25		15	25	15
übrige Annahmen							
Aufbeton (cm)	-		-		-	3,0	-
Eigengewicht Rohdecke (kg/m ²)	115		165		165	240	215
Stützweite (m)	2,1		3,5		3,5	4,3	4,8

Tab. 9-1: Parameter der Kombinationen K1 bis K7

⁴¹⁴ Die Berechnungen erfolgten mit dem Programmsystem „Mathcad“, siehe dazu beispielhaft den „Berechnungsalgorithmus Kombination 7“ (Band 3, Anlage 13).

9.1.2 Darstellung der Einzelergebnisse

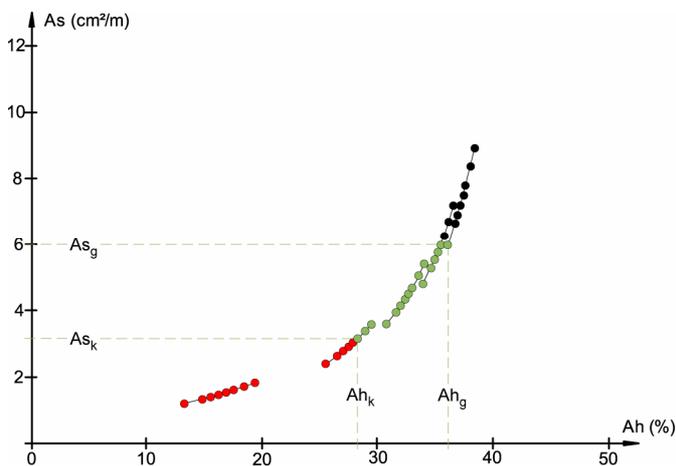
In den nachfolgenden Diagrammen lässt sich der prozentuale Anteil des Ziegelhohlraumes am Druckquerschnitt ablesen. Alle Ergebnisse sind im Anschluss an die Diagramme tabellarisch zusammengefasst.

Die innerhalb eines Diagramms dargestellten Decken unterscheiden sich voneinander jeweils nur durch den unterschiedlichen Bewehrungsquerschnitt. Jeder Punkt stellt eine berechnete Decke dar. Der besseren Lesbarkeit halber sind die jeweils zu einer Bewehrungsmarge (Bandeisen einer Stärke, aber unterschiedlicher Höhe) gehörenden Punkte (Decken) zu einer Linie verbunden worden.

Mit einem grünen Punkt sind diejenigen Decken dargestellt, bei denen sämtliche Spannungsnachweise erfüllt sind und gleichzeitig eine wirtschaftliche Bewehrungsspanne vorliegt.

In dem Fall, wo gerade noch die zulässige Zugspannung der Bewehrung eingehalten ist (kleinster erforderlicher Bewehrungsquerschnitt), stellt sich der kleinste Hohlraumanteil an der Druckfläche ein. Eine Erhöhung des Bewehrungsquerschnittes führt zu einer Zunahme des Hohlraumanteils an der rechnerischen Druckfläche. In den Fällen, wo eine wirtschaftliche Auslastung der Baustoffe nicht mehr gegeben ist (zu hoher Bewehrungsquerschnitt), sind die Decken mit einem schwarzen Punkt dargestellt.

Kombination 1



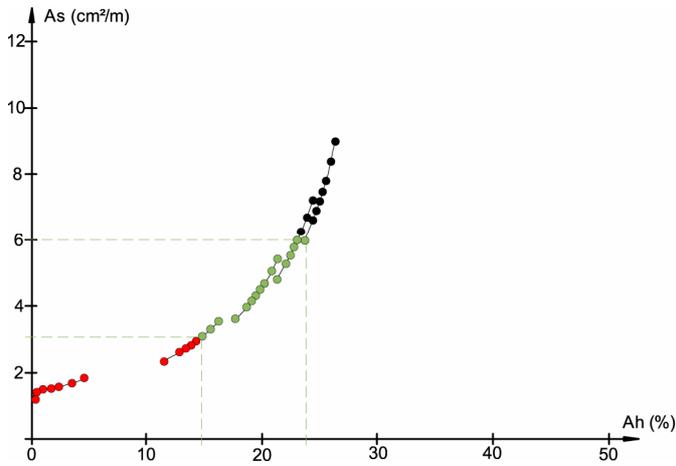
Höhe der Ziegel	= 10,0 cm
Wandstärke der Ziegel	= 1,5 cm
Verkehrslast	= 250 kg/m ²
Stützweite	= 2,1 m

n	= 25
zul. Druckspannung	= 35 kg/cm ²
zul. Zugspannung	= 1000 kg/cm ²

- zul. Druck- und/ oder Zugspannung überschritten
- Spannungsnachweise erfüllt
- Spannungsnachweise erfüllt, Bewehrungsquerschnitt unwirtschaftlich

- As Bewehrungsquerschnitt
- Ah Hohlraumanteil an der rechnerischen Druckfläche
- As_g größter, sinnvoller Bewehrungsquerschnitt
- As_k kleinster, erforderlicher Bewehrungsquerschnitt
- Ah_g größter Hohlraumanteil
- Ah_k kleinster Hohlraumanteil

Kombination 2

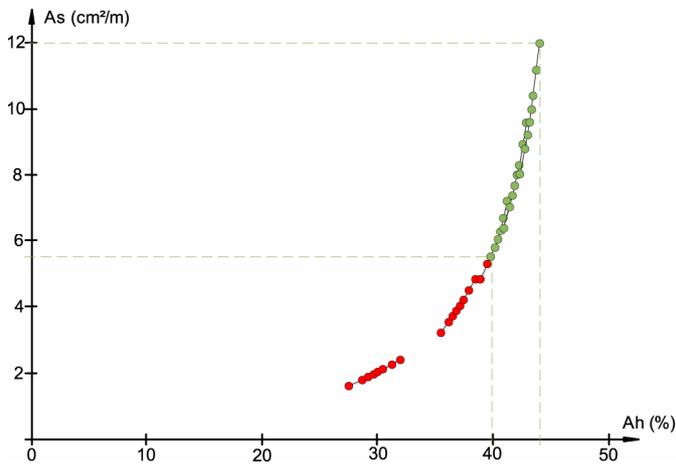


Höhe der Ziegel = 10,0 cm
 Wandstärke der Ziegel = 2,0 cm

Verkehrslast = 250 kg/m²
 Stützweite = 2,1 m

n = 25
 zul. Druckspannung = 35 kg/cm²
 zul. Zugspannung = 1000 kg/cm²

Kombination 3

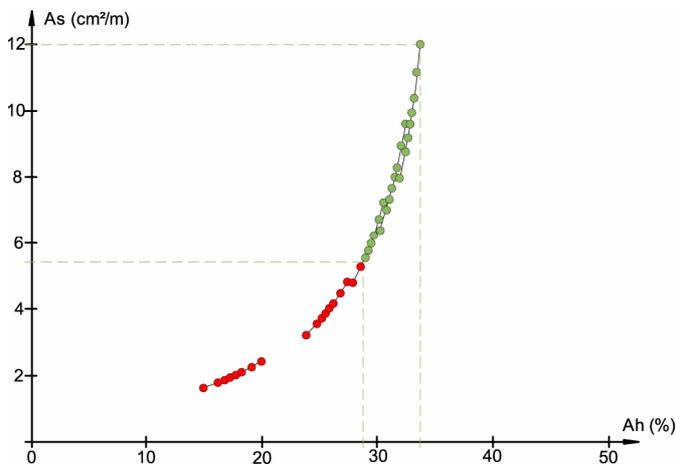


Höhe der Ziegel = 15,0 cm
 Wandstärke der Ziegel = 1,5 cm

Verkehrslast = 250 kg/m²
 Stützweite = 3,5 m

n = 25
 zul. Druckspannung = 35 kg/cm²
 zul. Zugspannung = 1000 kg/cm²

Kombination 4



Höhe der Ziegel = 15,0 cm
 Wandstärke der Ziegel = 2,0 cm

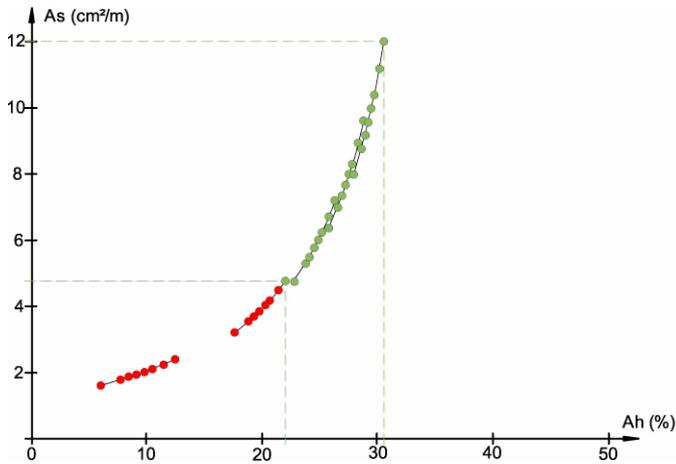
Verkehrslast = 250 kg/m²
 Stützweite = 3,5 m

n = 25
 zul. Druckspannung = 35 kg/cm²
 zul. Zugspannung = 1000 kg/cm²

- zul. Druck- und/ oder Zugspannung überschritten
- Spannungsnachweise erfüllt
- Spannungsnachweise erfüllt, Bewehrungsquerschnitt unwirtschaftlich

As Bewehrungsquerschnitt
 Ah Hohlraumanteil an der rechnerischen Druckfläche

Kombination K5

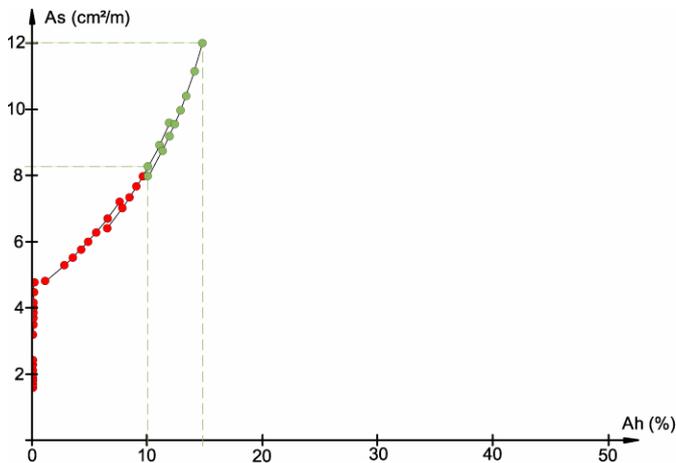


Höhe der Ziegel = 15,0 cm
 Wandstärke der Ziegel = 2,0 cm

Verkehrslast = 250 kg/m²
 Stützweite = 3,5 m

n = 15
 zul. Druckspannung = 35 kg/cm²
 zul. Zugspannung = 1200 kg/cm²

Kombination K6

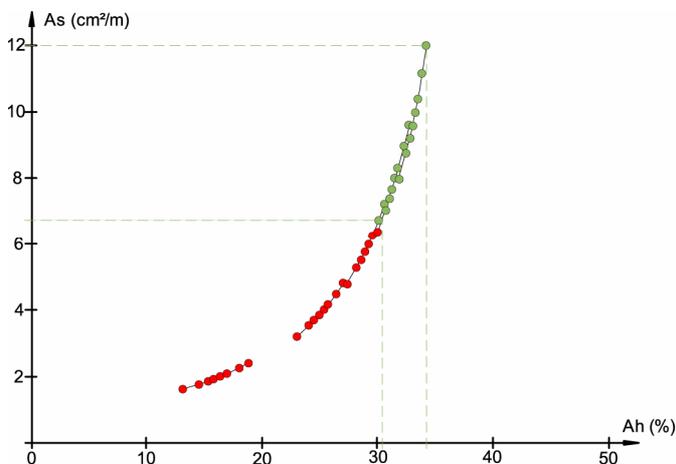


Höhe der Ziegel = 15,0 cm + 3 cm Druckschicht
 Wandstärke der Ziegel = 2,0 cm

Verkehrslast = 250 kg/m²
 Stützweite = 4,3 m

n = 25
 zul. Druckspannung = 35 kg/cm²
 zul. Zugspannung = 1000 kg/cm²

Kombination K7



Höhe der Ziegel = 20,0 cm
 Wandstärke der Ziegel = 2,0 cm

Verkehrslast = 250 kg/m²
 Stützweite = 4,8 m

n = 15
 zul. Druckspannung = 35 kg/cm²
 zul. Zugspannung = 1200 kg/cm²

- zul. Druck- und/ oder Zugspannung überschritten
- Spannungsnachweise erfüllt

- As Bewehrungsquerschnitt
- Ah Hohlraumanteil an der rechnerischen Druckfläche

Tabellarische Zusammenfassung der Diagramme für die Kombinationen K1 bis K7.

	K1	K2	K3	K4	K5	K6 ⁴¹⁵	K7
Höhe der Ziegel (cm)	10		15		15		20
Wandstärke der Ziegel (cm)	1,5	2,0	1,5	2,0	2,0		2,0
Wert n	25		25		15	25	15
es ergibt sich							
kleinster Hohlraumanteil (%)	28	15	40	29	22	10	30
Mindestbewehrung (cm ² /m)	3,1	3,1	5,5	5,5	4,8	8,3	6,7
größter Hohlraumanteil (%)	36	24	44	34	31	15	34
größter, sinnvoller Bewehrungsquerschnitt (cm ² /m)	6,0	6,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0

Tab. 9-2: Hohlraumanteil an der rechnerisch angesetzten Druckfläche

9.1.3 Charakteristische Ergebnisse

Den größten Einfluss auf den Anteil des Hohlraums an der Druckfläche haben die Höhe der Ziegel sowie deren Wandstärke.

- Höhe und Wandstärke der Ziegel

Alle Steineisendecken, die aus Ziegeln mit Wandungsstärken < 2,0 cm hergestellt wurden, weisen grundsätzlich einen hohen Hohlraumanteil an der rechnerisch angesetzten Druckfläche auf. So liegt bereits bei Verwendung von 15 cm hohen Ziegeln mit einer Wandungsstärke von 1,5 cm der Hohlraumanteil bei mindestens 40 % (vgl. K3).

Bei 15 cm und 20 cm hohen Ziegeln mit starken Wandungen von 2,0 cm stellen sich regelmäßig Hohlraumanteile von 30 % und mehr ein (vgl. K4, K5 und K7).

⁴¹⁵ mit 3 cm Aufbeton

Selbst für die denkbar flachsten Ziegel von 10 cm Höhe ergeben sich in der rechnerisch angesetzten Druckfläche Hohlraumanteile von 30 % und mehr, wenn die Ziegel eine Wandungsstärke⁴¹⁶ von 1,5 cm aufweisen (vgl. K1).

- **Bewehrungsquerschnitt**

In der Regel wird bereits bei einem Bewehrungsquerschnitt von ca. 6 cm²/m etwa der Größtwert des Hohlraumanteils am rechnerisch angesetzten Druckquerschnitt erreicht. Selbst eine Verdoppelung oder noch deutlichere Erhöhung des Bewehrungsquerschnittes führt nur noch zu einer geringen Steigerung des Hohlraumanteils (vgl. K4, K7).

Stark bewehrte Decken weisen öfter einen größeren Hohlraumanteil im rechnerischen Druckquerschnitt auf als schwach bewehrte Decken. Das bedeutet, dass Steineisendecken weiterer Spannweiten eher einen großen Hohlraumanteil haben, im Vergleich zu kurz gespannten Steineisendecken (vgl. K2 mit K4 und K5 mit K7). Gleiches gilt für hoch belastete Steineisendecken gegenüber weniger stark belasteten Decken.

Mit Blick auf die unterschiedlichen Bewehrungsarten ist zu bemerken, dass die Form kaum Einfluss auf die Ausbildung des Hohlraumanteils an der Druckfläche hat und somit vernachlässigt werden kann.⁴¹⁷

- **Wert n**

Der mit dem *Steineisendecken-Runderlass* von 1918 eingeführte Wert $n = 15$ führt zur Verschiebung der Nulllinie in Richtung der äußeren Druckfaser des Deckenquerschnittes und damit grundsätzlich zu einer Verringerung der Hohlraumanteile für alle Steineisendecken (vgl. K5 mit K4). Überdies wird für die Decken, bei denen die Zugspannung den maßgebenden Grenzwert liefert, eine geringfügige Verringerung der Hohlraumanteile erreicht. Dies ergibt sich durch die Erhöhung der Grenzzugspannung von $\sigma_e = 1000 \text{ kg/cm}^2$ auf $\sigma_e = 1200 \text{ kg/cm}^2$.

Die durch die Einführung von $n = 15$ erzielte Verringerung der Hohlraumfläche an der rechnerisch angesetzten Druckfläche wird jedoch von den zu dieser Zeit auf dem Markt gebräuchlichen hohen Deckenziegeln wieder aufgezehrt. So weisen aus 20 cm hohen Ziegeln mit einer Wandungsstärke von 2,0 cm hergestellte Steineisendecken wiederum einen Hohlraum von 30 % und mehr an der rechnerisch angesetzten Druckfläche auf (vgl. K7).

Die Untersuchungen zur Bemessung der Steineisendecken mit dem n-Verfahren zeigen, dass die bauzeitlich getroffenen Annahmen der Realität nur bedingt nahe kommen. Markante Mängel in der theoretischen Modellierung treten insbesondere hinsichtlich der Hohlraumanteile am Druckquerschnitt

⁴¹⁶ Bei sonst gleichen Randbedingungen bewirkt die Verringerung der Wandstärke von 2,0 cm auf 1,5 cm des 10 cm hohen Ziegels bei vorhandener Mindestbewehrung nahezu eine Verdoppelung des Hohlraumanteils an der rechnerisch betrachteten Druckfläche.

⁴¹⁷ So stellt sich bei einer 10 cm flachen, mit Rundeisen bewehrten Steineisendecke im Vergleich zu der mit Bandeisen bewehrten Konstruktion, aufgrund der tieferen Schwerpunktlage der Rundeisen, ein bis um 2 % größerer Hohlraum ein. Mit Rundeisen bewehrte 15 cm und 20 cm hohe Decken weisen nur noch einen weniger als 1 % größeren Hohlraum als mit Bandeisen bewehrte Decken auf. Vor allem zu den nur 10 cm hohen Steineisendecken ist zu erwähnen, dass diese nicht selten mit dünneren Längsfugen als den für die vorliegenden Berechnungen gewählten (2 cm) hergestellt worden sind. Allerdings ist der sich bei einer Längsfuge von 1 cm ergebende Hohlraumanteil nur bis ca. 3 % größer als der für vergleichbare Steineisendecken mit einer Fugenstärke von 2 cm berechnete.

auf und müssen durch sehr hohe Sicherheiten kompensiert werden. Bei aktuellen Nachbemessungen historischer Steineisendecken auf der Basis der bauzeitlichen Vorschriften wird durch den notwendigen Ansatz dieser hohen Sicherheiten mitunter erhebliches Tragpotential verschenkt.

9.2 Aktuelle Nachbemessungen auf der Basis des n-Verfahrens

Im Folgenden wird der Frage nachgegangen, wie die verschiedenen das Bemessungsergebnis beeinflussenden Parameter und Konstruktionsdetails realitätsnah in die Nachbemessung der Decken mit dem n-Verfahren integriert werden können, um eine bessere Ausnutzung der Decken zu erreichen. Zwar ist neben der Verfeinerung des Bemessungsalgorithmus auf Basis des n-Verfahrens, der Ansatz weiterer Bemessungsalgorithmen möglich; z. B. auf der Basis des k_n -Verfahrens oder unter Berücksichtigung von Teilsicherheitsbeiwerten. Doch werden diese Untersuchungen hier nicht geführt. Sie sind Gegenstand weiterer Forschungen.

Wenn man beim n-Verfahren bleibt, ermöglicht sich bereits eine realitätsnahe Nachbemessung des jeweiligen Deckensystems. Voraussetzung dafür ist die Einhaltung verschiedener Randbedingungen, die hier näher dargestellt werden sollen.

9.2.1 Wahl des Parameters „n“

Im Rahmen heutiger Nachbemessungen von Steineisendecken kann das Ergebnis durch den Parameter n nur beschränkt beeinflusst werden, weil sich n real nur zwischen ca. 5 und 25 bewegt. Zudem wäre eine Erhöhung von n über den bis 1918 gültigen Wert 25 hinaus nicht sinnvoll, da sich bei einem noch höherem n die berechnete Druckspannung von der tatsächlich vorhandenen Druckspannung im Deckenquerschnitt entfernt.

Wird die Nachrechnung eines Querschnitts mit einem kleineren n als dem ursprünglich verwendeten vorgenommen, so ergibt sich für die Decke eine beträchtlich größere Druck- und eine etwas geringere Zugspannung. Somit ist eine ursprünglich für die Zugspannung nicht nachweisbare Decke unter Umständen noch nachzuweisen.

Um die gegebenenfalls vorhandene Reserve bezüglich des Nachweises der Bewehrung nutzen zu können, ist zu klären, ob die E-Moduln von Ziegel, Mörtel und Beton ein kleineres n ermöglichen als historisch angesetzt.

Vergleicht man die nach *DIN 1053-1* von 1996 angesetzten E-Moduln für Ziegelmauerwerk in MG III/ IIIa, liegen diese je nach der gegebenen Steifigkeitsklasse (SFK) im Bereich von 8.400 MN/m² bis 15.750 MN/m² (SFK 20 bis SFK 48).⁴¹⁸ Mit Bezug auf den damals wie heute gültigen E-Modul der Bewehrung von 210.000 MN/m² ergibt sich ein n von 25 bis ca. 13. Diese Werte bestätigen die historisch angesetzten n von 25 und 15. Da der E-Modul der Ziegel sich im Laufe der Zeit nicht erhöht, lässt sich hierin keine Möglichkeit zur Verringerung des n finden.

⁴¹⁸ DIN 1053-1 (1996), S.8, 11.

Im Unterschied dazu ist bekannt, dass sich der E-Modul von Beton mit zunehmendem Alter beachtlich steigern kann. Dabei wirken sich die ursprünglich verwendeten Zuschlagstoffe, der w/z-Wert, der Zementgehalt sowie die Umweltbedingungen auf die Langzeitentwicklung des E-Modul aus. Nach Walz ergibt sich für Betonzylinder⁴¹⁹, die bei Temperaturen zwischen 16 °C und 27 °C 50 Jahre lang (von 1923 bis 1973) trocken in Raumluft gelagert wurden, der E-Modul zu ca. 33.500 MN/m².⁴²⁰ Würde dieser E-Modul mit dem E-Modul für das Bewehrungseisen ins Verhältnis gesetzt, ergäbe sich n zu 6,3. Auch wenn die Zusammensetzung der geprüften Betone nicht in jedem Parameter den zur Herstellung von Aufbetonschichten verwendeten Betonen entsprechen, eröffnen die Prüfungsergebnisse die Möglichkeit, zumindest für die Nachbemessung von Steineisendecken mit Aufbetonschicht ein etwas niedrigeres n als 15 in Betracht zu ziehen.⁴²¹

9.2.2 Berücksichtigung von Druckschichten

Im Rahmen der Nachbemessung historischer Steineisendecken mit einer Druckschicht von geringerer Stärke als 3 cm müsste je nach vorliegendem Fall entschieden werden, ob diese Berücksichtigung finden kann. Da es früher bereits gelang, druckfeste Schichten von 2 cm Stärke auszuführen – zum Beispiel für Putz oder Estrich – dürfte auch die Herstellung einer ebenso starken Zementmörteldruckschicht keine Schwierigkeiten bereitet haben. Der Ansatz dieser Schicht als Verstärkung der tragenden Deckenplatte ist daher durchaus denkbar. Eine gewissenhafte Ausführung dieser dünnen Druckschicht vorausgesetzt, können auch die Schubspannungen zwischen Ziegel und Mörtel ohne Probleme aufgenommen werden.

Insbesondere weil die Schubspannungen in Richtung des Druckrands hin abnehmen, werden sie desto geringer, je näher die Fuge zwischen Ziegel und Druckschicht an die Deckenoberkante rückt. Somit besteht für eine stärkere Druckschicht mitunter eher die Gefahr, von den Ziegeln abgeschält zu werden, als für eine vergleichsweise dünne.

So ist der in den Erläuterungen zur 1972 erschienenen *DIN 1045* von Bonzel sinngemäß formulierte Grund schwer nachvollziehbar, dass die auf die Deckenziegel aufgebrachte Druckschicht nun nicht mehr für die Tragwirkung der Decke berücksichtigt werden dürfe, weil sie nicht schubfest mit den Ziegeln verbunden werden könne.⁴²² Vielmehr haben die ebenfalls 1972 mit der *DIN 4159* eingeführten Hohlziegel zusätzliche Druckschichten völlig entbehrlich gemacht, weil durch die Gestaltung der Hohlziegel automatisch ein tragfähiger Ziegelquerschnitt in Stärken von 50 mm bis 85 mm gegeben war (Abb. 9-1).⁴²³

⁴¹⁹ Serie 1: Betonzylinder hergestellt aus Natursand 0/4,8 mm, w/z-Wert 0,51, Mischungsverhältnis 1 : 6, E-Modul nach 50 Jahren: 34.300 MN/m²; Serie 2: Betonzylinder hergestellt aus Kies 4,8/38 mm, w/z-Wert 0,67, Mischungsverhältnis 1 : 6, E-Modul nach 50 Jahren: 32.620 MN/m²

⁴²⁰ Forschungsinstitut der Zementindustrie (1977), S.69f, 74, 77.

⁴²¹ Zwar ist in dem Bericht für die geprüften Betonzylinder kein E-Modul aus deren Herstellungszeit angegeben. Jedoch ist anzunehmen, dass diese aufgrund der angegebenen 28-Tage-Zylinderdruckfestigkeit für die beiden geprüften Serien von 125 kg/cm² und 195 kg/cm² im Bereich der E-Moduln für die historischen Aufbetonschichten liegen.

⁴²² Bonzel (1972), S.681.

⁴²³ Beton-Kalender 1973 (1973), S.1102.

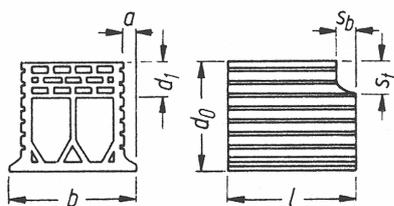


Abb. 9-1: Hohlziegel nach DIN 4159 von 1972

Gegen die grundsätzliche Vernachlässigung dünner Zementmörtel- oder Betondruckschichten bei der Berechnung historischer Steineisendecken sprechen weiterhin die Ergebnisse von Untersuchungen der Universität Hannover. Ziel deren Forschungen war unter anderem, die Haftscherfestigkeit zwischen Ziegel und Mörtel zu untersuchen. Bei den geprüften Serien von Hochlochziegeln (SFK 12, 20 und 36), deren gelochte Lagerfläche durchaus mit den gerillten Ziegelrücken der historischen Hohlziegel vergleichbar ist, lagen die experi-

mentell nachweisbaren Haftscherfestigkeiten zwischen 0,132 und 0,426 N/mm². Bei den Hochlochziegeln der SFK 12 und SFK 36 verlief der Bruch teilweise sowohl im Mörtel als auch im Ziegel. In diesen Fällen war die Fuge zwischen den beiden Baustoffen sogar stärker auf Abscheren beanspruchbar als die Einzelbaustoffe selbst.⁴²⁴

9.2.3 Zulässige Spannungen

9.2.3.1 Zulässige Ziegel-Druckspannungen

Wie oben ausgeführt, konnte für die Hohlziegel der historischen Steineisendecken ohne Abzug der in der Druckfläche gegebenenfalls vorhandenen Ziegelhohlräume eine zulässige Druckfestigkeit von bis zu 36 kg/cm² angesetzt werden. In der tatsächlich vorhandenen Ziegelfläche traten jedoch Druckspannungen von bis zu 50 kg/cm² auf.⁴²⁵ Folglich ist es durchaus denkbar, bei der heutigen Nachbemessung von Steineisendecken für die besten Ziegel Druckspannungen von bis zu 50 kg/cm² zuzulassen. Grundlage dafür ist die Berücksichtigung der Hohlräume.

Darüber hinaus bietet sich bei Ansatz eines kleineren Sicherheitsfaktors außerdem die Möglichkeit, alle Hohlziegel höher auszulasten. Hintergrund ist, die Sicherheiten für alle druckbeanspruchten Baustoffe annähernd gleich groß zu wählen. Vom theoretischen und besonders vom wirtschaftlichen Standpunkt aus ist dieser Ansatz wünschenswert. Voraussetzung dafür ist, dass alle Ziegel einer Decke über eine vergleichbare Qualität verfügen. Im Vergleich zu dem unmittelbar auf der Baustelle hergestellten Mörtel oder Beton wird dies in der Regel auch der Fall sein, insbesondere weil die baupolizeilichen Regelungen zur Prüfung der Ziegel dies grundsätzlich gewährleisten.

Jedoch ist es nicht möglich, die zulässigen Ziegel-Druckspannungen lediglich durch den Sicherheitsfaktor zu beschränken und so beispielsweise für Hohlziegel Werte bis zu 100 kg/cm² zuzulassen.⁴²⁶

Nicht zuletzt die Notwendigkeit, für eine statistisch abgesicherte Mittelwertbildung zahlreiche Prüfkörper aus den historischen Decken entnehmen zu müssen, verbietet solch hohe zulässige Ziegel-Druckspannungen.

⁴²⁴ Bundesminister für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (1982), S.178, 182f.

⁴²⁵ nach zeitgenössischen Berechnungen durch Röll (1932), S.38f.

⁴²⁶ Kerl berichtet über Versuche an „Lochsteinen“ aus dem Mauerwerksbau, die senkrecht zur Lagerfuge gelocht sind (vergleichbar heutigen Hochlochziegeln), und Druckfestigkeiten von über 400 kg/cm² aufwiesen. Bei einem Sicherheitsfaktor von 4 wären für Ziegel solcher Güte sogar Druckspannungen von über 100 kg/cm² zulässig. Vgl.: Kerl (1907), S.770.

9.2.3.2 Zulässige Mörtel-Druckspannungen

Wenn im Rahmen heutiger Nachbemessungen historischer Steineisendecken für die Hohlziegel höhere Druckspannungen zugelassen werden als damals baupolizeilich geregelt, dann ist dies nur sinnvoll, wenn die gleichen zulässigen Druckspannungen für den Mörtel gelten. Dabei erscheint der in den Bestimmungen von 1932 festgelegte Maximalwert von $\sigma_b = 50 \text{ kg/cm}^2$ die obere Grenze des Möglichen darzustellen, weil dieser auf Seiten des Mörtels lediglich auf einer 3-fachen Sicherheit basiert. Die im Vergleich zu den Ziegeln (6-fache Sicherheit) bereits damals deutlich niedriger angesetzte Sicherheit wurde damit begründet, dass das für die Verarbeitung des Mörtels erforderliche Wasser durch das Saugen der Ziegel herabgemindert würde. Folglich sollte sich für den entwässerten Mörtel eine Fugendruckfestigkeit einstellen, die beachtlich höher als die nachgewiesene Würfeldruckfestigkeit war und damit in Wirklichkeit eine deutlich höhere Sicherheit als 3 aufwies.⁴²⁷

Aktuellen Untersuchungen von Riechers zufolge ist die Fugendruckfestigkeit eines Mörtels meist größer als dessen Prismendruckfestigkeit. Für Mörtel⁴²⁸, der in seiner Zusammensetzung den zur Herstellung der Steineisendecken verwendeten Mörteln vergleichbar ist, ermittelte Riechers auf experimentellem Wege folgende Festigkeitssteigerungen:

Prismendruckfestigkeit 28 d / 360 d	kg/cm ²	93 / 109
Fugendruckfestigkeit HLz 28 d / 360 d	kg/cm ²	126 / 296
Fugendruckfestigkeit Mz 28 d / 360 d	kg/cm ²	181 / 320

Tab. 9-3: Gegenüberstellung der Prismendruckfestigkeit eines Mörtels mit dessen Fugendruckfestigkeit

Es wird deutlich, dass die mittlere Druckfestigkeit des Mörtels in der Fuge nach 360 Tagen im Vergleich zu der für die Klassifizierung des Mörtels maßgebenden 28-Tage-Festigkeit der Mörtelprismen bereits über das 3-fache ansteigt.⁴²⁹

Riechers bestätigt, dass sich aufgrund der Entwässerung des Mörtels durch die Ziegel Fugendruckfestigkeiten ergeben, die wesentlich höher als die Prismendruckfestigkeit sind. Hierbei ist zu erwähnen, dass Riechers die Fugendruckfestigkeiten ausschließlich an Mörtelprobekörpern ermittelte, die zuvor aus der Fuge entnommen wurden. Infolgedessen wurden andere, die Druckfestigkeit des Fugenmörtels begünstigende Einflüsse, nicht erfasst. Beispielsweise liefern die oftmals sehr schmalen Mörtelfugen der Steineisendecken, die von den angrenzenden Ziegeln umschlossen werden, weitere Sicherheiten, da durch diese Art der Umschnürung die Querdehnung des Fugenmörtels nur im

⁴²⁷ Roll (1932), S.62.

⁴²⁸ Zementart: CEM I 32,5 R, Zementgehalt: 252 kg/m³, Zuschlagart: Sand 0/1, Zuschlaggehalt: 1242 kg/m³, Mischungsverhältnis ca. 1 : 5, Wasser: 268 kg/m³, w/z-Wert: 1,06. Vgl.: Riechers (2000), S.136, 242.

⁴²⁹ Allerdings ist darauf hinzuweisen, dass der geprüfte Mauermörtel nicht ganz die mit den Bestimmungen von 1932 geforderte Mindest-Druckfestigkeit $W_{b,28} = 100 \text{ kg/cm}^2$ erreicht. Dennoch würde sich für einen Mörtel mit höherer 28-Tage-Prismendruckfestigkeit als in der Tabelle dargestellt eine den oben abgebildeten Werten vergleichbare Langzeit-Fugendruckfestigkeit einstellen. Dies ist so, weil bei Mauermörteln mit größerer Ausgangsdruckfestigkeit der prozentuale Festigkeitszuwachs innerhalb der Fuge nicht ganz so hoch ist wie bei Mörteln mit kleinerer Ausgangsdruckfestigkeit. Vgl.: Riechers (2000), S.47, 134.

Rahmen der Durchbiegung der Ziegelwandungen möglich ist. Die Ziegelseitenwände sind jedoch durch die obere und untere Ziegelwandung derart ausgesteift, dass ihr Ausweichen kaum in Frage kommt. Damit erhöht sich die Widerstandsfähigkeit des Mörtels. Darüber hinaus entstehen durch das Schwinden des Mörtels und sein Haften an den Ziegelwandungen im Fugenquerschnitt Zugspannungen, die der Druckbelastung entgegenwirken.

Auf der Basis der oben dargestellten Versuche ist für den Langzeit-Sicherheitsfaktor auf Seiten des Mörtels durchaus mit einem dem Sicherheitsfaktor der Ziegel vergleichbaren Niveau zu rechnen. Folglich ist es im Rahmen heutiger Nachbemessungen historischer Steineisendecken möglich, auf der Basis vergleichbarer Sicherheiten für Ziegel und Mörtel einheitliche zulässige Druckspannungen festzulegen, die höher liegen als die ursprünglich zulässigen Werte.

9.2.3.3 Zulässige Beton-Druckspannungen

Unabhängig von den zulässigen Druckfestigkeiten von Deckenziegel und Mörtel lässt sich durch die Erhöhung des zulässigen Wertes für eine auf der Steineisendecke vorhandene Aufbetonschicht eine Erhöhung der Deckentragwirkung erzielen. Voraussetzung dafür ist, dass die Beton-Druckspannung den maßgebenden Grenzwert liefert und die Nulllinie im Aufbetonquerschnitt verläuft.

Es ist bekannt, dass vor allem der Witterung ausgesetzter Beton mit dem Alter an Festigkeit zunimmt. Für in Raumluft gelagerte Betonzylinder kann dies anhand der oben angeführten amerikanischen Versuche ebenfalls bestätigt werden. Gegenüber der 28-Tage-Druckfestigkeit stieg die Druckfestigkeit für die in Raumluft gelagerten Serien nach 50 Jahren auf das 2,0- bis 2,2-fache.⁴³⁰

Wie bei den amerikanischen, so stellte sich auch bei deutschen Versuchen heraus, dass die Zylinderdruckfestigkeit der Betonkörper mit dem Alter umso mehr anstieg, je kleiner die 28-Tage-Druckfestigkeit bzw. je größer der Wasserzementwert war.⁴³¹

Mit Blick auf die Art und Weise der Herstellung der Steineisendecken – mit großen Anteilen von Anmachwasser – ist heute eine hohe Druckfestigkeit für die historischen Aufbetonschichten zu erwarten. Somit ist auch beim Beton, vergleichbar dem Mörtel, von der Möglichkeit auszugehen, dass höhere zulässige Druckspannungen als damals üblich nachgewiesen werden können.

9.2.4 Potential aktueller Nachbemessungen auf der Basis des n-Verfahrens

Der heute übliche Ansatz, im Rahmen der Nachbemessung historischer Steineisendecken auf das n-Verfahren zurückzugreifen, bietet eine gute Möglichkeit zur realitätsnahen Nachbemessung des Deckensystems. Voraussetzung dafür ist, dass die im Druckquerschnitt der Decke vorhandenen Hohlräume von diesem abgezogen werden und die Bemessung der Druckspannungen ausschließlich für den real existierenden Materialquerschnitt erfolgt. Des Weiteren sind die historischen

⁴³⁰ 1.Serie: von 195 kg/cm² auf 384 kg/cm², 2.Serie: von 125 kg/cm² auf 280 kg/cm², Vgl.: Forschungsinstitut der Zementindustrie (1977), S.69f, 77.

⁴³¹ Forschungsinstitut der Zementindustrie (1977), S.74; Dauerfestigkeit und Porenstruktur von sehr alten Betonen. In: Beton-Information 26 (1986), S.3-10, hier 9.

Steineisendecken einer ausführlichen konstruktiven Bestandsaufnahme und Materialuntersuchung zu unterziehen und die versuchstechnisch ermittelten Materialgütern der nachzuweisenden Einzelbaustoffe in die Bemessung der Decke zu integrieren.

Folgendes Potential lässt sich aktivieren:

- Ziegel, Mörtel und Beton der historischen Steineisendecken bieten die Möglichkeit, selbst bei einer Sicherheit von 4, Druckspannungen von bis zu $\sigma_b = 80 \text{ kg/cm}^2$ zuzulassen.
- Steineisendecken mit zusätzlichen Druckschichten können bei Berücksichtigung dieser Schichten zwischen 2 und 3 cm bereits bis 50 % höhere Lasten (im Vergleich zu Decken ohne Druckschicht) aufnehmen.
- Neben der vergrößerten Druckfläche bietet eine Aufbetonschicht mitunter die Möglichkeit, die Nachbemessung der Steineisendecke mit einem kleineren n als 15 durchzuführen. Für den Fall, dass die Zugspannung maßgebend ist, lässt sich beispielsweise mit $n = 10$ eine bis zu 5 % niedrigere Stahlspannung berechnen.

Um sämtliches Potential nutzen zu können, ist zu berücksichtigen, dass:

- bei der Druckprüfung der Deckenziegel die Belastungsrichtung in der Prüfmaschine mit der Beanspruchungsrichtung des vermauerten Ziegels übereinstimmt, da aufgrund der Herstellungsweise der Hohlziegel auf der Strangpresse deren Druckfestigkeit in Strangrichtung mitunter wesentlich höher ist als senkrecht dazu.
- die Haftscherfestigkeit zwischen Druckschicht und Deckenziegeln zu überprüfen ist, um dünne Druckschichten von 2 bis 3 cm rechnerisch ansetzen zu können. Des Weiteren ist bei Berücksichtigung dünner Druckschichten zu beachten, dass, wollte man diese ordnungsgemäß ausführen, gesiebter Sand ohne grobe Bestandteile verwendet werden musste. Folglich war ein höherer Zementzusatz erforderlich, sollte eine dem Mörtel oder Beton aus grobkörnigen Zuschlägen vergleichbare Druckfestigkeit erreicht werden. Daher sind für dünne Druckschichten (2 bis 3 cm) heute unter Umständen geringere Druckfestigkeiten zu erwarten als bei den gegebenenfalls stärker ausgeführten Fugen (3 bis 5 cm) derselben Decke.
- die Bestimmung der E-Moduln erforderlich ist, um mit einem realen Parameter n rechnen zu können. Da sich der E-Modul des Betons im Laufe der Zeit verändert, ist dieser an aus der Aufbetonschicht und/ oder den Fugen entnommenen Betonbohrkernen zu ermitteln. Der E-Modul des Stahls kann gemäß den historischen Regelungen angenommen werden.

- bei Decken, deren Herstellungsdatum nicht eindeutig belegbar, aber vor 1900 zu vermuten ist, Bewehrungsproben zu entnehmen und zu untersuchen sind. Dies gilt besonders für mit Bandei- sen bewehrte Decken, da vor allem zur Herstellung der Bandeisen vor 1900 Schweißisen zur Verwendung kam.

10 Tragfähigkeitsmindernde Einflüsse

Die Tragfähigkeit der Steineisendecken resultiert aus dem Zusammenwirken von Ziegeln, Bewehrung und Mörtel sowie einer eventuell vorhandenen Aufbetonschicht und wird grundsätzlich bestimmt von der Aufnahme:

- der Haftzugspannungen durch den Mörtel,
- der Zugspannungen durch die Bewehrung,
- der Druckspannungen durch die Ziegel, den Mörtel und der ggf. vorhandenen Aufbetonschicht sowie
- der Schubspannungen durch die Ziegel und den Mörtel.

Damit die jeweilige Beanspruchung planmäßig aufgenommen werden kann, ist es wichtig, dass das Deckenfeld nicht mit herstellungs- oder konstruktionsbedingten Mängeln behaftet ist. So kann die Aufnahme der Biegedruckspannungen durch die Ziegel nur dann stattfinden, wenn zwischen den Ziegeln eine Verbindung besteht, die einen vollwertigen Ersatz des Ziegelquerschnittes darstellt. Gleichzeitig ist auch eine Verbundwirkung zwischen Mörtel und Bewehrung notwendig, damit sich eine Zugspannung in der Bewehrung aufbauen kann.

Erste Hinweise für die statisch-konstruktive Bewertung der verschiedenen Deckensysteme liefern die im Katalog erfassten Deckencharakteristika. Ausschlaggebend für die Bewertung der Decken sind dabei:

- die detaillierte Analyse der zur Herstellung jeder Steineisendecke erforderlichen Arbeitsschritte,
- die Auswertung der im Rahmen von konstruktiven Bestandsaufnahmen an realen Steineisendecken vorgenommenen Schürfe und entnommenen Bohrkern sowie
- die Auswertung historischer Literaturquellen.

Alle in diesem Kapitel beschriebenen tragfähigkeitsmindernden Befunde oder Mängel sind grundsätzlich aus der Analyse der zur Herstellung jeder Steineisendecke erforderlichen Arbeitsschritte (siehe Band 2) abgeleitet worden.

Einige Mängel ließen sich anhand historischer Quellen verifizieren. Zahlreiche Mängel konnten durch die Auswertung aktueller konstruktiver Bestandsaufnahmen⁴³³ an historischen Steineisendecken bestätigt werden. Dies trifft selbstverständlich auf alle Befunde zu, bei denen die verbale Beschreibung durch ein Bestandsfoto eines Bohrkerns oder eines Decken-Schurfs ergänzt wird. Im Folgenden wird daher nicht mehr grundsätzlich auf die praktische Bestätigung des theoretisch hergeleiteten Befunds verwiesen.

⁴³³ Die entsprechenden Dokumentationen wurden von der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin (BAM), dem ehemaligen Materialprüfungsamt des Landes Brandenburg (MPA) sowie der BARG – Baustofflabor GmbH & Co. KG, Berlin bereitgestellt.

Alle Mängel werden tabellarisch in zwei Übersichten zusammengefasst (siehe Band 3, Anlage 5: Tragfähigkeitsmindernde Befunde).

In der ersten Übersicht wird jeder Deckentyp hinsichtlich der typischen Mängel bewertet. Alle im Kapitel 4 als weit verbreitet dargestellten Deckensysteme sind in der zweiten Übersicht separat erfasst.

Die Übersichten geben Aufschluss über die Wahrscheinlichkeit des Auftretens der verschiedenen, die Tragfähigkeit der Steineisendecken beeinflussenden Befunde.⁴³⁴ Die Bewertung der Auftretenswahrscheinlichkeit folgt dem „Ampelprinzip“: vom roten Punkt (das Deckensystem oder der Deckentyp ist vom beschriebenen Mangel in der Regel betroffen) über den gelben Punkt bis zum grünen Punkt (Mangel nicht vorhanden). Zwischenstufen sind vorhanden.

Bei der Erstellung der Übersichten wurde folgende Vorgehensweise angewendet: Eine Decke, die aufgrund ihrer Konstruktion in der Regel nicht mit einem bestimmten Mangel behaftet sein kann, erhielt einen grünen Punkt. Ließ sich bei einer Decke, deren Konstruktion oder Herstellung keine Variationsmöglichkeiten zuließ, ein Mangel ableiten, so wurde diese Decke mit einem roten Punkt gekennzeichnet. Die Zwischenstufen (rot-gelber Punkt, gelber Punkt, gelb-grüner Punkt) wurden in Abhängigkeit von den gegebenen Variationsmöglichkeiten, von Konstruktion und Herstellung vergeben. Eine geringe Anzahl von Variationsmöglichkeiten führte hierbei zur Vergabe eines rot-gelben Punktes, eine große Anzahl von Variationsmöglichkeiten bedingte einen gelb-grünen Punkt.

Die Übersicht, in der die Deckentypen bewertet sind, ließ sich mittels der durchschnittlichen Auftretenswahrscheinlichkeit der Befunde aller zu einem Deckentyp gehörenden Deckensysteme aufstellen.

Um die Zuordnung zwischen der Beschreibung der Befunde und den in Band 3, Anlage 5 enthaltenen Übersichten zu vereinfachen, wurde jede der 19 Zeilen in den Übersichten nummeriert und den folgenden, jeweils zugehörigen Textabschnitten (Kapitel 10.1 bis 10.4) vorangestellt.

Dem Praktiker geben die Übersichten Auskunft darüber, auf welche Befunde bei der konstruktiven Untersuchung der historischen Steineisendecken vor Ort besonders zu achten ist.

Wie sich die verschiedenen Befunde auf die Tragfähigkeit der jeweiligen Decke auswirken, hängt insbesondere von der Relevanz der an dem Deckenfeld festgestellten Mängel sowie von der Häufigkeit ihres Auftretens und deren Kombination untereinander ab. Dies ist an der jeweiligen Bestandsdecke explizit zu untersuchen.

⁴³⁴ Befunde mit einem möglichen Einfluss auf die Zugfestigkeit der Bewehrung treten bei den Steineisendecken im Allgemeinen nicht auf und sind daher auch nicht in den Übersichten erfasst.

10.1 Aufnahme der Haftzugspannungen durch den Mörtel

Für den Widerstand der Bewehrung gegen Herausziehen aus dem Mörtel sind neben der Größe und Beschaffenheit der Bewehrungsmantelfläche auch die Form der Bewehrung und deren Lage im Fugenquerschnitt von Bedeutung.⁴³⁵

Bei den im Steineisendeckenbau in der Regel verwendeten glatten Eisen ist mitunter damit zu rechnen, dass die Eisen unter Belastung „ohne jedes äußere Anzeichen“ aus der Fuge herausgezogen werden können.⁴³⁶ Dieses Phänomen kann auf Steineisendecken der ersten Entwicklungsjahre zu treffen:

„Bei den bis zum Bruch getriebenen Probelastungen [an Kleineschen Decken (Nr. 1)] fand die Zerstörung jedes Mal in der Weise statt, dass das Eisen sich aus den Fugen herauszog, ohne dass die Steine zerbrachen, noch das Eisen zerriss.“⁴³⁷



Abb. 10-1: Mörtelfehlstellen im Bereich der Bandeisenbewehrung

Zeile 1 (siehe Band 3, Anlage 5)

Eine maßgebende Ursache für die zitierte Beobachtung war, dass die Bandeisen dafür genutzt wurden, sehr dünne Mörtelfugen (< 2 cm) auszuführen. Dabei ließ sich die Bildung von Hohlräumen zwischen den Bandeisen und den Ziegeln während der Herstellung nicht vermeiden. Infolgedessen ist heute unter anderem bei der Kleineschen Decke (Nr. 1) mit Mörtelfehlstellen im Bereich der Bandeisenbewehrung zu rechnen (Abb. 10-1). Verschärfend wirkte sich zudem aus, dass Bandeisen in Rollen auf die Baustellen geliefert wurde. Somit war es vorgekrümmt und legte sich in der Decke stellenweise an die Ziegel an.⁴³⁸

Neben den Decken mit Flacheisenbewehrung können auch mit Rundeisen bewehrte Steineisendecken Gefügeprobleme aufweisen. So sind beispielsweise bei der Bremerschen trägerlosen Hohlsteindecke (Nr. 48) die

⁴³⁵ Bereits historische Versuche ergaben, dass profilierte Stäbe den einfachen, glatten Stäben hinsichtlich ihrer Haftzugfestigkeit in der Mörtelfuge überlegen sind. Bei den Versuchen mit den profilierten Stäben wurden jedoch nicht die Stäbe aus der Fuge gezogen, sondern ein Mörtelzylinder herausgeschert. Hierbei war also nicht die Haftzugfestigkeit zwischen Bewehrung und Mörtel, sondern die Scherfestigkeit des Mörtels maßgebend. Voraussetzung dafür war allerdings, dass die Fuge breit genug ausgebildet wurde und die Bewehrung mittig in dieser lag, damit sich überhaupt ein Scherkegel ausbilden konnte. Vgl.: Neue Versuche über die Haftfähigkeit des Eisens am Beton. In: BuE 6 (1907), S.47-50, hier 48, 50.

⁴³⁶ Haftfestigkeit einbetonierten Eisens. In: BuE 4 (1905), S.152-153, hier 153.

⁴³⁷ Über massive Deckenkonstruktionen. In: TIZ 22 (1898), S.436-444, hier 440f.

⁴³⁸ In der Gegend von Berlin führte die Beobachtung dieses Phänomens dazu, bei der Herstellung von Steineisendecken bereits vor Erscheinen der *Steineisendecken-Bestimmungen* von 1932 (Verbot der Bandeisen) von der Verwendung von Bandeisen abzusehen. Vgl.: Roll (1932), S.27.

Räume zwischen der Bewehrung und den Ziegeln so eng bemessen, dass hier durch Luftblasen oder Klümpchenbildung häufig Fehlstellen im Mörtel zu erwarten sind.

Zeile 2

Insbesondere bei frühen Steineisendecken, aber auch bei einigen nach 1900 hergestellten Decken kam es je nach Herstellungsweise mitunter vor, dass die Bewehrung direkt auf der Schalung auflag. Vereinzelt wurde die Bewehrung sogar planmäßig direkt auf der Schalung und somit bündig zur Deckenunterkante verlegt, um auf diese Weise eine bessere Ausnutzung des Deckenquerschnittes zu erzielen (maßgeblich Typ I.2).⁴³⁹ Darüber hinaus ist es konstruktionsbedingt der Fall, dass bei den Decken des Typs III.1 nicht automatisch eine untere Mörteldeckung der Bewehrung vorhanden ist.



Abb. 10-2: auf der Sohlleiste aufliegende Bewehrung

Auch liegen bei den Steineisendecken, die aus Hohlziegeln mit Sohlleisten hergestellt wurden, die Bewehrungsseisen häufig direkt auf den Sohlleisten (Abb. 10-2). Denn es war durchaus üblich, die Eisenlagen trocken auf die Sohlleisten zu legen und danach in einem Arbeitsgang die Fugen mit Mörtel zu verstampfen.⁴⁴⁰ Die Auswertung aktueller konstruktiver Bestandsaufnahmen an historischen Steineisendecken zeigt, dass hiervon vor allem die Decken des Typs IV.2 betroffen sind.⁴⁴¹

Inwieweit die oben beschriebenen Verfahrensweisen, die Bewehrung direkt auf die Schalung oder die Sohlleiste zu verlegen, Einfluss auf den Verbund von Bewehrung und Mörtel haben, lässt sich nur konstruktiv bewerten. So ist zwar der Verlust an unmittelbar ummörtelter Mantelfläche relativ gering, an wirksam ummörtelter Mantelfläche aber doch groß. Für die ohne untere Mörteldeckung verlegte Bewehrung kann sich kein vollständiger Scherkegel im Mörtel einstellen.

Insgesamt lässt sich jedoch anhand der in der Praxis gebräuchlichen Herstellungsweisen aufzeigen, dass bei den weit verbreiteten Steineisendecken die Bewehrung in der Hauptsache mit einer unteren Mörteldeckung versehen worden ist.

Zeile 3

Die einwandfreie Ummantelung der Profileisenbewehrung mit Mörtel konnte sicherlich nur selten gewährleistet werden. Vor allem bei den Decken des Typs II.2 ist daher nicht auszuschließen, dass die Profileisen mitunter so an die Ziegel gesetzt wurden, dass die Flansche der Profile in Teilbereichen

⁴³⁹ Königer (1902), S.184.

⁴⁴⁰ Reform-Steindecke und -steinwand (1909), S.2.

⁴⁴¹ Die jeweils angegebenen Deckentypen sind diejenigen Typen, die die meisten Deckensysteme mit dem dargestellten Befund erfassen. Einzelne Deckensysteme können jedoch von den dargestellten Befunden frei sein.

trocken blieben. So sind insbesondere in den äußerst schmalen und mitunter stark verspringenden Fugen heute Hohlräume oder anderweitige Fehlstellen zu erwarten.

Als noch kritischer sind diejenigen Decken zu bewerten, bei denen die Ziegel auf dem Unterflansch der Profileisen aufliegen (maßgeblich Typ III.2). Da hier in einzelnen Teilbereichen mitunter gänzlich auf Mörtel verzichtet wurde, berühren die Ziegel direkt den eisernen Flansch. Darüber hinaus befindet sich unterhalb des Flansches in der Regel kein Fugenmörtel.⁴⁴² Die Profileisen sind demnach nicht allseitig von Mörtel umhüllt, die Verbundwirkung zwischen Bewehrung und Mörtel ist eingeschränkt. Folglich muss vereinzelt davon ausgegangen werden, dass diese Decken nicht das Tragverhalten von Steineisendecken aufweisen, weil die Profileisen nicht als Zugbewehrung fungieren, sondern als Biegeträger wirken.

Die oben beschriebenen Sachverhalte können zum Teil negative Auswirkungen auf den Brand- und Korrosionsschutz der Bewehrung zahlreicher Deckensysteme haben. Da beispielsweise bei den



Abb. 10-3: abgesprengte untere Ziegelschalen an einer Kellerdecke

Decken des Typs III.2 die Ziegel das als Bewehrung dienende Profil- oder Sondereisen nicht umschließen und der Putzmörtel einen großen Teil der Eisenfläche nur unzureichend von unten bedeckt, kann hier nicht von einer feuer- und korrosionssicheren Ummantelung gesprochen werden. Probleme aufgrund des verminderten Korrosionsschutzes können hauptsächlich bei Decken über Kellergeschossen und Feuchträumen auftreten (Abb. 10-3).

10.2 Aufnahme der Druckspannungen durch die Ziegel und den Mörtel

Die Tragfähigkeit der Steineisendecken wird maßgeblich von der Aufnahme der Druckspannungen durch die Ziegel und den Mörtel bestimmt. Bei letzterem ist neben dem Anteil des Bindemittels vor allem die Kornzusammensetzung der Zuschlagstoffe von Bedeutung. Über die Kornzusammensetzung der Zuschlagstoffe der für die Steineisendecken gebräuchlichen Mörtel ist jedoch nichts bekannt.

Zeile 4

Der zum Vermauern der Ziegel vorgeschriebene Zementmörtel wurde auch schon bei den ersten Steineisendecken mit Kalk versetzt.⁴⁴³ Ein auf diese Weise gefertigter Mörtel war formbarer und ließ

⁴⁴² Lauenstein (1909), S.78; DBZ 33 (1899), S.409; TIZ 23 (1899), S.1286.

⁴⁴³ Jedoch war es erst durch den *Steineisendecken-Runderlass* von 1918 gestattet, dem Zementmörtel einen Weißkalkzusatz von höchstens 7 Vol.-% beizugeben.

sich deutlich besser verarbeiten als ein aus den gleichen Zuschlagstoffen mit identischer Sieblinie hergestellter reiner Zementmörtel. Vor allem für die Verarbeitung der Falzziegel mit den oftmals verspringenden Längsseiten war ein formbarer Mörtel erforderlich. So ist die Verwendung von kalkversetztem Zementmörtel insbesondere bei den Decken des Typs II.2 zu erwarten. Bei diesen Decken ist infolgedessen gegebenenfalls mit einer geringeren Mörteldruckfestigkeit als bei den meisten Steineisendecken zu rechnen.

Doch nicht nur Zuschlagstoffe und Bindemittel beeinflussen die Güte des Mörtels, sondern auch die Menge des verwendeten Anmachwassers. Vor allem für den Verguss von Steineisendecken mit sehr



Abb. 10-4: poröses Mörtelgefüge aufgrund hohen Anteils an Anmachwasser

dünnen Fugen musste der Mörtel mit hohem Wasserzusatz fließfähig gemacht werden. Für den Abbindeprozess des Mörtels waren diese Wassermengen jedoch nachteilig. Bei Betrachtung der aus vergossenen Steineisendecken entnommenen Bohrkerne ist ein poröses Mörtelgefüge zu erkennen, das auf die Bildung von Verdunstungskanälen und Luftblasen im Mörtel zurückzuführen ist und somit in seiner Tragfähigkeit beeinträchtigt sein kann (Typ V.1) (Abb. 10-4).

Zeile 5

Bei den vermauerten Deckensystemen ist davon auszugehen, dass die Stoßfugen im Druckbereich mitunter nicht komplett verfüllt sind, weil sich das Auftragen des Mörtels an die nur schmalen Schnittflächen der Ziegelstirnseiten grundsätzlich schwierig gestaltete: „Meistens sind 20 bis 30 % der Stoßfugen in der ganzen Fläche der oberen Steinschicht nicht vollkommen ausgefüllt.“⁴⁴⁴

Dies wird vor allem auf Steineisendecken des Typs II.2 zutreffen, wenn sie nicht mit einer Schutzschicht⁴⁴⁵ oder zusätzlichen Druckschicht abgeglichen wurden. Gleichfalls werden davon die Decken berührt sein, deren Ziegel eine verhältnismäßig große Stoßfugenfläche aufweisen (Typ III.1 und III.2).

Zeile 6

Die Druckschicht einer vermauerten Steineisendecke wurde gewöhnlich erst nach der Fertigstellung der gesamten Ziegelfläche auf diese aufgebracht. Bei Decken, deren Fugen mit dünnflüssigem Mörtel vergossen wurden, war es üblich, erst nach dem Verguss die gegebenenfalls gewünschte zusätzliche Druckschicht mit Mörtel von plastischer Konsistenz herzustellen (Typ V.1).

⁴⁴⁴ Fabrikmäßig hergestellte Eisenbetonbalkendecken und ebene Steindecken. In: BuE 8 (1909), S.397.

⁴⁴⁵ Eine hinreichend starke Schutzschicht (in der Regel aus Zementmörtel in 1 bis 2 cm Stärke hergestellt) wurde erst mit dem *Steineisendecken-Runderlass* von 1918 gefordert.



Abb. 10-5: Druckschicht durch Arbeitsfuge unwirksam

Wenn sich während der Herstellung der Druckschicht die Decke stark durchbiegen konnte, bestand die Gefahr, dass zwischen Druckschicht und Ziegellage keine feste Verbindung entstand, und deshalb die Druckschicht nur eingeschränkt die auftretenden Druckspannungen aufnehmen kann (Typ III.1 und III.2).

Bestimmend für das Zusammenwirken von Ziegellage und Druckschicht ist die Verbundwirkung zwischen den Ziegeln und dem aufgetragenen Mörtel. Die Verbundwirkung zwischen den Mörtelfugen und der Druckschicht spielt eine untergeordnete Rolle. Daher war die ordnungsgemäße Vorbehandlung der Ziegeloberfläche (abbürsten und anfeuchten) unerlässlich. Inwieweit dies bei den einzelnen Deckensystemen berücksichtigt wurde, hängt ausschließlich von der Arbeitsweise der Baufirma ab und lässt sich folglich nicht bewerten (Abb. 10-5).

Zeile 7

Zum Aufbringen der Druckschichten wurden bereits vermauerte oder vergossene Ziegellagen mitunter direkt betreten. Vor allem die Ziegel ohne Sohlleisten konnten infolgedessen verrutschen oder „kipeln“. Beim Betreten eines bereits vermörtelten Ziegels kam es mitunter vor, dass durch die Bewegung des Ziegels eine irreversible Störung des Mörtelgefüges eintrat.

Noch häufiger wird dieser Effekt bei Decken mit teilvermörtelten Ziegeln, die nur im Bereich der Stoßfugen vermauert wurden und zum Verguss der Längsfugen direkt oder indirekt (über Laufstege) betreten werden mussten, zu beobachten sein (Typ II.2 und III.2).

Zeile 8

Bei Steineisendecken, die bereits während der Herstellung oder in der Abbindephase signifikante Durchbiegungen erfuhren, konnten die Verbundverhältnisse gefährdet werden. Als besonders davon betroffen stellen sich die mit Profileisen bewehrten Deckensysteme heraus. Durch die Verwendung der biegesteifen Profileisen wurden die unterstützenden Lehren oftmals nur in großen Abständen vorgesehen, was zu unverhältnismäßig großen Durchbiegungen führen konnte.⁴⁴⁶ Dies barg die Gefahr, dass der noch nicht abgebundene Mörtel schädlichen Anfangsspannungen ausgesetzt wurde. Dabei waren vor allem jene Decken gefährdet, die teilweise vergossen wurden und daher das Betreten der Konstruktion erforderten (Typ III.1 und III.2).

Da man annahm, dass die verzahnten Falzziegel einen mechanischen Verband bildeten, wurden die Decken des Typs II.2 mitunter frühzeitig ausgeschalt. War der Mörtel noch nicht abgebunden, konnte

⁴⁴⁶ Kolbe (1905), S.243f, Bastine (1923), S.28, TIZ 27 (1903), S.1480f.

sich dieses Vorgehen sowohl auf die Aufnahme der Druckspannungen als auch der Schub- und Haftzuspannungen negativ auswirken.⁴⁴⁷

Zeile 9

Bei denjenigen Steineisendecken, die auch als Füllkörperrippendecken ausgeführt werden konnten, wurden die Stoßfugen mitunter ohne Vermörtelung der Ziegel gebildet. Dies führte dazu, dass sich die Stirnseiten der Ziegel nicht vollflächig berührten und somit die einwandfreie Übertragung der Druckspannungen nicht gewährleistet war. In der Folge traten Spannungsspitzen auf, die ein Druckversagen der Ziegel nach sich ziehen konnten.

Den beschriebenen Mangel weisen in der Hauptsache Decken der Typen IV.2 und IV.3 auf (Abb. 10-6).

Zeile 10

Bei denjenigen Decken, deren Hohlziegel auf die Bewehrung oder eine bereits verlegte, untere Ziegellage aufgesetzt werden mussten, wird es ungeschickten Maurern nicht immer gelungen sein, eine gleichmäßige Lagerfuge herzustellen. Infolgedessen wird es vorkommen, dass die oberen Ziegelwandungen nicht in einer Ebene liegen, die Übertragung der Druckspannungen dadurch mitunter gestört ist. Zudem ist die Bauhöhe der Decken nicht einwandfrei festgelegt. Maßgeblich betroffen sind die Decken der Typen III.1, III.2 und IV.3.

Inhomogenitäten in den Ziegelabmessungen, hervorgerufen durch Verformungen während des Brennvorganges, hatten ebenfalls zur Folge, dass sich die Wandungen in den Stoßfugen nicht genau gegenüber stehen (Abb. 10-7).

Mit Blick auf die einwandfreie Ausbildung der Stoßfugen und Übertragung der Druckspannungen sind Hohlziegel mit einem kleineren Wandungsmaß als 1,7 cm als kritisch zu bewerten.



Abb. 10-6: Steineisendecke ohne Mörtel in den Stoßfugen



Abb. 10-7: Versatz der Ziegelwandungen aufgrund ungleichmäßiger Ziegelabmessungen

⁴⁴⁷ Der Einfluss der Steinform auf die Tragfähigkeit ebener Ziegelhohlsteindecken zwischen I-Trägern. In: BMdS 33 (1913), S.71-74, hier 73f.



Abb. 10-8: im Druckbereich verstärkter Hohlziegel, verdreht eingebaut

Zeile 11

Hohlziegel mit einer oberen Wandungsstärke von 3 cm oder mehr sind in der Regel mit einer sehr dünnen unteren Wandung hergestellt worden. Folglich konnte es beim Verarbeiten dieser Ziegel durch nicht fachgerechten, seitenverkehrten Einbau passieren, dass die dünne Wandung im Druckbereich zu liegen kam, was zu Problemen bei der Übertragung der Druckspannungen führen kann (Typ I.1).

Da die beschriebenen Hohlziegel insbesondere im Berliner Raum⁴⁴⁸ zur Anwendung gelangten, ist in dieser Region die Wahrscheinlichkeit am größten, auf diesen Befund zu stoßen (Abb. 10-8).

Zeile 12

Bei einigen kreuzweise bewehrten Deckensystemen liegt die erste Bewehrungslage rechtwinklig zu den Hohlräumen der Ziegel. Damit weist der Deckenquerschnitt in dieser Richtung zwar die größte statische Höhe auf, diese geht jedoch mit einer verminderten Ziegeldruckfläche einher, da die Hohlziegel hier weder über Seitenwandungen noch über Mittelstege verfügen (Typ V.1). Problematisch kann dies in den Fällen werden, in denen die Nulllinie im Bereich der Hohlräume und somit unterhalb der oberen Ziegelwandungen liegt.

Darüber hinaus ist zu beachten, dass die Hohlziegel rechtwinklig zu ihren Hohlräumen oftmals eine deutlich geringere Druckfestigkeit aufweisen als parallel dazu.⁴⁴⁹ Dieser Sachverhalt wirkt sich auf die Tragfähigkeit aller zweiachsig bewehrten Steineisendecken sowie auf jene einachsig spannenden Konstruktionen aus, bei denen die Hohlräume der Ziegel parallel zu den Deckenträgern verlaufen.

⁴⁴⁸ Dort sollte gemäß der üblichen Praxis der Baupolizei die obere Wandung der Hohlziegel in der Regel nicht schwächer als $x-1$ cm (x = Nulllinie) messen. Vgl.: Günther (1908), S.46.

⁴⁴⁹ Die Druckfestigkeit der Ziegel rechtwinklig zu den Hohlräumen beträgt mitunter nur 60 % der Druckfestigkeit parallel zu den Hohlräumen (Strangrichtung der Kolbenpresse). Vgl.: Die Vorzüge scheinrechter Gewölbe als ebene Raumdecken. In: TIZ 29 (1905), S.962-969, hier 965; Die neuen Bestimmungen für die Ausführung ebener Steindecken. In: DBt 3 (1925), S.521-523, hier 522.

10.3 Aufnahme der Schubspannungen durch die Ziegel und den Mörtel

Nur bei wenigen Steineisendecken wurden aufgebogene Bewehrungsseisen zur Aufnahme der Schubspannungen vorgesehen. Daher werden die Schubspannungen in der Regel von den Ziegeln sowie vom Mörtel aufgenommen. Folglich spielt das gemeinhin bei Bauteilen mit großen statischen Höhen wie Balken anzuesiedelnde Schubproblem auch bei der Untersuchung der Steineisendecken eine Rolle.

Zeile 13

Eine Eigenart der Steineisendecken bestand darin, dass zur Verminderung des Eigengewichtes porige Hohlziegel verwendet wurden. Sind diese Hohlziegel nur mit dünnen Wandungen und Stegen versehen, steht im Deckeninneren wenig Material zur Aufnahme der Schubspannungen zur Verfügung. Dünne Fugen verstärken das daraus resultierende Problem.

Wie im Kapitel 10.1 ausgeführt, ließ sich bei der Herstellung dünner Fugen die Bildung von Hohlräumen nicht vermeiden. Dies trifft vor allem auf die mit Nut und Feder versehenen Falzziegel zu (Typ II.2). Zudem war hier das Aufbiegen der Bewehrung unmöglich.

Zeile 14

Bei Falzziegeldecken, vor allem aber bei Decken aus Ziegeln mit einer Höhe ≥ 20 cm (Typ IV. 2) erfolgte die Herstellung der Längsfugen in zwei Arbeitsschritten. Zuerst wurde der untere Fugenabschnitt vermauert und somit die Bewehrung in den Mörtel eingebettet, anschließend wurde der obere Fugenabschnitt vergossen. Häufig wurde auch die gesamte Fuge vergossen. Um die Einbettung der Bewehrung im Mörtel zu gewährleisten, verwendete man für den unteren Teil dünnflüssigen Mörtel. Der obere Fugenteil wurde dagegen mit plastischem Mischgut verfüllt. Wie die Auswertung der konstruktiven Bestandsaufnahmen an historischen Steineisendecken ergab, kann die so entstandene Arbeitsfuge je nach ihrer Lage im Deckenquerschnitt die Übertragung der Schubspannungen negativ beeinflussen (Abb. 10-9).⁴⁵⁰

Auch bei komplett vermauerten Steineisendecken kam es vor, dass zunächst mit dem Verlegen der Bewehrung im Mörtel begonnen wurde und man erst beim Versetzen der Ziegel den oberen Querschnitt der Längsfuge vervollständigte. Daher können auch diese Steineisendecken Fehlstellen innerhalb der Längsfugen aufweisen (Typ I.1) (Abb. 10-10).

⁴⁵⁰ Da während der Weiterentwicklung der Herstellungsweise von Steineisendecken vom Vermauern zum Verguss die Bewehrung häufig in Mörtelstreifen verlegt und erst hiernach der restliche Teil der Längsfugen vergossen wurde, kommt der beschriebene Sachverhalt mitunter ebenfalls bei Steineisendecken aus Ziegeln mittlerer Höhe vor.



Abb. 10-9: Arbeitsfuge zwischen unterem und oberem Fugenteil



Abb. 10-10: Fehlstellen innerhalb einer Längsfuge

Zeile 15

Besonders im Bereich der Deckenaufleger können die oben beschriebenen Befunde in Kombination mit nicht sachgemäß geformten Anfängerziegeln⁴⁵¹ zu erheblichen Mängeln führen. Verstärkt wird das Gefährdungspotential bei denjenigen Decken, für die keine Anfängerziegel Verwendung fanden. Dies trifft auf eine Vielzahl der Deckensysteme zu, die in der Zeit bis 1915 entstanden. Infolgedessen ist damit zu rechnen, dass die hohlen Ziegel des Deckenfeldes oftmals in das Auflager hineingeführt wurden, was die Schubtragfähigkeit der Decke deutlich abmindern kann, da nunmehr die Schubkraftübertragung beinahe ausschließlich über die Ziegelstege in Verbindung mit den Mörtelfugen erfolgt.

⁴⁵¹ Der Querschnitt der so genannten Anfänger- oder Trägerummantelungsziegel weist deutlich weniger Hohlräume als normale Hohlziegel auf. Vereinzelt wurden Anfängerziegel sogar als Vollziegel produziert. Damit wurde das Ziel verfolgt, die im Vergleich zum Deckenfeld am Deckenaufleger auftretenden höheren Schubspannungen aufnehmen zu können.

10.4 Weitere konstruktive Befunde

Neben den bisher benannten Befunden, die sich auf die Tragfähigkeit der Decke auswirken können, sind bei zahlreichen Steineisendecken weitere Phänomene zu erwarten, die im Rahmen heutiger Nachbemessungen historischer Steineisendecken mitunter zu berücksichtigen sind. Sie sollten daher ebenfalls im Rahmen einer konstruktiven Bestandsaufnahme verifiziert werden.

Zeile 16

Die über viele Jahre gebräuchliche Art des Bewehrungseinbaus ohne separate Abstandshalter führte dazu, dass die senkrecht verlegten Bandeisen in ihrer horizontalen Lage zueinander differieren. Rundeisen waren während der Herstellung der Decken auch vertikal leicht zu verschieben. Infolgedessen können mit Rundeisen bewehrten Decken in Teilbereichen eine geringere Nutzhöhe aufweisen als in der ursprünglichen Berechnung angesetzt. Dies wirkt sich am stärksten bei Decken geringer Höhe aus.⁴⁵²



Abb. 10-11: Decke mit unterschiedlichen Fugenbreiten

Zeile 17

Auch die Ziegel verfügten oftmals über keine ausreichende Lagesicherung und konnten während der Herstellung der Decke zueinander „verrutschen“. Davon betroffen sind alle Decken, die aus Ziegeln ohne Sohlleisten hergestellt und mit Mörtel verstampft wurden. Folglich ist vor allem bei den Decken der Typen V.4 und V.5 mit unterschiedlichen Fugenbreiten zu rechnen (Abb. 10-11).

Zeile 18

Bei den mittels Verguss hergestellten Decken ist bei Verwendung von Ziegeln mit nicht geschlossenen Hohlräumen davon auszugehen, dass Mörtel in die Ziegel Hohlräume eingedrungen ist. Dabei bergen die Deckensysteme, die ursprünglich vermauert und erst im Laufe der Entwicklung vergossen wurden, das größte Risiko. Weil deren Hohlziegel nicht für den Verguss konzipiert waren, verfügten sie weder über ein geeignetes Verschlussystem noch über anderweitige Vorkehrungen, die einen sachgerechten Verguss ermöglichten (Abb. 10-12).

Vor allem bei Verwendung von hohen Ziegeln ≥ 15 cm ist damit zu rechnen, dass Vergussmörtel in die Hohlräume eindrang. Da sich die Ziegelwandungen beim Trocknen und Brennen mitunter stark

⁴⁵² Es empfiehlt sich daher, im Rahmen der konstruktiven Bestandsaufnahme einer planerisch zu bearbeitenden historischen Steineisendecke vor allem bei Deckenhöhen ≤ 12 cm mehrere Schürfe vorzunehmen oder einen detaillierten Bewehrungsspiegel (Bewehrungssucher) anzufertigen.

verzogen, konnten die Ziegel nicht ausreichend dicht aneinander gefügt werden, um ein Eindringen des Vergussmörtels zu vermeiden (Abb. 10-13).

Die Auswertung der konstruktiven Bestandsaufnahmen an historischen Steineisendecken hat gezeigt, dass der in die Ziegel Hohlräume eingedrungene Mörtel bei Steineisendecken ohne zusätzlich aufgebrachte Druckschicht zu einer Erhöhung des Deckeneigengewichtes von über 20 % führen kann (Typ I.1).⁴⁵³



Abb. 10-12: Kleinesche Decke mit Mischgut im Hohlraum



Abb. 10-13: hoher Ziegel mit Mischgut im Hohlraum

Zeile 19

Bei Decken, deren Hohlziegel nicht als Verband, also nicht mit zueinander versetzten Stoßfugen, vermauert oder vergossen wurden, laufen die Stoßfugen jeweils in einer Reihe durch die gesamte Deckenfläche hindurch. Sofern die Hohlziegel ohne Mörtel in den Stoßfugen trocken verlegt wurden, können die Fugen bei entsprechender Durchbiegung der Decke auseinander klaffen und im Putz der Deckenunterseite Risse entstehen. Sind solche Decken zudem nur mit einer dünnen Druckschicht versehen, ist davon auszugehen, dass sie insgesamt weicher als vergleichbare Decken mit sachgerecht ausgebildeten Stoßfugen sind (Typ IV.2) (Abb. 10-14).

⁴⁵³ Da dieser Sachverhalt bereits Anfang des 20. Jahrhunderts bekannt war, gab der Minister der öffentlichen Arbeiten einen für Preußen gültigen Runderlass mit folgendem Wortlaut heraus: „Bei den in den Bestimmungen über die bei Hochbauten anzunehmenden Belastungen ... ist davon auszugehen, dass die aus Hohlsteinen bestehenden Decken nur dann die angegebenen Gewichte besitzen, wenn das Einlaufen des Fugenmörtels in die Hohlräume der Steine sicher vermieden wird. Ist dies, wie zur Zeit bei den meisten Hohlsteinarten mit kopfseitig offenen Hohlräumen, nicht der Fall, so müssen entsprechend höhere Eigengewichtszahlen für die Deckenplatten, beispielsweise in Pos. 19 der Bestimmungen (Kleinesche Decke aus 10 cm hohen Ziegeln, A. d. V.) 140 statt 115 kg/m², also etwa 20 v. H., mehr angesetzt werden.“ Aus: Runderlass, betreffend die Gewichte ebener Decken aus Hohlsteinen. In: BuE 12 (1913), S.72.



Abb. 10-14: Reformhohlsteindecke ohne Stoßfugenversatz

10.5 Versagensmechanismen der Steineisendecken

Welche Befunde bei den historischen Steineisendecken zu erwarten sind und mit welcher Auftretenswahrscheinlichkeit hierbei zu rechnen ist, zeigen die in Band 3, Anlage 5 enthaltenen Übersichten. Im Folgenden werden anhand dieser Übersichten sowie der dazugehörigen Beschreibungen die Auswirkungen der herstellungs- und konstruktionsbedingten Mängel auf die Tragfähigkeit der Steineisendecken zusammenfassend abgeleitet. Im Ergebnis entsteht eine Illustration (siehe S.161, Abb. 10-15), aus der sich ablesen lässt, welche Versagensart bei Überschreitung der Tragfähigkeit einer historischen Steineisendecke, in Abhängigkeit von ihrem Herstellungsdatum, heute am ehesten zu erwarten wäre.

▪ Überschreiten der aufnehmbaren Haftzugspannungen

Wie oben dargestellt, ist vor allem bei den vor 1900 hergestellten Steineisendecken häufig mit einem gestörten Verbund zwischen Mörtel und Bewehrung zu rechnen. Ursache hierfür sind die zu dieser Zeit verwendeten glatten Bändeisen. Darüber hinaus ließ sich bei der Ausführung sehr dünner Mörtelfugen die Bildung von Hohlräumen zwischen den Bändeisen und den Ziegeln nicht vermeiden. Decken, die deutlich nach 1900 ausgeführt wurden, werden heute selten Probleme mit der Aufnahme der Haftzugspannungen aufweisen, da bei diesen Decken die Fugen oftmals breiter ausgeführt wurden. Bestätigt wird dies im Jahre 1910 durch die "Tonindustrie-Zeitung", die aussagte, dass bei zahlreichen an Kleineschen Decken vorgenommenen Bruchversuchen die Bruchursache niemals in der Überschreitung der aufnehmbaren Haftzugspannungen lag.⁴⁵⁴

⁴⁵⁴ Beanspruchung von Ziegeldecken. In: TIZ 34 (1910), S.227.

▪ **Überschreiten der aufnehmbaren Zugspannungen**

Bezüglich der Aufnahme der Zugspannungen durch die Bewehrung treten bei den Steineisendecken kaum herstellungsbedingte Mängel auf. Zudem entspricht die Materialgüte der Bewehrungsseisen in Hinsicht auf Festigkeitswerte annähernd heutigen Standards. Daher ist davon auszugehen, dass Steineisendecken nur selten auf Zug versagen.

Im Hinblick auf die um 1895 errichteten Steineisendecken ist davon auszugehen, dass zahlreiche Decken unter Verwendung von aus Schweißseisen hergestellter Bewehrung errichtet wurden (Typen I.1 und I.2).⁴⁵⁵ Aber auch diese Steineisendecken werden heute nur selten auf Zug versagen, da bei ihnen gleichfalls die oben beschriebenen Befunde zum Tragen kommen. So wird regelmäßig, vor Überlastung der Bewehrung, ein anderer Versagensfall eintreten.

▪ **Überschreiten der aufnehmbaren Druckspannungen**

Mit dem Versagen einer Steineisendecke auf Druck ist vor allem bei den um 1900 und später hergestellten Decken zu rechnen. Beispielsweise wird das Gefährdungspotential bei den frühen Steineisendecken durch Gefügestörungen aufgrund von Durchbiegungen der Decke während der Abbindephase des Mörtels erhöht. Besonders betroffen sind die Decken der Typen III.1 und III.2.

Bei Decken, die nach 1910 zur Ausführung gelangten, wird die hauptsächliche Ursache für das Überschreiten der Tragfähigkeit sogar häufig das Versagen der Druckzone sein.

Bei schlecht oder überhaupt nicht vermörtelten Stoßfugen kann es zu Spannungsspitzen im Hohlziegel kommen, die dessen Bruch verursachen (Typ IV.2). Diesem Schadensfall vergleichbar ist das Druckversagen der Hohlziegel aufgrund sich nicht exakt gegenüberliegender Ziegelwandungen. Beide Befunde können sich bei den Decken des Typs IV.3 überlagern.⁴⁵⁶

▪ **Überschreiten der aufnehmbaren Schubspannungen**

Die größte Versagenswahrscheinlichkeit der Decken auf Schub geht von einem im Auflagerbereich mangelhaft ausgeführten Deckenquerschnitt aus (nicht fachgerecht ausgeführte oder gänzlich fehlende Anfängerziegel). Auch Arbeitsfugen und Fehlstellen, die in den Längsfugen innerhalb eines Deckenfeldes örtlich konzentriert vorkommen, können ein Schubversagen bewirken. Insgesamt betrachtet ist bei Decken, die um 1910 und später zur Ausführung gelangten, häufig ein Schubversagen zu erwarten. Betroffen sind die Decken der Typen I.1⁴⁵⁷, II.2 und in besonderem Maße Typ IV.2.

⁴⁵⁵ Gemäß der „Einschätzungsliste der Kommission für die Bildung des neuen Rheinisch-Westfälischen Walzwerks-Verbandes“ war es 1894 einzig die Firma Theodor Wuppermann, die als Rohmaterial für die Bandedisenerzeugung Flusseisen verwendete. Alle übrigen Bandedisenhersteller griffen zu dieser Zeit noch auf Schweißseisen zurück. Vgl.: Pieper (1963), S.12.

⁴⁵⁶ Als besonders gefährdet ist die Berra-Decke (Nr. 47) zu benennen. Aufgrund wiederholter Einstürze wurde dieses Deckensystem um 1920 in Teilen Berlins nur noch mittels Probebelastung baupolizeilich abgenommen. Vgl.: Roll (1924), S.27.

⁴⁵⁷ Besonders hinzuweisen ist auf die Kleinesche Steineisendecke (Nr. 1). Siehe *Runderlass* des Berliner Polizeipräsidenten vom November 1913: „Die bei der Ausführung von Decken Kleinescher Art verwendeten Anfänger- oder Trägerummantelungssteine weisen meist eine zu geringe Stärke an der für den Trägerflansch ausgesparten Stelle sowie verhältnismäßig große Löcher auf, so dass die am Deckenaufleger auftretenden großen Schubspannungen nur ungenügend aufgenommen werden können. Ich bestimme deshalb, dass im Landespolizeibezirk Berlin in Zukunft nur solche Anfänger- oder Trägerummantelungssteine verwendet werden dürfen, welche über der Aussparung für den Trägerflansch mindestens 7 cm stark sind und welche, falls sie nicht als Vollsteine hergestellt werden, nur Löcher von 2 cm Durchmesser erhalten dürfen.“ Aus: *Runderlass*. In: BuE 12 (1913), S.351.

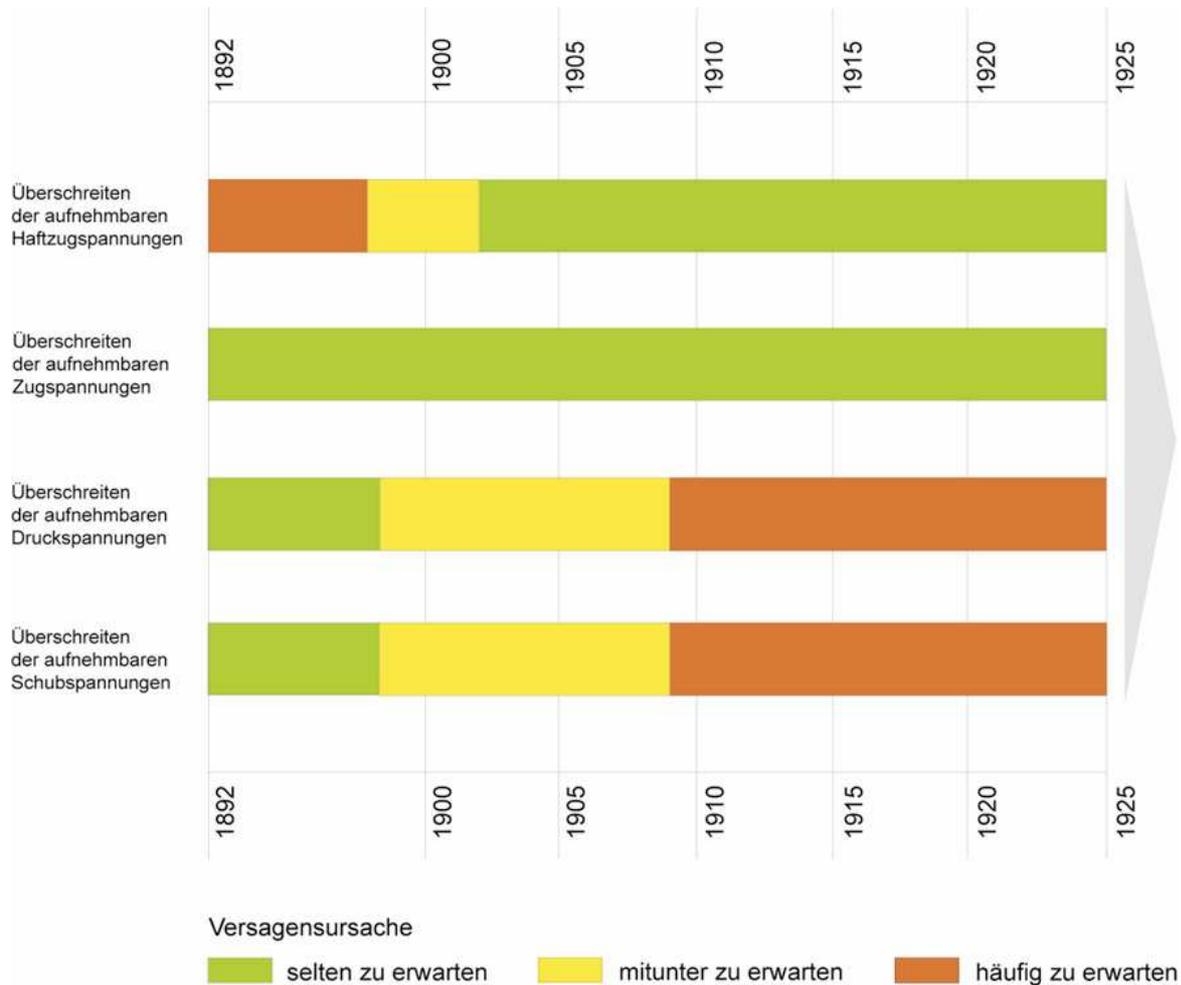


Abb. 10-15: Versagensmechanismen der Steineisendecken

Die Ergebnisse von Versuchen, die im Rahmen aktueller Belastungsversuche⁴⁵⁸ bis zum Bruch belasteter historischer Steineisendecken durchgeführt wurden, stützen die auf der Basis der herstellungs- und konstruktionsbedingten Mängel abgeleiteten und in der Illustration dargestellten möglichen Versagensmechanismen historischer Steineisendecken (Tab. 10-1).

⁴⁵⁸ Die entsprechenden Dokumentationen wurden von der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin, der FH Potsdam, Baulabor Konstruktiver Ingenieurbau, der Bauhaus-Universität Weimar, Abteilung Versuchswesen, sowie der TU Berlin, Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken, bereitgestellt.

Gebäude lfd. Nr.	Decke lfd. Nr.	Herstellungs- datum	Spannweite (m)	Deckenhöhe (cm)	Bruchlast (kN/m ²)	Versagensursache
1	1	1910	5,70	22,0	16,60	Druck
	2	1910	5,70	18,0	19,80	Druck
	3	1910	5,16	29,0	22,00	Druck
	4	1910	3,11	13,5	25,50	Druck
2	5	~ 1930	6,36	20,0	19,60	Schub
	6	~ 1930	6,30	20,0	16,20	Schub
3	7	~ 1930	5,47	21,5	24,90	Druck
	8	~ 1930	2,65	13,0	10,40	Druck
	9	~ 1930	5,10	20,0	32,10	Druck
4	10	~ 1930	6,30	22,0	27,70	Druck
	11	~ 1930	6,30	22,0	24,80	Schub
5	12	~ 1930	5,80	23,0	31,00	Schub
6	13	1936	6,32	28,0	30,70	Druck
	14	1936	6,32	28,0	28,10	Druck
	15	1936	6,32	28,0	22,10	Druck
Versagensursache: Druck – Versagen der Betondruckzone im Feld Schub – Versagen aufgrund nicht zu stabilisierender Schubrissse						

Tab. 10-1: Ergebnisse aktueller Bruchversuche an historischen Steineisendecken

11 Zusammenfassung

11.1 Entwicklungsgeschichte und Bedeutung

- Phase 1 – Entwicklung der Steineisendecken zwischen 1875-1895

Der Wechsel vom Holz- zum (feuersicheren) Ziegelbau sowie die Entstehung der ersten Hochhäuser förderten in den USA bereits in den 1870er Jahren die Entwicklung von Ziegeldecken und die Massenproduktion von Hohlziegeln. Thaddeus Hyatt ließ 1877 in England und 1878 in Amerika die vermutlich ersten Steineisendecken patentieren. In Deutschland meldete Johann Franz Kleine 1892 die erste und heute noch bekannteste Steineisendecke zum Patent an. Noch im selben Jahr wurden fast 10.000 m² der Kleineschen Decke in verschiedenen öffentlichen und privaten Bauten ausgeführt. Bereits gegen Ende des Jahres 1893 betrug das Auftragsvolumen über 600.000 m². Die Kleinesche Decke leitete im Deutschen Reich die Dominanz der Steineisendecken im Deckenbau ein.

- Phase 2 – Verbreitung und Ausdifferenzierung der Steineisendecken zwischen 1895-1910

Aufgrund der vorteilhaften architektonischen und bauphysikalischen Eigenschaften der Steineisendecken wurden schon bald Dutzende von Deckensystemen entwickelt, die zu einer Ausdifferenzierung neuer und teilweise verbesserter Deckentypen führten. Bis 1910 entstanden im Deutschen Reich über 60 Deckensysteme, zahlreiche unter ihnen kamen jedoch nur aus patentrechtlichen Gründen auf den Markt. Sie unterschieden sich ungeachtet der Patenterteilung allenfalls marginal untereinander; das Reichspatentamt befand nicht über einen eventuellen verbesserten Nutzwert für die Praxis.

- Phase 3 – Bedeutungsverlust bei gleichzeitiger Stagnation neuer Entwicklungen zwischen 1910-1925

Nach 1910 ist eine Stagnation in der Anwendung und Entwicklung der Steineisendecken zu verzeichnen. Diese Phänomene sind unter anderem darauf zurückzuführen, dass zunehmend zusätzliche Druckschichten auf die Ziegellage betoniert wurden. Damit aber ging ein konstituierendes Merkmal der Steineisendecken – die alleinige Aufnahme der Druckspannungen durch die leichten Ziegel – allmählich verloren. Die Steineisendecken hatten ihre Eigenständigkeit eingebüßt, sie konnten kaum noch von den Eisenbetondecken unterschieden werden. Mischkonstruktionen bildeten sich heraus und kamen vermehrt zur Anwendung. Zudem waren zu dieser Zeit die ersten Patente ausgelaufen. Brauchbare und bewährte Steineisenkonstruktionen, die nicht durch Lizenzgebühren belastet waren, standen zur Verfügung. Die Gewinnerwartung bei Patentierung neuer Steineisendecken sank, die Erfindertätigkeit ging deutlich zurück. Selbst die nach Krieg und Inflation nach 1920 allmählich einsetzende Belebung der Bauwirtschaft und die damit wieder etwas zunehmende Errichtung von Steineisendecken brachte diesbezüglich keine Wende mehr. Die Dominanz der Steineisendecken im Deckenbau ging zu Ende. In den späten 1930er Jahren sollten veränderte Zulassungsanforderungen an die Hohlziegel dann zu einer neuerlichen Belebung der Entwicklung führen.

11.2 Bemerkenswerte Entwicklungsschritte

Bereits gegen Ende des 19. Jahrhunderts konnten die Bauenden auf erste Steineisendeckensysteme zurückgreifen, die allen Bauaufgaben hinlänglich genügten. Dennoch waren diese Systeme im Detail verbesserungswürdig. Im Mittelpunkt der Bestrebungen der Konstrukteure stand neben der Verbesserung der Tragfähigkeit sowie der architektonischen Qualität auch die Verringerung der Herstellungskosten. Aus der Gesamtheit der Entwicklungsschritte lassen sich die folgenden als bemerkenswert herausstellen:

- Falzziegel

Diese mit Nut und Feder versehene Ziegelform wurde entwickelt, um den Widerstand der Steineisendecken gegen herabfallende Massen und gleichzeitig die Biegetragfähigkeit der Decke zu erhöhen.

- Ziegel mit vergrößertem Druckquerschnitt

Da bei diesen Ziegeln die Hohlräume in den unteren Bereich des Ziegelquerschnitts verschoben wurden, wiesen sie eine dickere obere Ziegelschale und damit mehr Material in der Druckzone auf als die üblichen Hohlziegel. Somit wurde der Ziegelquerschnitt für die Aufnahme von Druckspannungen optimiert.

- Ziegel mit Sohlleisten

Um das Durchscheinen der Mörtelfugen an der Deckenunterseite zu verhindern, brachte die Einführung von Hohlziegeln mit so genannter Sohlleiste eine praktikable und befriedigende Lösung. Darüber hinaus gaben Ziegel mit Sohlleisten eine gleich bleibende Fugenbreite vor und brachten Vorteile für den Verguss der Fugen mit sich.

- Verguss der Fugen

Eine Möglichkeit, Steineisendecken preiswert erstellen zu können bestand darin, die zu deren Herstellung erforderliche Maurerleistung auf ein Minimum zu beschränken. Dabei lag ein Augenmerk auf dem Verguss der Fugen.

Neben dem Verschluss der Hohlräume durch vor die Ziegel gelegte Scheiben aus Pappe oder Blech erdachte man drei weitere Möglichkeiten, die Steineisendecken mit Mörtel zu vergießen, ohne dass dieser in die Hohlräume eindrang. Eine wurde darin gesehen, spezielle, allseitig geschlossene Hohlziegel für die Herstellung der Steineisendecken zu verwenden.

Bei Verwendung der einfachen, offenen Hohlziegel wurde die Decke entweder ohne Stoßfugen ausgebildet, d. h. die Hohlziegel wurden ohne die Verwendung von Mörtel mit ihren Stirnseiten direkt aneinander gelegt oder, nachdem die Stoßfugen zwischen den Ziegeln vermauert worden waren, wurden die Längsfugen mit Mörtel vergossen.

Die Bemühungen der Konstrukteure um die nachhaltige Verbesserung der Steineisendecken führten neben der Weiterentwicklung bereits vorhandener Systeme auch zur Herausbildung von Decken, die sich in ihrem Tragverhalten von den bisher beschriebenen Systemen unterschieden; teilweise kam es zur Entwicklung ganz neuer Deckenarten (beispielsweise kreuzweise bewehrte Steineisendecken und Füllkörperrippendecken).

11.3 Katalog und Typologie

In dem im Zusammenhang mit der Aufarbeitung der Entwicklungsgeschichte erstellten Katalog finden sich für die 71 dokumentierten historischen Steineisendeckensysteme neben allen wesentlichen Daten aus dem Patent oder Gebrauchsmuster zu jeder Decke Angaben zu den gebräuchlichen Ziegel-, Bewehrungs- und Mörtelarten, zur maximalen Spannweite sowie zu den spezifischen Charakteristika und Entwicklungsstufen der jeweiligen Decke. Zudem wurden sämtliche ausgewerteten Quellen thematisch der entsprechenden Steineisendecke zugeordnet.

In der Literatur zu Steineisendecken finden sich bereits vereinzelt typologische Ansätze. Sie bieten jedoch nur eine erste grobe Gliederung, die keine spezifische Ordnung der zahlreichen Steineisendecken ermöglicht.

Bei den zur Bildung der Typologie angestellten Überlegungen wurde die besondere Bedeutung des Herstellungsprozesses für die differenzierte Unterscheidung der zahlreichen Decken deutlich. Infolgedessen wurde, neben der Art der verwendeten Ziegel, die Herstellung der Steineisendecken als ein Hauptkriterium der Typologie ausgewählt.

Die Dokumentation aller zwischen 1892 und 1925 auf dem deutschen Baumarkt präsenten Steineisendeckensysteme steht somit als strukturierte Basis typologisch aufbereitet für weitere Untersuchungen zur Verfügung. Insbesondere durch die lückenlose Zusammenstellung der Patente und Gebrauchsmuster sind die wesentlichen Kenndaten jeder Steineisendecke erfasst.

Katalog und Typologie ermöglichen die eindeutige Bestimmung und Zuordnung jeder historischen Steineisendecke.

11.4 Verbreitung

Von der Vielzahl der Steineisendecken erlangte ein Großteil nur geringe oder örtliche Bedeutung. Neun Steineisendeckensysteme lassen sich als zumindest regional bedeutend ausmachen, elf Decken fanden überregional Verbreitung. Unter diesen stechen wiederum drei deutlich hervor:

Die für viele Ingenieure nahezu zum Inbegriff einer Steineisendecke gewordene Kleinesche Decke (Nr. 1) erwies sich in der Untersuchung tatsächlich als das dominierende und am häufigsten verwendete Deckensystem. Untersuchungen der Ziegelproduktionsstandorte und der Transporte des

deutschen Schifffahrts- und Eisenbahnnetzes offenbarten, das sie im gesamten Reichsgebiet nahezu flächendeckend Verbreitung fand.

Ähnliche Bedeutung erlangte offenbar auch die Förster-Steineisendecke (Nr. 27). Die Produktion der Försterschen Falzziegel war ebenfalls über weite Gebiete des Deutschen Reichs verteilt. Die Förster-Steineisendecke kann daher als die bedeutendste und am weitesten verbreitete bewehrte Falzziegeldecke angesehen werden.

Nicht zuletzt ist die unter Verwendung von Ackermann-Ziegeln gefertigte Reformhohlsteindecke (Nr. 44) hervorzuheben, die vor allem im Süden und Westen des Deutschen Reiches sowie im Berliner Raum zur Anwendung kam. Der Rückschluss auf ihre ebenfalls außerordentlich große Verbreitung ergab sich aus der Bestimmung der Orte von Produktion und Handel der Ackermann-Ziegel, doch ist dabei einschränkend zu berücksichtigen, dass diese nicht nur zum Bau von Steineisendecken, sondern auch für Füllkörperrippendecken (Eisenbetondecken) verwendet wurden.

Die im Rahmen der Untersuchungen erarbeitete Klassifizierung der Verbreitung ermöglicht es, zukünftige Forschungsaktivitäten, wie die Entwicklung realitätsnaher Arbeitswerkzeuge für den planerischen und statisch-konstruktiven Umgang mit historischen Steineisendecken, auf die bedeutenden Deckensysteme und -typen zu konzentrieren.

11.5 Historische Belastungsversuche

Im Rahmen der Entwicklung der baupolizeilichen Zulassung für Steineisendecken spielten Probebelastungen bis um 1905 eine entscheidende Rolle. Sie dienten zur Ausführungsfreigabe eines Deckensystems durch die Baupolizei; zudem wurden sie häufig zu Werbezwecken genutzt.

Den zeitgenössischen Berichten über Probebelastungen zufolge zeigten die Deckenfelder oft keine nennenswerten Durchbiegungen oder Schädigungen, selbst wenn sie mit extrem hohen Lasten belastet wurden. Ausschlaggebend dafür waren offenbar oftmals fragliche Versuchsaufbauten, insbesondere mit sich selbsttragenden Belastungskörpern. Es ist davon auszugehen, dass erst die ab 1900 in den staatlichen Versuchsanstalten durchgeführten Probebelastungen an Steineisendecken sinnvolle Ergebnisse lieferten. Gleichwohl genügen auch die dazu veröffentlichten Berichte wegen ungenügender Vorgaben hinsichtlich einheitlicher Versuchsprogramme, Durchführung, Auswertung und Dokumentation in der Regel nicht heutigen Anforderungen bzw. Forschungsstandards. Folglich können die Ergebnisse der historischen Belastungsversuche an Steineisendecken aus heutiger Sicht nur äußerst eingeschränkt zur Bewertung der realen Tragfähigkeit genutzt werden. Es ist im Übrigen davon auszugehen, dass Vergleichbares für Eisenbetonkonstruktionen, vor allem Eisenbetondecken, gilt.

11.6 Historische Bemessung

Bis 1904 existierte keine bauaufsichtliche Regelung zur Bemessung von Steineisendecken, daher wurden sie ausschließlich auf der Basis von Probelastungen zur Ausführung freigegeben.

Im Jahre 1904 erschien der erste in Preußen gültige *Steineisendecken-Runderlass*. Dessen äußerst knapp gehaltener Inhalt enthielt als Kernaussage, dass die unmittelbar zuvor erschienenen preußischen *Eisenbeton-Bestimmungen* „sinngemäß“ auch auf Steineisendecken anzuwenden seien. Damit wurde die Grundlage für die Bemessung der Steineisendecken gelegt, indem das aus dem Eisenbetonbau stammende n-Verfahren für die Berechnung übernommen wurde. Erst mit der Neufassung der *DIN 1045: Beton- und Stahlbetonbau (Bemessung und Ausführung)* im Jahre 1972, sollte das n-Verfahren als Bemessungsgrundlage im Eisenbeton- und Steineisendeckenbau ersetzt werden.

Im Rahmen der Bemessung der Steineisendecken wurde für den Nachweis der Druckspannungen anfangs die gesamte, oberhalb der (nach dem n-Verfahren bestimmten) Nulllinie vorhandene Fläche ohne Abzug der Hohlraumanteile als wirksamer Druckquerschnitt angesetzt. Dieser Ansatz war bis zum Erscheinen der *Steineisendecken-Bestimmungen* von 1932 baupolizeilich vorgegeben. Erst danach wurde der Ansatz des Nettoquerschnittes vorgeschrieben. In der Zeit von 1904 bis 1932 ergaben sich erhebliche Abweichungen zwischen der rechnerisch angesetzten und der tatsächlich vorhandenen Druckfläche. Beispielrechnungen nach dem historischen Verfahren ergaben, dass sich bei der Mehrzahl der ohne zusätzliche Druckschicht hergestellten Steineisendecken für den Anteil der Hohlräume an der rechnerisch angesetzten Druckfläche Werte von 30 % bis 40 % ergeben.

Die Untersuchungen zur historischen Bemessung zeigten erhebliche Mängel der theoretischen Modellierung auf, insbesondere hinsichtlich der Hohlraumanteile am Druckquerschnitt. Sie waren den damaligen Ingenieuren bewusst und wurden durch sehr hohe Sicherheiten kompensiert.

11.7 Bewertung der Tragfähigkeit

Auf Basis der Analyse aller zur Herstellung einer Steineisendecke erforderlichen Arbeitsschritte wurden Übersichten erarbeitet, in denen die jeweiligen herstellungs- und konstruktionsbedingten Mängel eines jeden Deckensystems zusammengestellt sind. Auf die Gesamtheit der Steineisendecken bezogen lassen sich anhand der dokumentierten Mängel für den Fall der Überschreitung der Tragfähigkeit die wahrscheinlichsten Versagensmechanismen vorherbestimmen:

Vor 1900 hergestellte Steineisendecken weisen häufig einen gestörten Verbund zwischen Mörtel und Bewehrung auf, was bei den betroffenen Decken bis zum Versagen des Mörtels infolge Haftzugspannungen führen kann. Für die um 1900 und später hergestellten Decken ist zunehmend ein Versagen der Druckzone zu erwarten. Nach 1910 zur Ausführung gelangte Steineisendecken werden im Falle der Überschreitung der Tragfähigkeit als Ursache häufig das Versagen der Ziegel sowie des Mörtels

oder Betons auf Druck oder Schub aufweisen. Bezüglich der Aufnahme der Zugspannungen durch die Bewehrung treten bei den Steineisendecken kaum herstellungsbedingte Mängel auf. Historische Steineisendecken werden daher nur selten in der Zugzone versagen.

Die im Rahmen der Untersuchungen erarbeiteten Übersichten der herstellungs- und konstruktionsbedingten Mängel ermöglichen es, den planerischen Umgang mit den historischen Steineisendecken auf deren charakteristische, statisch-konstruktive Eigenschaften hin abzustimmen. Dem Praktiker geben die Übersichten Auskunft darüber, auf welche Befunde bei der konstruktiven Untersuchung der historischen Steineisendecken vor Ort besonders zu achten ist.

11.8 Ausblick – weitere Forschungen

Zukünftige Forschungsaktivitäten sollten die aus der historischen Betrachtung gewonnenen Ergebnisse gezielt für die planerische Behandlung von Steineisendecken durch Ingenieure, Architekten und Denkmalpfleger aufbereiten. Als wesentlich zeichnet sich dafür die Ausarbeitung einer Arbeitsanweisung für die angemessene statisch-konstruktive Untersuchung der Decken vor Ort ab. Darüber hinaus böte sich durch die Entwicklung verbesserter Bemessungsalgorithmen zur realitätsnahen Bewertung der Tragfähigkeit der historischen Steineisendecken die Möglichkeit, zumindest teilweise auf die heute üblichen Ersatzmaßnahmen wie Nachweisführung mittels Probebelastungen, Ertüchtigung der Deckenfelder oder Abriss verzichten zu können.

Die über den hier betrachteten Zeitraum hinausgehende Entwicklung der Steineisendecken in Deutschland könnte gegebenenfalls, wie auch die Betrachtung des historischen Steineisendeckenbaus in anderen Industrienationen (vor allem den USA oder England), Gegenstand weiterführender Arbeiten zum Thema sein.

Literaturverzeichnis

(wenn nicht anders angegeben, die 1. Auflage)

Ahnert, Rudolf; Krause, Karl Heinz: Typische Baukonstruktionen von 1860 bis 1960. Bd. 2, 6. Aufl.
Berlin: Bauwesen 2001

Akademischer Verein Hütte e.V. in Berlin (Hrsg.): Hütte. Des Ingenieurs Taschenbuch. Band 3,
26. Aufl. Berlin: Ernst 1934

Albert, Franz: Die Eisenkonstruktionen und die Eisenbetonbauweise im Hochbau. Leipzig: Schäfer
1908

Avak, Ralf: Stahlbetonbau in Beispielen. Teil 1 – Baustoffe, Grundlagen, Bemessung von Stabtrag-
werken. 2. Aufl. Düsseldorf: Werner 1994

Baltz, Constanz: Preußisches Baupolizeirecht. Berlin: Heines 1900

Baltz, Constanz: Preußisches Baupolizeirecht. 3. Aufl. Berlin: Heymann 1905

Baltz, Constanz: Preußisches Baupolizeirecht. 4. Aufl. Berlin: Heymann 1910

Barg Baustofflabor GmbH & Co. KG, Prüfungszeugnis Nr. H/8748-09/98, Unterbringung des Presse-
und Informationsamtes der Bundesregierung (BPA) in Berlin-Mitte, Herrichten des Gebäudes
Reichstagufer 12, 14 und Dorotheenstraße 84 in 10117 Berlin, hier: Südtrakt, 4. Obergeschoss,
15.09.1998a

Barg Baustofflabor GmbH & Co. KG, Prüfungszeugnis Nr. H/8764-09/98, Unterbringung des Presse-
und Informationsamtes der Bundesregierung (BPA) in Berlin-Mitte, Herrichten des Gebäudes
Reichstagufer 12, 14 und Dorotheenstraße 84 in 10117 Berlin, hier: Südtrakt, 2. Obergeschoss,
21.09.1998b

Barg Baustofflabor GmbH & Co. KG, Prüfungszeugnis Nr. Ro/9762-01/00, Substanzuntersuchung von
Steineisendecken, Stahlbeton- und Mauerwerksbauteilen, Kronenstraße 11 in Berlin-Mitte,
6.01.2000a

Barg Baustofflabor GmbH & Co. KG, 3. Zwischenbericht Nr. H/11246-10/00, Bauvorbereitende
Maßnahmen – Technische Bestandsaufnahme, Ev. Krankenhaus Lutherstift Seelow Häuser 1A
und 5A, hier: 1. Obergeschoss, 15.11.2000b

Barg Baustofflabor GmbH & Co. KG, Prüfungszeugnis Nr. W/13782-10/02, umfangreiche Substanz-
untersuchungen an Stahl- und Mauerwerksbauteilen sowie Bauhilfsleistungen, Unter den
Linden 10, 4.11.2002

Bargmann, Horst: Historische Bautabellen Normen und Konstruktionshinweise 1870-1960. 2. Aufl.
Düsseldorf: Werner 1998

Bastine, Paul: Eisen- und Deckenbau in Ausführung und Anwendung. In: Die Eisenkonstruktionen
des einfachen Hochbaus. (Hrsg.: Lauenstein, Rudolf) Bd. 2, 4. Aufl. Leipzig: Kröner 1909

Bastine, Paul: Die Decken. In: Handbuch für Eisenbetonbau. (Hrsg.: Emperger, Fritz von) Bd. 9,
2. Aufl. Berlin: Ernst 1913

-
- Bastine, Paul: Eisen- und Deckenbau in Ausführung und Anwendung. In: Die Eisenkonstruktionen des Hochbaus. (Hrsg.: Lauenstein, Rudolf) Bd. 2, 5. Aufl. Stuttgart: Kröner 1921
- Bastine, Paul: Decken, Säulen, Mauern, Wände, Treppen, Kragbauten. In: Handbuch für Eisenbetonbau. (Hrsg.: Emperger, Fritz von) Bd. 11, 3. Aufl. Berlin: Ernst 1923
- Bauwelt Katalog 1929/30. Berlin: Bertelsmann 1929
- Becker, Max: Der Wasserbau in seinem ganzen Umfange und mit besonderer Rücksicht auf die neuesten Konstruktionen. Stuttgart: Macken 1856
- Bergner, Klaus; Klein, Reinhard: Großformatige keramische Wand- und Deckenelemente. Berlin: Bauwesen 1962
- Berlitz, Karl: Belastungen und Beanspruchungen im Hochbau. 17. Ausg. Berlin: Ernst 1938
- Berlitz, Karl: Belastungen und Beanspruchungen im Hochbau. 18. Ausg. Berlin: Ernst 1941
- Bermbach, J.: Baustoffe, besonders Kunststeine, ihre Herstellung und Verwendung. Köln: Selbstverlag 1910
- Bestimmungen über die bei Hochbauten anzunehmenden Belastungen und die Beanspruchungen der Baustoffe und Berechnungsgrundlagen für die statische Untersuchung von Hochbauten. Berlin: Ernst 1910
- Bestimmungen über die bei Hochbauten anzunehmenden Belastungen und die Beanspruchungen der Baustoffe und Berechnungsgrundlagen für die statische Untersuchung von Hochbauten, von 1910. 3. Aufl. Berlin: Ernst 1913
- Bestimmungen über die bei Hochbauten anzunehmenden Belastungen und über die zulässigen Beanspruchungen der Baustoffe. Berlin: Ernst 1920
- Beton-Kalender 1906. Jg. 1, Berlin: Ernst 1905
- Beton-Kalender 1909. Jg. 4, Teil 1, Berlin: Ernst 1908
- Beton-Kalender 1916. Jg. 11, Teil 1, Berlin: Ernst 1915
- Beton-Kalender 1930. Jg. 25, Teil 2, Berlin: Ernst 1929
- Beton-Kalender 1939. Jg. 33, Teil 2, Berlin: Ernst 1938
- Beton-Kalender 1940. Jg. 34, Teil 2, Berlin: Ernst 1939
- Beton-Kalender 1941. Jg. 35, Teil 2, Berlin: Ernst 1940
- Beton-Kalender 1961. Jg. 50, Teil 1, Berlin: Ernst 1960
- Beton-Kalender 1973. Jg. 62, Teil 1, Berlin: Ernst 1972
- Beton-Kalender 1974. Jg. 63, Teil 1, Berlin: Ernst 1973
- Bloch, Peter; Hölz, Christoph: Berlins Museen. Geschichte und Zukunft. München: Deutscher Kunstverlag 1994
- Boerner, Franz: Statische Tabellen. Belastungen und Formeln zur Aufstellung von Berechnungen für Baukonstruktionen. 3. Aufl. Berlin: Ernst 1910a
- Boerner, Franz: Vorschriften und Formeln für die Berechnung von Massivkonstruktionen. Berlin: Ernst 1910b
- Boerner, Franz: Vorschriften und Formeln für die Ausführung und Berechnung von Massivkonstruktionen. 2. Aufl. Berlin: Ernst 1921
- Böhm, Theodor: Handbuch der Holzkonstruktionen des Zimmermanns mit besonderer Berücksichtigung des Hochbaues. Berlin: Springer 1911

-
- Böhm-Gera, Karl: Neuere Hohlkörperdecken. In: Handbuch für Eisenbetonbau. (Hrsg.: Emperger, Fritz von) 2. Ergänzungsband zur 1. Aufl. und 2. Aufl. Berlin: Ernst 1917
- Bolenz, Eckhard: Vom Baubeamten zum freiberuflichen Architekten. Technische Berufe im Bauwesen 1799 – 1931. Frankfurt am Main: Lang 1991
- Bonzel, Justus; Bub, Heinrich; Funk, Peter: Erläuterungen zu den Stahlbetonbestimmungen. Berlin: Ernst 1972
- Bracher, Kurt: Entwicklung der Deckenkonstruktionen im Spiegel der Patentliteratur. Dissertation Technische Hochschule Wien: 1949
- Breymann, Gustav Adolf: Allgemeine Bau-Konstruktions-Lehre. Bd. 2 – Konstruktionen in Holz. 2. Aufl. Stuttgart: Hoffmann 1857
- Bundesminister für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (Hrsg.): Zum Einfluss des Feuchtigkeitszustandes der Steine auf das Trag- und Verformungsverhalten von Mauerwerk. Forschungsbericht des Institut für Baustoffkunde und Materialprüfung der Universität Hannover. Stuttgart: IRB 1982
- Burchartz, Heinrich: Die Eigenschaften von Portlandzementen, Eisenportlandzementen, Hochofenzementen und anderen hydraulischen Bindestoffen. (o. A.) 1919
- Büsing, Friedrich W.; Schumann, C.: Der Portland-Zement und seine Anwendungen im Bauwesen. Berlin: Toeche 1899
- Christophe, Paul: Der Eisenbeton. Berlin: Tonindustrie-Zeitung 1905
- Condit, Carl Wilbur: American building art. The nineteenth century. New York: Oxford University Press 1960
- Contag, Max: Neuere Eisenkonstruktionen des Hochbaus in Belgien und Frankreich. Bd. 7, Berlin: Bohnen 1889
- Damm, Ludwig: Ausführungsfehler an Beton- und Stahlbetonbauten. Bremen-Horn: Dorn 1948
- Daub, Hermann: Die Vergangenheit des Hochbaus. Wien: Deuticke 1911
- Deutscher Ausschuss für Eisenbeton (Hrsg.): Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton. Berlin: Ernst 1925
- Deutscher Ausschuss für Eisenbeton (Hrsg.): Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton. Berlin: Ernst 1932
- Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (Hrsg.): Fünfzig Jahre Deutscher Ausschuss für Stahlbeton 1907-1957. Berlin: Ernst 1957
- Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (Hrsg.): Belastungsversuche an Betonbauwerken. DAfStb-Richtlinie. Berlin: Beuth 2000
- Deutscher Beton-Verein E.V. (Hrsg.): Beton und Eisenbetondecken in landwirtschaftlichen Ställen. Berlin: Ernst 1912
- Dittrich, Elke: Die Entwicklung des Stahlbetonbaus im Hochbau bis zum Ersten Weltkrieg unter besonderer Berücksichtigung der Berliner Situation. Diplomarbeit Technische Universität Berlin: 1990
- Dümmler, Karl: Die Ziegel- und Tonwaren-Industrie in den Vereinigten Staaten und auf der Columbus-Weltausstellung in Chicago 1893. Halle: Knapp 1894
- Durm, Josef: Die Baukunst der Etrusker. Die Baukunst der Römer. Teil 2, Bd. 2, 2. Aufl. Stuttgart: Kröner 1905

- Eberhardt, Fritz (Hrsg.): Neuer deutscher Geschichts- und Kulturatlas. Leipzig: von Bressensdorf 1943
- Eidgenössische Technische Hochschule 1855-1955. Zürich: Buchverl. der Neuen Zürcher Zeitung 1955
- Ein Jahrhundert Sächsische Technische Hochschule 1828-1928. Dresden: Limpert 1928
- Eisenträger, August: Stein- und Zementindustrie. Jg. 1, Berlin: Borntraeger 1902
- Fischer, Michael: Die historischen Kalottenkuppeln im Neuen Museum. Diplomarbeit_Brandenburgische Technische Universität Cottbus: 1995
- Flakowski, Ernst: Massivbauweisen im Hochbau. Stuttgart: Hoffmann 1907
- Flierl, Bruno: Hundert Jahre Hochhäuser. Berlin: Bauwesen 2000
- Foerster, Max: Entwicklungsgeschichte und Theorie des Eisenbetons. In: Handbuch für Eisenbetonbau. (Hrsg.: Emperger, Fritz von) Bd. 1, Berlin: Ernst 1908
- Foerster, Max: Lehrbuch der Baumaterialienkunde. Leipzig: Engelmann 1911
- Ford, Edward R.: Das Detail in der Architektur der Moderne. Basel, Berlin: Birkhäuser 1994
- Forschungsinstitut der Zementindustrie (Hrsg.): Betontechnische Berichte 1976. Düsseldorf: Beton-Verlag 1977
- Franken, Stephan: Historische Mörtel und Reparaturmörtel. Karlsruhe: Selbstverlag 2000
- Freitag, Joseph Kendall: Architectural Engineering with Especial Reference to High Building Construction, including many examples of Prominent Office Buildings. 2. Aufl. New York: Wiley 1901
- Frick, Otto: Handbuch der Steinkonstruktionen. Berlin: Geißler 1927
- Gary, Max; Rudeloff, Max: Probelastung von Decken. Teil 1 und Teil 2, Berlin: Ernst 1915a
- Gary, Max: Schwellung und Schwindung von Zement und Zementmörteln in Wasser und Luft. Berlin: Ernst 1915b
- Gary, Max: Versuche zum Vergleich der Würfeldruckfestigkeit des Betons zu der im Bauwerk erzielten Festigkeit. Berlin: Ernst 1915c
- Gary, Max: Flüssige Betongemische für Eisenbeton. Berlin: Ernst 1917a
- Gary, Max: Beton und Eisen in Mauerwerk und Mörtel. Berlin: Ernst 1917b
- Gary, Max: Schwindung von Zementmörteln an der Luft. Berlin: Ernst 1918
- Gary, Max: Die Notwendigkeit der Änderung der Zementnormen. 1922
- Gehler, Willi: Erläuterungen zu den Eisenbetonbestimmungen 1916 mit Beispielen. 2. Aufl. Berlin: Ernst 1918
- Gehler, Willi: Erläuterungen zu den Eisenbetonbestimmungen 1925 mit Beispielen. 3. Aufl. Berlin: Ernst 1926
- Gehler, Willi: Erläuterungen zu den Eisenbetonbestimmungen 1932 mit Beispielen. 5. Aufl. Berlin: Ernst 1933
- Gehler, Willi; Palen Christian: Erläuterungen zu den Stahlbetonbestimmungen mit Beispielen. 6. Aufl. Berlin: Ernst 1952
- Göbel, August; Henkel, Otto: Eisenkonstruktion. 3. Aufl. Leipzig: Teubner 1913
- Gottgetreu, Rudolph: Physische und chemische Beschaffenheit der Baumaterialien. Bd. 1, Berlin: Springer 1874
- Gottgetreu, Rudolph: Lehrbuch der Hochbaukonstruktionen. Teil 1, Berlin: Ernst 1880

- Günther, Paul: Berechnung von Eisenbeton- und Steineisendecken, Plattenbalken und Steineisendecken mit aufbetonierter Druckschicht nach Tabellen der Widerstandsmomente. Spandau: Mund 1908
- Gutschow, Konstanty; Zippel, Hermann: Umbau. Stuttgart: Hoffmann 1932
- Hägermann, Gustav: Vom Caementum zum Zement. Wiesbaden: Bauverlag 1964
- Hagn, H.: Schutz von Eisenkonstruktionen gegen Feuer. Berlin: Springer 1904
- Halász, Robert von: Eisenbeton im Wohnungs- und Siedlungsbau. Berlin: Ernst 1939
- Halmhuber, Gustav: Reform der Technischen Hochschule, Abteilung für Architektur in Hannover. Hannover: Weidemann 1919
- Hambloch, Anton: Der Rheinische Schwemmstein und seine Anwendung in der Bautechnik. Stuttgart: Stähle 1903
- Hasak, Max: Was der Baumeister vom Mörtel wissen muss. Berlin: Kalkverlag 1925
- Haupt, Albrecht: Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft im Ziegelbau. Berlin: Tonindustrie-Zeitung 1905
- Herrmann: Zweiseitig aufgelagerte Steineisendecken bei Beanspruchung durch Stempellast in der Mitte. Dissertation Universität Charlottenburg: 1935
- Hirsch, Traugott L.: Der Maurer. 6. Aufl. 1923
- Hoffmann, Walter: Mitteldeutschland. Das neue Wirtschaftszentrum. Berlin: Richter 1926
- Huberti, Günther: Die erneuerte Bauweise. Wiesbaden: Bauverlag 1964
- Hundsörfer, Lore: 50 Jahre Stahlbetonbau Ludwig Bauer 1906-1956. Stuttgart: Belsdr. 1956
- Issel, Hans: Illustriertes Handlexikon der gebräuchlichen Baustoffe. Leipzig: Thomas 1902
- Kaiser, Willi: Bemessungsverfahren massiver Deckenkonstruktionen für den Neu- und Wiederaufbau. Stuttgart: Baumgarten & Schuler 1947
- Kentgens-Craig, Margret: Das Bauhausgebäude in Dessau 1926-1999. Basel: Birkhäuser 1998
- Kerl, Bruno: Handbuch der gesamten Tonwarenindustrie. 3. Aufl. Braunschweig: Vieweg 1907
- Kersten, Carl.: Die Baumaterialienkunde mit besonderer Berücksichtigung der Ziegel- und Kalkbrennerei für Bau- und Gewerbeschulen als Lehrbuch, für ausführende Bautechniker und Studierende der Bauwissenschaft, sowie für Besitzer von Ziegel- und Kalkbrennereien als Handbuch bearbeitet. Leipzig: Purfürst 1863
- Kersten, Karl: Der Eisenbetonbau. Ein Leitfaden für Schule und Praxis. 7. Aufl. Berlin: Ernst 1910
- Klein, Reinhard; Bergner, Klaus: Großformatige keramische Wand- und Deckenelemente. Berlin: Bauwesen 1962.
- Kleinlogel, Adolf: Über das Wesen und die wahre Größe des Verbundes zwischen Eisen und Beton. Berlin: Springer 1911
- Kleinlogel, Adolf: Veranschlagen von Eisenbetonbauten. Grundlagen für den Entwurf und für die Kostenberechnung von Tief- und Hochbauten. Berlin: Ernst 1913
- Kleinlogel, Adolf: Der Eisenbeton in Beispielen. Heft 1: Eisenbetonrippendecken. Berlin: Ernst 1933
- Kleinlogel, Adolf: Der Stahlbeton in Beispielen. Heft 1: Einfeldplatten. Berlin: Ernst 1949
- Kolbe, Ernst: Die wichtigsten Decken und Wände der Gegenwart. Oberhausen: Kühne 1905
- Kollmann, Julius: Eisen- und Eisenbetonbau. Bd. 3, Stuttgart: Franckh 1912

- Königer, Otto: Die Konstruktionen in Eisen. In: Allgemeine Baukonstruktionslehre mit besonderer Beziehung auf das Hochbauwesen. (Hrsg. Breymann, Gustav Adolf) Bd. 3, 6. Aufl. Leipzig: Gebhardt 1902
- Krause, Karl-Heinz: Traditionelle Konstruktionen. Massivdecken. Leipzig: Bauwesen 1985
- Kristen; Herrmann: Versuche mit Steineisendecken. Berlin: Ernst 1936
- Kuchler, Paul: Hohlziegel oder Vollziegel? Berlin: Tonindustrie-Zeitung 1933
- Lange, Walther: Konstruktive Neuerungen aus dem Gebiet des Hochbauwesens. Bremen: Winter 1896
- Lauenstein, Rudolf; Bastine, Paul: Die Eisenkonstruktionen des Hochbaus. 6. Aufl. Leipzig: Kröner 1924
- Lorenz, Werner: Konstruktion als Kunstwerk Bauen mit Eisen in Berlin und Potsdam 1797-1850. Berlin: Gebr. Mann 1995
- Löser, Benno: Bemessungsverfahren, Zahlentafeln und Zahlenbeispiele zu den Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton vom September 1925. Berlin: Ernst 1927
- Lübbert, Wilhelm: Rationaler Wohnungsbau. Berlin: Beuth 1926
- Lusser, Eberhard: Vergleich von Deckenkonstruktionen. Stuttgart: Wittwer 1932
- Mark, Robert: Vom Fundament zum Deckengewölbe. Berlin: Birkhäuser 1995
- Materialprüfungsamt des Landes Brandenburg, Prüfbericht Nr. 2.1/4167, Untersuchung des Deckenaufbaus, BV Unter den Linden 26 – 30 / Mittelstraße 51 – 54 in 10117 Berlin, 6.07.1998
- Materialprüfungsamt des Landes Brandenburg, Teilprüfbericht Nr. 2.1/4279, Materialprüfungsleistungen am Mauerwerk sowie Untersuchungen in ausgewählten Deckenbereichen, Haus des Deutschen Beamtenbundes, Friedrichstraße 165, 10117 Berlin, 27.09.1999
- Materialprüfungsamt des Landes Brandenburg, Prüfbericht Nr. 21/00/4328/01, Materialprüfleistungen an Haupttraggliedern zur Zustandserfassung einschließlich Dokumentation der Ergebnisse, Sanierung des Berolina-Hauses, Alexanderplatz 1, 10178 Berlin-Mitte, 5.06.2000
- Materialprüfungsamt des Landes Brandenburg, Prüfbericht Nr. 2.1/4167, Materialprüfleistungen und Feststellung von Konstruktionsdetails an Mauerwerk, Stützen, Trägern sowie Decken und Erstellung eines Prüfberichtes, Senatsgebäude Behrenstrasse 42-45, 10117 Berlin, 11.07.2001
- Mecenseffy, Emil von: Die Künstlerische Gestaltung der Eisenbetonbauten. In: Handbuch für Eisenbetonbau. (Hrsg.: Emperger, Fritz von) Bd. 10, 3. Aufl. Berlin: Ernst 1922
- Mel, Hans: Handlexikon der gebräuchlichen Baustoffe. Leipzig: Thomas 1902
- Memmler, Karl: Materialprüfungswesen. Einführung in die moderne Technik der Materialprüfungen. 3. Aufl. Berlin, Leipzig: Göschen 1921
- Memmler, Karl: Das Materialprüfungswesen unter besonderer Berücksichtigung der am Staatlichen Materialprüfungsamte zu Berlin-Dahlem üblichen Verfahren im Grundriss dargestellt. 2. Aufl. Stuttgart: Enke 1924
- Menzel, Carl August: Der praktische Maurer. 13. Aufl. Leipzig: Arndt 1904
- Mislin, Miron: Geschichte der Baukonstruktion und Bautechnik. Düsseldorf: Werner 1988
- Mitteilungen aus dem Materialprüfungsamt zu Berlin-Dahlem. Jg. 38, Berlin: Springer 1920
- Mitteilungen aus dem Materialprüfungsamt zu Berlin-Dahlem. Jg. 39, Berlin: Springer 1921
- Mohr, Silvio: Der Hochbau. Wien: Springer 1950

- Möll, Hans: Der Spannbeton. Stuttgart: Berliner Union 1954
- Mörsch, Emil: Der Betoneisenbau. Selbstverlag 1902
- Mörsch, Emil (Hrsg.): Der Eisenbetonbau. Seine Theorie und Anwendung. Stuttgart: Wittwer 1912
- Natorp, A.: Bauausführungen aus dem Hochbau und Baugesetze. In: Handbuch für Eisenbetonbau. (Hrsg.: Emperger, Fritz von) Bd. 4, Berlin: Ernst 1909
- Nietmann, Wilhelm: Atlas der Eisenbahnen des Deutschen Reiches, Ostereich-Ungarns, Belgiens, der Niederlande und der Schweiz. Mainz: Dumjahn 1886
- Nietmann, Wilhelm: Eisenbahn-Atlas umfassen Deutsche Reich, Luxemburg und angrenzende Gebiete. 22. Aufl. Leipzig: Selbstverlag 1914
- Nietmann, Wilhelm: Eisenbahn-Atlas des Deutschen Reiches. 23. Aufl. Braunschweig: Selbstverlag 1926
- Opderbecke, Adolf: Der Maurer. Leipzig: Voigt 1910
- Opitz, Carl: Eisenbahn- und Verkehrs-Atlas von Europa. Leipzig: Arnd 1912
- Pauser, Alfred: Eisenbeton 1850-1950. Wien: Manz 1994
- Petry, Wilhelm: Betonwerkstein und künstlerische Behandlung des Betons. München: Meisenbach, Riffarth 1913
- Petry, Wilhelm: Der Beton- und Eisenbetonbau 1898-1923. Oberkassel: Dt. Beton-Verein 1923
- Pfohl, Ernst; Friedrich, Ernst: Die deutsche Wirtschaft in Karten. Berlin: Hobbing 1928
- Phocas, Marios C.: Hochhäuser: Tragwerk und Konstruktion. Wiesbaden: Teubner 2005
- Pieper, Wolfgang: Theodor Wuppermann und die Vereinigung Rheinisch-Westfälischer Bandeisenzwerke. Köln: Rheinisch-Westfälisches Wirtschaftsarchiv 1963
- Pötke, Wilfrid: Tragfähigkeitsnachweise an Stahlsteindecken für die Umnutzung alter Gebäude. Berlin: Selbstverlag 1998
- Probst, Emil: Einfluss der Armatur und der Risse im Beton auf die Tragsicherheit. Berlin: Springer 1907
- Rappold, Otto: Der Bau der Wolkenkratzer. Berlin: Oldenbourg 1913
- Reform-Steindecke und -steinwand. Berlin: Selbstverlag 1909
- Rehbein, F.: Ausgewählte Monier- und Beton-Bauwerke. 2. Aufl. Berlin: Becker 1894
- Reichwein, Adolf: Die Rohstoffwirtschaft der Erde. Jena: Fischer 1928
- Ribbe, Wolfgang (Hrsg.): Geschichte Berlins. Bd. 2 – Von der Märzrevolution bis zur Gegenwart. München: Beck 1987
- Riechers, Hans-Joachim: Ein neues Modell zur Beschreibung der Festigkeitsentwicklung von Mauer- mörtel in der Fuge. Aachen: Mainz 2000
- Roll, Rudolf: Kritische Betrachtungen über Hohlsteindecken mit besonderer Berücksichtigung der amtlichen Vorschriften. Dissertation Technische Hochschule Berlin: 1924
- Roll, Rudolf: Erläuterungen und Hilfswerte zu den Bestimmungen für Ausführung von Steineisen- decken 1932. Berlin: Ernst 1932
- Roloff, Paul: Einschalen, Bewehren, Betonieren, Herstellen von Stein- und Steineisendecken, Prüfen der Wirtschaftlichkeit. Berlin: Verl. d. Dt. Arbeitsfront 1941
- Rossle, Karl : Der Eisenbetonbau. Berlin: Göschen 1913

- Rudolph, Wilhelm: Die Tonwarenerzeugung, mit besonderer Berücksichtigung der chemischen Grundlagen. Leipzig: Jänecke 1910
- Ruske, Walter; Becker, Gerhardt W.; Czichos, Horst. Die Chronik – 125 Jahre Forschung und Entwicklung, Prüfung, Analyse, Zulassung, Beratung und Information in Chemie- und Materialtechnik. Bremerhaven: Verlag für neue Wissenschaft 1996
- Saliger, Rudolf: Der Eisenbeton in Theorie und Konstruktion. 3. Aufl. Leipzig: Kröner 1911
- Schaal, Rolf (Hrsg.): Baukonstruktion der Moderne aus heutiger Sicht. Basel: Birkhäuser 1990
- Schätz, Martin: Experimentelle Untersuchungen zur grundlegenden Neumodellierung des Biege-, Querkraft- und Verformungsverhaltens von Ziegelelementdecken. Dissertation Technische Universität München: 1999
- Schewior, Georg: Die Drainage. Leipzig: Voigt 1912
- Schick, Ernst: Der Abbruch von Beton- und Eisenbetonbauten. Eine technisch-wirtschaftliche Studie. Berlin: Ernst 1913
- Schinkel, Karl Friedrich: Vorlegeblätter für Maurer. 4. Aufl. Berlin: Ernst & Korn 1834
- Schöler, Richard: Die Eisenkonstruktionen des Hochbaues. 2. Aufl. Leipzig: Voigt 1904
- Schrader, Fritz: Patentdecken. Leipzig: Gebhardt 1912
- Sequenz, Heinrich (Hrsg.): 150 Jahre Technische Hochschule in Wien 1815-1965. Wien: Technische Universität 1965
- Siedler, Eduard Jobst: Die Lehre vom Neuen Bauen. Ein Handbuch der Baustoffe und Bauweisen. Berlin: Bauwelt 1932
- Sor, S.: Silos, hohe Schornsteine, Fabrikgebäude und Lagerhäuser, landwirtschaftliche Bauten, Saal- und Versammlungsbauten, Geschäftshausbau. In: Handbuch für Eisenbetonbau. (Hrsg.: Emperger, Fritz von) Bd. 4, Teil 2, Berlin: Ernst 1909
- Stade, Franz: Die Holzkonstruktionen. Leipzig: Schäfer 1904
- Stahlwerk-Verband A.-G. (Hrsg.): Massive Decken zwischen eisernen Trägern und Angaben über Tragfähigkeit, Belastungen und zulässige Beanspruchung. Düsseldorf: 1910a
- Stahlwerk-Verband A.-G. (Hrsg.): Verwendung von Eisen im Hochbau. 2. Aufl. Düsseldorf: 1910b
- Stahlwerk-Verband A.-G. (Hrsg.): Eisen im Hochbau 3. Aufl. Düsseldorf: Springer 1911
- Stahlwerk-Verband A.-G. (Hrsg.): Eisen im Hochbau 4. Aufl. Düsseldorf: Springer 1913
- Stahlwerk-Verband A.-G. (Hrsg.): Massive Decken zwischen eisernen Trägern. 2. Aufl. Düsseldorf: Springer 1914
- Stahlwerk-Verband A.-G. (Hrsg.): Eisen im Hochbau 5. Aufl. Berlin: Springer 1920
- Stahlwerk-Verband A.-G. (Hrsg.): Eisen im Hochbau 6. Aufl. Berlin: Springer 1924
- Steffens, Klaus: Experimentelle Tragsicherheitsbewertung von Bauwerken. Grundlagen und Anwendungsbeispiele. Berlin: Ernst 2002
- Stegemann, Rudolf (Hrsg.): Vom wirtschaftlichen Bauen. 5. Folge, Dresden: Laube 1928
- Stegemann, Rudolf (Hrsg.): Vom wirtschaftlichen Bauen. 9. Folge, Dresden: Laube 1931
- Stegemann, Rudolf (Hrsg.): Vom wirtschaftlichen Bauen. 10. Folge, Dresden: Laube 1932
- Stieda, Wolfgang: Berechnungsbeispiele für Decken im Stahlbetonbau unter besonderer Berücksichtigung der Stahlsteindecken. Bremen-Horn: Dorn 1949

- Stiftung preußische Schlösser und Gärten Berlin Brandenburg (Hrsg.): Jahrbuch 2003. Berlin: Akademie-Verlag 2005
- Storz, Sebastian: Tonröhren im antiken Gewölbebau. Mainz: von Zabern 1994
- Technische Hochschule Berlin (Hrsg.): Chronik der Königlichen Technischen Hochschule zu Berlin 1799-1899. Berlin: Ernst 1899
- Technische Hochschule Breslau (Hrsg.): Festschrift der Technischen Hochschule Breslau zur Feier ihres 25jährigen Bestehens 1910-1935. Breslau: Korn 1935
- Terres, Ernst: Die Technische Hochschule Fridericiana Karlsruhe. Festschrift zur 125-Jahrfeier. Karlsruhe: Technische Hochschule 1950
- Thiel, Ludwig: Der Stahlbetonbau in Berechnung und Konstruktion. Bremen-Horn: Dorn 1949
- Tonindustrie-Kalender 1903. Berlin: Tonindustrie-Zeitung 1903
- Tonindustrie-Kalender 1908. Teil 2, Berlin: Tonindustrie-Zeitung 1908
- Tonindustrie-Kalender 1909. Teil 2, Berlin: Tonindustrie-Zeitung 1909
- Tonindustrie-Kalender 1927. Teil 2, Berlin: Tonindustrie-Zeitung 1927
- Unna, Adalbert: Die Bestimmung rationeller Mörtelmischungen unter Zugrundelegung der Festigkeit, Dichtigkeit und Kosten des Mörtels. 4. Aufl. Köln: Neubner 1905
- Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.): Zeitschriftenschau. Jg. 15, Berlin: 1930
- Verein „Massivbau-Verband“ Berlin (Hrsg.): Statik und Diagramme zum dimensionieren der Decken und Stützen im Massivbau. Stuttgart: Hoffman (o. A.)
- Verein „Massivbau-Verband“ Berlin (Hrsg.): Massivbauwesen im Hochbau. Stuttgart: Hoffmann 1907
- Vielhaber, Johannes: Stahlsteindecken mit CFK – Schlussbericht. Potsdam: 2000
- Vincent, L.: Die Drainage, deren Theorie und Praxis. 4. Aufl. Leipzig: Baumgärtner 1870
- Wagner, Johannes Rudolf: Jahresbericht über die Fortschritte und Leistungen der Chemischen Technologie. Leipzig: Wigard 1864
- Waldegg, Edmund Heusinger von: Die Ziegel-, Röhren- und Kalkbrennerei. Teil 1, 4. Aufl. Leipzig: Thomas 1891
- Warth, Otto: Die Konstruktionen in Stein. 7. Aufl. Leipzig: Gebhardt 1903
- Wawrziniok, Otto: Handbuch des Materialprüfungswesens für Maschinen- und Bauingenieure. Berlin: Springer 1908
- Wayss-und-Freytag-Aktiengesellschaft (Hrsg.): Festschrift aus Anlass des Fünfzigjährigen Bestehens der Wayss & Freytag A.-G. 1875-1925. Stuttgart: Wittwer 1925
- Weder, Reinhard: Leitfaden des Eisenbetonbaus. 2. Aufl. Leipzig: Engelmann 1909
- Wedler, Bernhard; Jesumann, Albert: Zur Geschichte der Zulassung neuer Baustoffe und Bauarten. Stuttgart: Fraunhofer-Gesellschaft 1961
- Wedler, Bernhard: Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton. Ergänzungen und Erläuterungen zur 7. Aufl. Berlin: Ernst 1963
- Weese, Ernst: Zahlentafeln für Platten, Balken und Platten-Balken aus Eisenbeton. Teil 1, Berlin: Tonindustrie-Zeitung 1907
- Weese, Ernst: Zahlentafeln für Platten, Balken und Platten-Balken aus Eisenbeton. Teil 2, Berlin: Tonindustrie-Zeitung 1908
- Weese, Ernst: Eisenbeton-Zahlentafeln. 3. Aufl. Berlin: Funcke 1916

Weese, Ernst: Eisenbeton Zahlentafeln. Teil 2, 3. Aufl. Kirchmöser: Selbstverlag 1925

Weese, Ernst: Eisenbeton Zahlentafeln. Teil 3 – Hohlsteindecken. 3. Aufl. Kirchmöser: Selbstverlag
1927

Wefeld, Hans Joachim: Ingenieure aus Berlin. 300 Jahre technisches Schulwesen. Berlin: Haude 1988

Wegener, Friedrich: Kompendium der Baukonstruktionen. Leipzig: Arnd 1904/ 1905

Weidmann, Carl: Eisenbetondecken, Eisensteindecken und Kunststeinstufen. Berlin: Springer 1910

Wolf, Gustav: Wolf's praktische Ausführung der Mauerarbeiten. Teil 1, Leipzig-Schleußig: Wolf 1908

Wolle, Rudolf (Hrsg.): Beton- und Eisenbeton-Bauten. Leipzig: Arnold 1905

Zentralinstitut für Kunstgeschichte: Die Museen in Berlin. München: Deutscher Kunstverlag 1994

Zeitschriftenverzeichnis

Die Aufstellung umfasst nur die vornehmlich ausgewerteten Zeitschriften. Weitere benutzte Periodika sind in den jeweiligen Anmerkungen (ohne Abkürzung) nachgewiesen.

AB	Armierter Beton. Hrsg. Deutsche Gesellschaft für Bauingenieurwesen. Berlin: ab 1908
ABZ	Allgemeine Bauzeitung. Hrsg. Ludwig Förster. Wien: ab 1836
BMdS	Bautechnische Mitteilungen des Stahlwerkverbandes. Hrsg. Stahlwerk-Verband. Düsseldorf: ab 1912
BuE	Beton und Eisen. Hrsg. Fritz von Emperger. Berlin: ab 1902
DBt	Die Bautechnik. Hrsg. A. Laskus. Berlin: ab 1923
DBZ	Deutsche Bauzeitung. Hrsg. Verband Deutscher Architekten- und Ingenieurvereine. Berlin: ab 1867
MktV	Mitteilungen aus den Königlichen Technischen Versuchsanstalten zu Berlin. Hrsg. Königliche Aufsichts-Kommission. Berlin: ab 1883
SBZ	Schweizerische Bauzeitung. Hrsg. A. Waldner. Zürich: ab 1883
TIZ	Thonindustrie-Zeitung. Hrsg. Chemisches Laboratorium für Thonindustrie. Berlin: ab 1877
ZdB	Zentralblatt der Bauverwaltung. Hrsg. Ministerium der öffentlichen Arbeiten. Berlin: ab 1881
ZdVDI	Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure. Hrsg. Verein Deutscher Ingenieure. Berlin: ab 1860
ZfB	Zeitschrift für Bauwesen. Hrsg. Carl Hoffmann und Georg Erbkam. Berlin: ab 1851

Verzeichnis der Regelwerke und Normen

Normative Regelungen (Bestimmungen, Erlasse und Verfügungen)

- | | |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1904 | Bestimmungen für die Ausführung von Konstruktionen aus Eisenbeton bei Hochbauten |
| 1904 | Runderlass, betreffend die Grundsätze für die Anwendung der Bestimmungen für die Ausführung von Konstruktionen aus Eisenbeton bei Hochbauten |
| 1905 | Runderlass, betreffend die Druckfestigkeit der Deckensteine bei Ausführung ebener Decken aus Ziegelsteinen mit Eiseneinlage |
| 1907 | Bestimmungen für die Ausführung von Konstruktionen aus Eisenbeton bei Hochbauten |
| 1909 | Runderlass, betreffend baupolizeiliche Behandlung ebener massiver Decken bei Hochbauten |
| 1909 | Verfügung des Berliner Polizeipräsidenten [die Steineisendecken betreffend] |
| 1910 | Bestimmungen über die bei Hochbauten anzunehmenden Belastungen und die Beanspruchungen der Baustoffe |
| 1911 | Runderlass, betreffend Leitsätze über die Aufstellung der Unfallstatistik für Eisenbetonbauten |
| 1913 | Runderlass des Berliner Polizeipräsidenten [die Anfängerziegel der Kleineschen Decke betreffend] |
| 1913 | Runderlass, betreffend die Gewichte ebener Decken aus Hohlsteinen |
| 1916 | Bestimmungen für Ausführung von Bauwerken aus Eisenbeton |
| 1918 | Erlass, betreffend die baupolizeiliche Behandlung ebener Steindecken bei Hochbauten |
| 1919 | Bestimmungen über die bei Hochbauten anzunehmenden Belastungen und über die zulässigen Beanspruchungen der Baustoffe |
| 1925 | Bestimmungen für Ausführung ebener Steindecken |
| 1932 | Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton |
| 1932 | Bestimmungen für Ausführung von Steineisendecken |

DIN – Verzeichnis

DIN 1045 (1943.04)	Bestimmungen für Ausführung von Bauwerken aus Stahlbeton
DIN 1045 (1959.11)	Bestimmungen für Ausführung von Bauwerken aus Stahlbeton
DIN 1045 (1972.01)	Beton- und Stahlbetonbau – Bemessung und Ausführung
DIN 1045 (1988.07)	Beton und Stahlbeton – Bemessung und Ausführung
DIN 1045-1 (2001.07)	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton
DIN 1045-100 (2005.02)	Ziegeldecken
DIN 1046 (1943.08)	Bestimmungen für Ausführung von Stahlsteindecken
DIN 1046x (1957.03)	Bestimmungen für Ausführung von Stahlsteindecken
DIN 1046xx (1962.02)	Bestimmungen für Ausführung von Stahlsteindecken
DIN 1053-1 (1996.11)	Mauerwerk, Teil 1: Berechnung und Ausführung
DIN 4159 (1943.05)	Lochziegel für Stahlsteindecken
DIN 4159 (1962.02)	Deckenziegel, statisch mitwirkend
DIN 4159 (1972.10)	Ziegel für Decken und Wandtafeln, statisch mitwirkend
DIN 4159 (1978.04)	Ziegel für Decken und Wandtafeln, statisch mitwirkend
DIN 4159 (1999.10)	Ziegel für Decken und Vergusstafeln, statisch mitwirkend

Verzeichnis der Patente und Gebrauchsmuster

Deutsche-Reichs-Patente

- DRP Nr. 71102: Kleine, Johann Franz; Essen: Verfahren zur Herstellung von feuersicheren Eisenbalkendecken. 28. Februar 1892.
- DRP Nr. 75238: Kleine, Johann Franz; Essen: Verfahren zur Herstellung von feuersicheren Eisenbalkendecken. (Zusatz zum Patent 71102 vom 28. Februar 1892) 19. März 1893.
- DRP Nr. 80653: Schürmann, F.J.; Münster: Massivdecken auf Wellblechschienen. 13. März 1894
- DRP Nr. 81123: Bruno, Albert; Detmold: Scheitrechte Decke. 10. Oktober 1894
- DRP Nr. 81135: Weyhe, W.; Bremen: Feuersichere Decke. 14. März 1894
- DRP Nr. 82941: Weyhe, W.; Bremen: Feuersichere Decke. (Zusatz zum Patent 81135 vom 14. März 1894) 25. Dezember 1894
- DRP Nr. 87862: Düsing, W.; Berlin: Tragplatte. 25. Januar 1896
- DRP Nr. 102080: Killer, Heinrich; Heddesdorf: Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung gelochter Schwemmsteine. 22. Juli 1898.
- DRP Nr. 112068: Häusler & Geppert; Breslau: Massive Decke aus zwei übereinanderliegenden von oben verlegbaren Steinschichten. 10. November 1897
- DRP Nr. 113422: Pötsch, Carl; Minden: Aus Blech hergestellter Hohlträger. 21. Oktober 1898
- DRP Nr. 116055: Denner, W.; Kassel: Verfahren zur Herstellung von Bausteinen nach Art der Tuff- oder Schwemmsteine. 23. Oktober 1897.
- DRP Nr. 117350: Katz, Adolf; Stuttgart: Blechträger für massive Decken. 21. September 1898
- DRP Nr. 124615: von Busse, Busso; Bromberg: Massive ebene Decke aus eisenarmierten Steinbalken und ebensolchen Füllungen. 23. Januar 1900
- DRP Nr. 125725: Höfchen und Peschke; Berlin: Verfahren zur Herstellung von ebenen Steindecken. 27. April 1900
- DRP Nr. 127549: C.A. Kapferer, & Schleuning, Terranova-Industrie; München: Ebene Decke aus rechts und links verwendbaren, gleichartigen Hohlsteinen mit leicht geneigten Stegen. 18. Dezember 1900
- DRP Nr. 128483: Ackermann, Adolf; Hannover-Döhren: Steindecke mit in der Mitte durch Eisen unterstützten Steinreihen. 16. Juli 1899
- DRP Nr. 134958: Ackermann, Adolf; Hannover-Döhren: Deckenstein mit Nuten zur Aufnahme von Trageisen. 09. Dezember 1900
- DRP Nr. 137789: Bremer, Wilhelm; Halle: Deckenstein zur Herstellung ebener, trägerloser Steindecken von großer Spannweite. 21. Dezember 1900

-
- DRP Nr. 137790: Bremer, Wilhelm; Halle: Deckenstein zur Herstellung ebener, trägerloser Steindecken. (Zusatz zum Patent 137790 vom 21. Dezember 1900) 06. August 1901
- DRP Nr. 139339: Ebert, Emil; Leipzig-Plagwitz: Verfahren zur Sicherung der Lage und des richtigen Abstandes der Eiseneinlagen bei armierten Betondecken. 15. Juni 1901
- DRP Nr. 140766: Kapferer & Schleuning, Terranova-Industrie; München: Ebene Decke aus rechts und links verwendbaren, gleichartigen Hohlsteinen mit leicht geneigten Stegen. (Zusatz zum Patent 127549 vom 18. Dezember 1900) 17. Juni 1902
- DRP Nr. 156773: Förster, Otto; Berlin: Hohlstein mit einschlagbarer Brücke. 07. Juni 1903
- DRP Nr. 167313: Westphal, Heinrich; Posen: Verfahren zur Herstellung von Hohlsteindecken. 24. August 1901
- DRP Nr. 172047: Westphal, Heinrich; Posen: Zusammengesetzter allseitig geschlossener Hohlkörper. 20. Januar 1904
- DRP Nr. 175404: Nasse, Georg; Berlin: Verfahren zum Festlegen der Zugeisen in Eisenbeton- oder Steineisendecken. 12. März 1905
- DRP Nr. 180262: Höfchen und Peschke; Berlin: Lehre zur Herstellung von Steineisenbalkendecken zwischen I-Trägern. 20. Mai 1905
- DRP Nr. 184246: Westphal, Heinrich; Posen: Deckenstein mit Lochkanälen zur Herstellung ebener, trägerloser Steindecken. 16. Oktober 1904
- DRP Nr. 187559: Westphal, Heinrich; Posen: Verfahren zur Herstellung feuersicherer, trägerloser Hohlsteindecken aus beliebigen Hohlsteinen mit Eiseneinlagen. (Zusatz zum Patent 167313 vom 24. August 1901). 24. August 1901
- DRP Nr. 191975: Kohlmetz, Wilhelm; Frankfurt/ Oder: Eisenträger zur Einlegung in Massivdecken mit gegen den Untergurt schwächerem Obergurt. 23. Juni 1905
- DRP Nr. 202126: Rettig, W.; Berlin: Massivdecke aus Beton und eingebetteten Röhren aus Ton oder ähnlichen Stoffen. 07. März 1907
- DRP Nr. 202385: Westphal, Heinrich; Posen: Verfahren zum Abschließen der durchgehenden Hohlräume von Bausteinen. 02. Juni 1907
- DRP Nr. 206394: Sachse, Oskar; Berlin-Tempelhof: Verfahren zur Herstellung allseitig geschlossener Hohlziegel. 29. August 1906
- DRP Nr. 208704: Lolat, Gustav; Berlin-Friedenau: Verfahren zur Herstellung von Hohlkörperdecken. 28. August 1906
- DRP Nr. 210159: Balg, Bernhard; Görlitz: Verfahren zur Herstellung von Hohlziegeln, deren Stirnöffnungen vor oder nach dem Brennen mit Tonplättchen verschlossen werden. 24. Juni 1906
- DRP Nr. 212249: Balg, Bernhard; Görlitz: Verfahren zur Herstellung von Hohlziegeln, deren Stirnöffnungen vor oder nach dem Brennen mit Tonplättchen verschlossen werden. (Zusatz zum Patent 210159 vom 24. Juni 1906) 09. Februar 1907

-
- DRP Nr. 212715: Schneider, Albert; Danzig: Verfahren zur Herstellung von Decken mit sich kreuzenden Eisenbetonrippen und dazwischen eingebetteten Hohlkörpern. 26. April 1907
- DRP Nr. 212716: Schneider, Albert; Danzig: Verfahren zur Herstellung von Decken mit sich kreuzenden Eisenbetonrippen und dazwischen eingebetteten Hohlkörpern. (Zusatz zum Patent 212715 vom 26. April 1907). 25. Februar 1908
- DRP Nr. 213644: Pötsch, Carl; Magdeburg: Stabhohlträger mit nach oben zusammenlaufenden Seitenflächen zur Herstellung von massiven Decken und Unterzügen. 25. November 1908
- DRP Nr. 216395: Westphal, Heinrich; Posen: Verfahren zum Abschließen der durchgehenden Hohlräume von Bausteinen mit vorgesetzten und an den Steinrändern befestigten Flachkörpern. 26. Juli 1908
- DRP Nr. 216645: Michaelis, Wilhelm; Berlin-Friedenau: Hohler Baustein. 21. Oktober 1908
- DRP Nr. 216888: Burchartz, Ferdinand; New York: Verfahren zur Herstellung von allseitig geschlossenen Hohlsteinen. 21. Dezember 1907
- DRP Nr. 225203: Kröger, Eduard; Hamburg: Eisenbetonhohlkörperdecke mit Mundplatten zum Verschluss der Hohlräume in den Fugen. 27. Juni 1909
- DRP Nr. 225253: Cracoanu, O.; Berlin: Hohlstein für Decken, Wände oder ähnliche Bauteile, dessen Hohlraum gegen das Eindringen von flüssigem Fugenmörtel durch eingesetzte Scheiben abgeschlossen wird. 17. Dezember 1908
- DRP Nr. 228963: Westphal, Heinrich; Posen: Verfahren zum Abschließen der durchgehenden Hohlräume von Bausteinen. (Zusatz zum Patent 202385 vom 02. Juni 1907). 11. November 1909
- DRP Nr. 234250: Schurich, Max; Dresden: Verfahren zum Abschließen der Hohlräume von Hohlsteinen, Hohlplatten u. dgl.. 23. Januar 1910
- DRP Nr. 239695: Preuss, Berta; Steglitz: Verfahren zur Herstellung von Decken aus Hohlkörpern, deren Hohlräume gegen Mörteltritt durch Verschlusscheiben gesichert werden. 22. November 1908
- DRP Nr. 240007: Wörner, Johannes; Cannstadt: Formstein zur Herstellung von Decken. 24. Mai 1910
- DRP Nr. 241420: Kühle, Ludwig; Nürnberg: Verfahren zur Herstellung von Hohlsteindecken und Einrichtung zum Verschluss der Hohlsteine durch Scheiben. 16. Januar 1910
- DRP Nr. 242689: Balg, Bernhard; Görlitz: Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von Hohlsteinen. 25. Mai 1909
- DRP Nr. 243186: Schurich, Max; Buchholz: Ausführungsform der Vorrichtung zum Abschließen der Hohlräume von Hohlsteinen, Hohlplatten u. dgl.. (Zusatz zum Patent 234250 vom 23. Januar 1910) 21. April 1910
- DRP Nr. 249226: Faber, Richard; Berlin: Verfahren und Einrichtung zum Abschließen der durchgehenden Hohlräume von Deckensteinen. 21. November 1908

- DRP Nr. 258397: Building Improvement Co.; New York: Eisenbetondecke mit sich kreuzenden Eisenbetonrippen und dazwischen liegenden Hohlsteinen. 14. Juni 1911
- DRP Nr. 263578: Balg, Bernhard; Görlitz: Vorrichtung zur Herstellung allseitig geschlossener Hohlsteine. 17. Dezember 1908
- DRP Nr. 278300: T. Neukrantz Aktiengesellschaft; Posen: Verfahren zum Verschließen der Hohlräume von Hohlsteinen durch elastische Verschlusskörper. 26. März 1912
- DRP Nr. 286829: Allgühst Stein GmbH; Lamspringe: Vorrichtung an Strangpressen zur Herstellung allseitig geschlossener Hohlsteine. 23. Juni 1912
- DRP Nr. 286940: Schleuning, Marion; Berlin-Friedenau: Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung stirnseitig geschlossener Hohlziegel. 07. Januar 1910
- DRP Nr. 365625: Berkes, Ernst Philipp; Pfeddersheim und Rücker, Friedrich Wilhelm; Worms: Hohlstein. 21. Oktober 1919
- DRP Nr. 449631: Sperle, Eugen; Ulm: Deckenhohlstein aus gebranntem Ton zur Herstellung von Beton-Rippendecken ohne Überbeton. 31. August 1924

engl. Patente

- Patent Nr. 2968: Hyatt, Thaddeus; New York: (o. A.). 1877
- Patent Nr. 27626: Herschbach, H.; Heddersdorf: (o. A.). 16. Dezember 1903

amerik. Patente

- Patent Nr. 206112: Hyatt, Thaddeus; New York: Improvement in Composition Floors, Roofs, Pavements. 1878

Deutsche-Reichs-Gebrauchs-Muster

- DRGM Nr. 35492: Förster, Otto; Schönebeck: In der oberen und unteren Hälfte entgegengesetzt winklig geformte Wölbsteine für Feuer und Schwammsichere Decken. 31. Dezember 1894
- DRGM Nr. 43830: Beny, F.U.; Oppenheim: Formstein mit schlitzartiger Aussparung auf der Längsseite. 15. Juli 1895
- DRGM Nr. 48957: Moßner, Hugo; Berlin: Formstein für feuersichere Decken, dessen Endflächen unten eine unterschrittene Aussparung besitzen. 25. März 1895
- DRGM Nr. 53092: Maucher, Max; Berlin: T-Eisen für Deckenkonstruktionen mit 1-3 mm Materialstärke und einer Steghöhe, welche größer ist als die Flanschbreite. 11. Februar 1896
- DRGM Nr. 56734: Düsing, W.; Berlin: Tragplatte oder Diele mit in der Druckzone des Trägers befestigtem Unterzug. 24. Januar 1896

-
- DRGM NR. 56749: Mesch, Wilhelm; Magdeburg: Steinbalken und Steinplatte mit Eisenarmierung zur Herstellung von Decken, Fußböden und Wänden. 09. März 1896.
- DRGM Nr. 58440: Richard Dabbert & Hütten; Berlin: Decke aus gestanztem Blech oder Drahtgewebe, mit der Übermauerung durch Drahtanker verbunden. 23. Mai 1896
- DRGM Nr. 75574: Hundrieser, Paul; Berlin: Hakenförmige Steine für Massivdecken von rautenförmigem Querschnitt im unteren Teile. 13. April 1897
- DRGM Nr. 76987: Müller, Feodor; Berlin: Baustein mit versetzt angeordneten Vorsprüngen zur Herstellung von Decken. 09. November 1896
- DRGM Nr. 82857: Beny, F.U.; Oppenheim: Formstein nach DRGM Nr. 43830, dessen schlitzenartige Aussparung auf der Längsseite nach unten verjüngt ist. 23. August 1897
- DRGM Nr. 84470: Pötsch, Carl; Minden: Gerade Decke aus scheinrechten Kappen zwischen Hohlträgern, deren Seiten als Widerlager ausgebildet sind. 18. Oktober 1897
- DRGM Nr. 87780: Donath, Julius; Berlin: Deckenstein mit durchgehenden Hohlräumen und Längsnute bzw. Schlitz, letztere zur Aufnahme von gebogenen Bandeisen oder Winkeleisen. 24. November 1897
- DRGM Nr. 88407: Höfchen und Peschke; Berlin: Deckenplatten aus keilförmigen zum Teil mit hohlkehlen versehenen Steinen. 10. Januar 1898
- DRGM Nr. 91523: Bilguer, H.; Schwerin: Gewölbeformstein mit Nute zum Einlegen von Trageisen zur Herstellung von ebenen Decken. 02. März 1898
- DRGM Nr. 105052: Dressel, A.; Gera-Reuß: Ziegelstein, dessen Seitenwände wellblechartig geformt sind. 26. Oktober 1898
- DRGM Nr. 112768: Heyer, Louis; Hannover: Ziegelstein mit 2 oder mehreren Hohlräumen, deren Seitenwände doppelt gebogen sind. 04. Februar 1899
- DRGM Nr. 113531: Körting, Wilhelm; Gera: Deckenstein mit s-förmig gestalteten Stoßflächen, welche oben und unten in versetzt angeordneten, gradlinig gebildeten Platten endigen. 15. März 1899
- DRGM Nr. 118544: Frölich, Heinrich; Berlin: Formstein, dadurch gekennzeichnet, das seine Oberfläche kürzer als die Unterfläche ist, und nahe der letzten in den Seitenflächen entspringende Winkelnuten angeordnet sind. 12. Juni 1899
- DRGM Nr. 120713: Donath, Julius; Berlin: Deckenstein mit durchgehenden Hohlräumen, nasenförmigem Vorsprung, Nute und Abschrägung zum Auflegen auf Steinlagen bzw. zur Aufnahme von gebogenen Bandeisenstreifen. 02. August 1899
- DRGM Nr. 122819: Donath, Julius; Berlin: Deckenstein mit durchgehenden Hohlräumen und seitlich versehenen wellenförmigen Aussparungen zur Aufnahme von wellenartig geformten Metallstreifen. 08. März 1898

-
- DRGM Nr. 130997: Körting, Wilhelm; Gera: Freitragende Decke, deren Steine zickzackförmige Stoßflächen besitzen, oben und unten in gradlinigen Platten endigen und bei welchen zwischen den Steinfugen eingeschobene eiserne Formstäbe angeordnet sind. 06. Februar 1900
- DRGM Nr. 139034: Höfchen und Peschke; Berlin: Aus zwei Stück versetzten Reihen Formsteine mit Hohlkehldübefuge zur Aufnahme der Unterstange bestehender Steinbalken mit schrägen seitlichen Widerlagenflächen. 27. Juli 1900
- DRGM Nr. 162359: Eggert, Hugo; Berlin: Baustein mit an zwei gegenüberliegenden Seiten versetzt angeordneten Nuten und Federn. 15. September 1900
- DRGM Nr. 168647: Cracoanu, O.; Berlin: Hohlsteindecke mit Eiseneinlage, bei welcher die Hohlräume der Steine Röhren, Stöpsel oder dgl. Abgeschlossen sind und die Eiseneinlage durch Unterlagen und Folien von der Unterschalung und den Steinen getrennt ist. 19. Dezember 1901
- DRGM Nr. 175439: Förster, Otto; Wernigerode: Formstein zur Herstellung von Massivdecken mit durchgehenden, nach oben und unten konisch zulaufendem Hohlraum. 16. April 1902
- DRGM Nr. 208975: Eggert, Hermann; Berlin : Hebelapparat zum Biegen von Metallstäben über Formplatten. 12. August. 1903
- DRGM Nr. 241033: Faconeisenwalzwerk L. Mannsteadt; Köln: Einlagestreifen für Betondecken und dergleichen mit Warzen bzw. Zähnen. 29. November 1904
- DRGM Nr. 311736: Dedekind, Hugo; Danzig: „Allseitig“ geschlossener gepresster Hohlstein. 09. März 1907
- DRGM Nr. 326098: Zingraf, P.; Düsseldorf: Decke aus \square -förmig gestalteten auf Drahtgeflecht aufgesetzten, mit Rippen an den Stoßkanten versehenen Platten. 07. Dezember 1907
- DRGM Nr. 326803: Zingraf, P.; Düsseldorf: Für Decken dienende \square -förmig gestaltete Platte mit gerippten Stoßkanten. 07. Dezember 1907
- DRGM Nr. 353119: Gewerkschaft Deutscher Kaiser; Bruckhausen am Rhein: Stabeisen mit eingewalzten Erhöhungen und Vertiefungen. 17. August 1908
- DRGM Nr. 353524: Gewerkschaft Deutscher Kaiser; Bruckhausen am Rhein: Flacheisen mit gewalzten Erhöhungen und Vertiefungen. 21. August 1908
- DRGM Nr. 367427: Schiller, Friedrich; Berlin-Friedenau: Poröser Hohlstein zur Herstellung von Eisenbetonrippendecken mit wulstartig verstärkten Stegen. 19. Dezember 1908
- DRGM Nr. 483770: Sternberg, Karl; Beuthen: Decke. 04. Oktober 1911
- DRGM Nr. 532226: Walter, Martin; Worms am Rhein: Hohlstein. 13. November 1912
- DRGM Nr. 601449: Veser, Georg; Tuttlingen: Ventilations-Ton-Hohlkörper. 27. März 1914

Abbildungsverzeichnis

Kapitel 1	Einleitung	
Abb. 1-1:	Beispiel einer Steineisendecke	11
Abb. 1-2:	Beispiel einer Füllkörperrippendecke	12
Abb. 1-3:	Schwemmstein	12
Abb. 1-4:	Ziegelorganigramm	13
Kapitel 2	Genealogie	
Abb. 2-1:	tonnenförmiges Topfgewölbe aus Tontöpfen, aus: Durm (1905), S.300	15
Abb. 2-2:	Tonröhre eines Tonröhrengewölbes, aus: Durm (1905), S.298	15
Abb. 2-3:	Caementiciumtopfgewölbe, aus: Durm (1905), S.297	16
Abb. 2-4:	eiserner Deckenrost und Tontopf, aus: ABZ 2 (1837), Tafel CLXII, CLXIV	17
Abb. 2-5:	Decke von Beardmore, aus: Bracher (1949), S.47	17
Abb. 2-6:	Holzbalken- und I-Trägerdecke mit Hohlziegeln, aus: DBZ 16 (1882), S.511	18
Abb. 2-7:	<i>side method</i> , aus: ZdB 7 (1887), S.435	20
Abb. 2-8:	amerikanische Steineisendecke, aus: ZdB 7 (1887), S.450	20
Abb. 2-9:	Kleinesche Decke aus Vollziegeln, aus: Warth (1903), S.311	21
Kapitel 3	Chronologie	
Abb. 3-1:	Preußische Kappe, aus: Ahnert (2001), S.47	23
Abb. 3-2:	Holzbalkendecke mit Einschub, aus: Ahnert (2001), S.29	25
Abb. 3-3:	Hotel zum Bären in Basel, aus: Der Expertenbericht über den Hauseinsturz in Basel. In: BuE 1 (1902), S.15-19, hier S.15	30
Abb. 3-4:	mit Ziegelschalen (teilweise abgefallen) verkleideter I-Träger, Unter den Linden 26-30, Berlin	36
Abb. 3-5:	Herausbildung und Verbreitung der Steineisendecken	39
Abb. 3-6:	Verfahren zur Erteilung eines Patent	42
Abb. 3-7:	Falzziegel von Hundrieser	48
Abb. 3-8:	Hohlziegel von Cracoanu	48
Abb. 3-9:	Trägerverkleidungsziegel, aus: Stahlwerk-Verband A.-G. (1914), S.37,74	49
Abb. 3-10:	Ziegel von Frölich	51
Abb. 3-11:	Reformhohlsteindecke als Steineisenkonstruktion, aus: Barg Baustofflabor GmbH & Co. KG (2000a), Anlage 20	55
Abb. 3-12:	Reformhohlsteindecke als Eisenbetonkonstruktion, aus: Barg Baustofflabor GmbH & Co. KG (2000a), Anlage 22	56
Abb. 3-13:	Anzahl der Patent- und Gebrauchsmusteranmeldungen	59

Kapitel 4	Verbreitung	
Abb. 4-1:	Anforderungen an Hohlziegel	64
Abb. 4-2:	Förster-Ziegel mit „einschlagbarer Brücke“, aus: DRP Nr. 156773	67
Kapitel 5	Baustoffe	
Abb. 5-1:	Schwemmstein	73
Abb. 5-2:	Schwemmsteinpresse, aus: TIZ 27 (1903), S.277	74
Abb. 5-3:	Bohrkern eines porösen sowie eines nichtporösen Hohlziegels, aus: Materialprüfungsamt des Landes Brandenburg (1998), Anlage 5, Blatt 3 und Blatt 10	78
Abb. 5-4:	Bohrkern eines Hohlziegels mit starken Rillen in einer Wandung, aus: Materialprüfungsamt des Landes Brandenburg (1998), Anlage 5, Blatt 2	81
Abb. 5-5:	Hohlziegel, manueller Verschluss vor dem Brennen, aus: DRP Nr. 210159	83
Abb. 5-6:	Hohlziegel, maschineller Verschluss außerhalb des Mundstückes, aus: DRP Nr. 206394	84
Abb. 5-7:	Hohlziegel, maschineller Verschluss innerhalb des Mundstückes, aus: DRP Nr. 286940	84
Abb. 5-8:	Hohlziegel, maschineller Verschluss innerhalb des Mundstückes durch drehbaren Kern, aus: DRP Nr. 286829	85
Abb. 5-9:	Rund- und Quadrateisen mit pyramidenförmigen Erhöhungen, aus: TIZ 32 (1908), S.2126	88
Abb. 5-10:	Wellblech- oder Buckelschiene	91
Abb. 5-11:	Schalungsträger auf Untergurt aufgelegt, aus: Kersten (1910), S.44	93
Abb. 5-12:	Schalung mittels Einschaltungsklammer am I-Träger befestigt, aus: Kersten (1910), S.44	94
Abb. 5-13:	Schalung mittels Hängeeisen am I-Träger befestigt, aus: Kersten (1910), S.45	94
Abb. 5-14:	Schalung mittels Schalkrebs am I-Träger eingehängt, aus: Roloff (1941), S.100	94
Abb. 5-15:	Flacheisen als Schalungsträger, aus: Bastine (1909), S.75	95
Abb. 5-16:	Rüst- und Steckeisen als Schalungsträger, aus: Königer (1902), S.184	95
Abb. 5-17:	Verschaltungshalter, aus: Opderbecke (1910), S.169	95
Kapitel 7	Zulassung	
Abb. 7-1:	[im Verband verlegte erste und zweite Ziegelschicht], aus: Probelastung von Decken. In: MktV 17 (1899), S.117	108
Abb. 7-2:	[frei tragende Auflast], aus: Probelastung von Decken. In: MktV 17 (1899), S.117	109
Abb. 7-3:	Probelastung nach Föppl, aus: Probelastungen von Decken und Gewölben. In: ZdB 15 (1895), S.435	110

Kapitel 8	Bemessung	
Abb. 8-1:	Bezeichnungen beim n-Verfahren, aus: Ahnert (2001), Umschlagseite	118
Abb. 8-2:	Dehnungsverhältnisse	118
Abb. 8-3:	Zulässige Deckenbelastung und -spannweite nach den Steineisendecken-Bestimmungen von 1925 und 1932, aus: BuE 30 (1931), S.81-84, hier 83	127
Abb. 8-4:	Hohlziegel nach <i>DIN 4159</i> von 1962, aus: Wedler (1963), S.71-80, hier 72	127
Kapitel 9	Nachbemessung	
Abb. 9-1:	Hohlziegel nach <i>DIN 4159</i> von 1972, aus: Franz (1973), S.1100-1114, hier 1101	141
Kapitel 10	Bewertung	
Abb. 10-1:	Mörtelfehlstellen im Bereich der Bandeisenbewehrung, aus: Materialprüfungsamt des Landes Brandenburg (1998), Anlage 5, Blatt 1	148
Abb. 10-2:	auf der Sohlleiste aufliegende Bewehrung, aus: Barg Baustofflabor GmbH & Co. KG (1998a), Anlage 10, Bild 18	149
Abb. 10-3:	abgesprengte untere Ziegelschalen an einer Kellerdecke, aus: Barg Baustofflabor GmbH & Co. KG (1998a), Anlage 14, Bild 26	150
Abb. 10-4:	poröses Mörtelgefüge aufgrund hohen Anteils an Anmachwasser, aus: Barg Baustofflabor GmbH & Co. KG (2000a), Anlage 25	151
Abb. 10-5:	Druckschicht durch Arbeitsfuge unwirksam, aus: Materialprüfungsamt des Landes Brandenburg (1998), Anlage 5, Blatt 4	152
Abb. 10-6:	Steineisendecke ohne Mörtel in den Stoßfugen, aus: Barg Baustofflabor GmbH & Co. KG (2002), Anlage 122	153
Abb. 10-7:	Versatz der Ziegelwandungen aufgrund ungleichmäßiger Ziegelabmessungen, aus: Barg Baustofflabor GmbH & Co. KG (2002), Anlage 155	153
Abb. 10-8:	im Druckbereich verstärkter Hohlziegel, verdreht eingebaut, aus: Materialprüfungsamt des Landes Brandenburg (1998), Anlage 5, Blatt 2	154
Abb. 10-9:	Arbeitsfuge zwischen unterem und oberem Fugenteil, aus: Materialprüfungsamt des Landes Brandenburg (1998), Anlage 5, Blatt 9	156
Abb. 10-10:	Fehlstellen innerhalb einer Längsfuge, aus: Materialprüfungsamt des Landes Brandenburg (1998), Anlage 5, Blatt 11	156
Abb. 10-11:	Decke mit unterschiedlichen Fugenbreiten, Unter den Linden 26-30, Berlin	157
Abb. 10-12:	Kleinesche Decke mit Mischgut im Hohlraum, aus: Materialprüfungsamt des Landes Brandenburg (1998), Anlage 5, Blatt 4	158
Abb. 10-13:	hoher Ziegel mit Mischgut im Hohlraum, aus: Barg Baustofflabor GmbH & Co. KG (2000b), Anlage 5, Bild 9	158
Abb. 10-14:	Reformhohlsteindecke ohne Stoßfugenversatz, Kronenstraße 11, Berlin	159
Abb. 10-15:	Versagensmechanismen der Steineisendecken	161

Tabellenverzeichnis

Kapitel 7	Zulassung	
Tab. 7-1:	Zusammenfassung der Regelungen aus den <i>Eisenbeton-Bestimmungen</i> bezüglich Probelastungen an Decken	116
Kapitel 8	Bemessung	
Tab. 8-1:	zulässige Druckspannung in Abhängigkeit von der mittleren Ziegeldruckfestigkeit	129
Kapitel 9	Nachbemessung	
Tab. 9-1:	Parameter der Kombinationen K1 bis K7	133
Tab. 9-2:	Hohlraumanteil an der rechnerisch angesetzten Druckfläche	137
Tab. 9-3:	Gegenüberstellung der Prismendruckfestigkeit eines Mörtels mit dessen Fugendruckfestigkeit	142
Kapitel 10	Bewertung	
Tab. 10-1:	Ergebnisse aktueller Bruchversuche an historischen Steineisendecken	162

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung	E. V.	Eingetragener Verein
A. d. V.	Anmerkung des Verfassers	Gew.-%	Gewichtsprozent
A.-G.	Aktien-Gesellschaft	ggf.	gegebenenfalls
amerik.	amerikanisch	HLz	Hochlochziegel
Anm.	Anmerkung	Hrsg.	Herausgeber
Aufl.	Auflage	i. d. R.	in der Regel
Ausg.	Ausgabe	Jg.	Jahrgang
Bd.	Band	Jh.	Jahrhundert
Belserdr.	Belserdruckerei	max.	maximal
BRD	Bundesrepublik Deutschland	Mz	Mauerziegel
BST	Betonstahl	o. dgl.	oder dergleichen
Buchverl.	Buchverlag	PF	Pfennig (100 PF = 1 RM)
bzw.	beziehungsweise	RM	Reichsmark
Co.	Company	TH	Technische Hochschule
d.	der	u. a. m.	und andere mehr
DAfE	Deutscher Ausschuss für Eisenbeton	u. dgl.	und dergleichen
d. h.	das heißt	u. U.	unter Umständen
Diagr.	Diagramm	Verf.	Verfasser
DRGM	Deutsches-Reichs-Gebrauchs- Muster	Verl.	Verlag
DRP	Deutsches-Reichs-Patent	vgl.	vergleiche
Dt.	Deutsch	v. H.	von Hundert
engl.	englisch	Vol.-%	Volumenprozent
etc.	et cetera	wesentl.	wesentlich
		z. B.	zum Beispiel
		ZP	Zusatzpatent

Ausführliche Inhaltsübersicht

Inhaltsübersicht	I
Vorwort	V
1 Einleitung	1
1.1 Aktueller Kenntnisstand und heutiger Umgang mit Steineisendecken	1
1.1.1 Entwicklungsgeschichte und Konstruktion	1
1.1.2 Tragverhalten und Bewertung des Bestandes	3
1.1.3 Konstruktive Ertüchtigung	4
1.2 Zielsetzung der Arbeit	5
1.3 Methodik und Bestandteile der Arbeit	6
1.4 Zeitlicher Rahmen – Steineisendecken zwischen 1892 und 1925	8
1.5 Quellen	9
1.6 Terminologie	11
1.6.1 Steineisen- und Füllkörperrippendecken	11
1.6.2 Steine und Ziegel	12
2 Genealogie der Steineisendecken	14
2.1 Vorformen der Steineisendecken	14
2.1.1 Antike Topf- und Tonröhrengewölbe	14
2.1.2 Französische, englische und deutsche Hohlziegeldecken	16
2.2 Auslöser für die Verbreitung der Steineisendecken	19
2.2.1 Die großindustrielle Produktion von Deckenhohlziegeln in Nordamerika	19
2.2.2 Die Kleinesche Decke – Initiator für die Verbreitung der Steineisendecken in Deutschland	21
3 Chronologie – Steineisendecken im Deutschen Reich	22
3.1 Herausbildung der Steineisendecken gegen Ende des 19. Jahrhunderts	22
3.1.1 Die Wirtschaftliche Lage der Ziegelindustrie	22
3.1.2 Die Konstellation im Deckenbau	23
3.1.2.1 Kappendecken	23
3.1.2.2 Holzbalkendecken	25
3.1.3 Anforderungen an Decken	26
3.2 Konkurrenz der Steineisen- und Eisenbetondecken	29
3.2.1 Stand des Eisenbetonbaus im Deutschen Reich	29
3.2.2 Bewertung von Steineisen- und Eisenbetondecken	34

3.3	Steineisendecken im internen Wettbewerb	40
3.3.1	Der Patent- und Gebrauchsmusterschutz	40
3.3.1.1	Anmeldung, Erteilung und Dauer eines Patent	40
3.3.1.2	Anmeldung, Erteilung und Dauer eines Gebrauchsmusters	44
3.3.1.3	Negative Auswirkungen des Patent- und Gebrauchsmusterschutzgesetzes	45
3.3.2	Erfindungen und Innovationen im Steineisendeckenbau	47
3.3.2.1	Verbesserung der Tragfähigkeit	47
3.3.2.2	Verbesserung der architektonischen Qualität	49
3.3.2.3	Verringerung der Herstellungskosten	51
3.3.2.4	Neue Deckenkonstruktionen	53
3.4	Stagnation der Steineisendeckenentwicklung nach 1910	58
3.4.1	Der Einfluss von Krieg und Inflation auf das Bauwesen	58
3.4.2	Der Bedeutungsverlust der Steineisendecken	59
4	Verbreitung der Steineisendecken	60
4.1	Die Verbreitung beeinflussende Faktoren	61
4.1.1	Verfügbarkeit der Hohlziegel	61
4.1.2	Eigenschaften der Hohlziegel	62
4.1.3	Präsenz der Ziegel und Decken in der historischen Fachliteratur	64
4.2	Überregional verbreitete Steineisendecken	66
4.2.1	Decken aus einfachen, rechteckigen Hohlziegeln	66
4.2.2	Decken aus Formziegeln	67
4.2.3	Decken aus allseitig geschlossenen Hohlziegeln	70
4.3	Regional verbreitete Steineisendecken	70
5	Baustoffe, Hilfsgerüste und Herstellungsverfahren	72
5.1	Steine und Ziegel	72
5.1.1	Schwemmsteine	72
5.1.1.1	Herstellung	73
5.1.1.2	Eigenschaften	73
5.1.1.3	Bemühungen zur Qualitätssteigerung	74
5.1.1.4	Formate und Verbreitung	75
5.1.2	Poröse Vollziegel	76
5.1.2.1	Herstellung	76
5.1.2.2	Eigenschaften und Verwendung	77
5.1.3	Hohlziegel	78
5.1.3.1	Herstellung	79
5.1.3.2	Eigenschaften	80
5.1.3.3	Bemühungen zur Qualitätssteigerung	80
5.1.3.4	Formate und Verbreitung	81

5.1.4	Geschlossene Hohlziegel	82
5.1.4.1	Herstellung	83
5.1.4.2	Verbreitung	85
5.2	Bewehrung	87
5.2.1	Band- und Flacheisen, Rund- und Quadrateisen	87
5.2.1.1	Bemühungen zur Qualitätssteigerung	88
5.2.1.2	Verbreitung	89
5.2.2	Profileisen	90
5.2.3	Sonstige Bewehrungseisen	91
5.3	Schalungen, Teilschalungen und Lehrgerüste	93
5.4	Herstellungsverfahren für Steineisendecken	97
6	Typologie	99
6.1	Bisherige Ansätze zur Ordnung aller Arten von Massivdecken	99
6.2	Mögliche Kriterien zur Typenbildung	100
6.3	Typologie der Steineisendecken hinsichtlich Ziegel, Konstruktion und Herstellung	101
7	Baupolizeiliche Zulassung von Steineisendecken	103
7.1	Entwicklung der Zulassung	103
7.1.1	Allgemeine Genehmigung zur Ausführung einer Steineisendecke	103
7.1.2	Zulassung der Steineisendecken nach den <i>Eisenbeton-Bestimmungen</i>	106
7.2	Probebelastungen an Steineisendecken	107
7.2.1	Versuchsaufbau und Durchführung	107
7.2.1.1	Probebelastungen vor Ort	107
7.2.1.2	Probebelastungen in den Versuchsanstalten	109
7.2.2	Messung der Durchbiegungen	111
7.2.3	Publizierte Ergebnisse von Probebelastungen	111
7.2.4	Probebelastungen als Grundlage historischer Bemessungsverfahren	112
7.2.5	Regelungen zu Probebelastungen	113
8	Historische Bemessung der Steineisendecken	117
8.1	Entwicklung der Normen	117
8.2	Biegebemessung bis 1925	118
8.2.1	Das n-Verfahren im Eisenbetonbau	118
8.2.2	Das n-Verfahren im Steineisendeckenbau – Festlegung der Parameter	120
8.2.3	Zulässige Spannungen	121

8.3	Biegebemessung nach 1925 – Entwicklung und Diskussion	123
8.3.1	Das n-Verfahren im Allgemeinen	123
8.3.2	Zum n-Wert für die Steineisendeckenberechnung	124
8.3.3	Zur Stärke der Druckschicht	125
8.3.4	Zur Berücksichtigung der Ziegelhohlräume	126
8.3.5	Zulässige Spannungen	128
9	Nachbemessung historischer Steineisendecken	131
9.1	Beispielrechnungen zum Hohlraumanteil an der Druckfläche	132
9.1.1	Zentrale Annahmen, Wahl der Parameter	132
9.1.2	Darstellung der Einzelergebnisse	134
9.1.3	Charakteristische Ergebnisse	137
9.2	Aktuelle Nachbemessungen auf der Basis des n-Verfahrens	139
9.2.1	Wahl des Parameters „n“	139
9.2.2	Berücksichtigung von Druckschichten	140
9.2.3	Zulässige Spannungen	141
9.2.3.1	Zulässige Ziegel-Druckspannungen	141
9.2.3.2	Zulässige Mörtel-Druckspannungen	142
9.2.3.3	Zulässige Beton-Druckspannungen	143
9.2.4	Potential aktueller Nachbemessungen auf der Basis des n-Verfahrens	143
10	Tragfähigkeitsmindernde Einflüsse	146
10.1	Aufnahme der Haftzugspannungen durch den Mörtel	148
10.2	Aufnahme der Druckspannungen durch die Ziegel und den Mörtel	150
10.3	Aufnahme der Schubspannungen durch die Ziegel und den Mörtel	155
10.4	Weitere konstruktive Befunde	157
10.5	Versagensmechanismen der Steineisendecken	159
11	Zusammenfassung	163
11.1	Entwicklungsgeschichte und Bedeutung	163
11.2	Bemerkenswerte Entwicklungsschritte	164
11.3	Katalog und Typologie	165
11.4	Verbreitung	165
11.5	Historische Belastungsversuche	166
11.6	Historische Bemessung	167
11.7	Bewertung der Tragfähigkeit	167
11.8	Ausblick – weitere Forschungen	168

Literaturverzeichnis	169
Zeitschriftenverzeichnis	179
Verzeichnis der Regelwerke und Normen	180
Verzeichnis der Patente und Gebrauchsmuster	182
Abbildungsverzeichnis	188
Tabellenverzeichnis	191
Abkürzungsverzeichnis	192
Ausführliches Inhaltsverzeichnis	193