



Bernhard Wietek

Faserbeton

im Bauwesen



Bernhard Wietek

Faserbeton

im Bauwesen

Faserbeton

Bernhard Wietek

Faserbeton

im Bauwesen

Bernhard Wietek
Sistrans, Österreich

ISBN 978-3-658-07763-1 ISBN 978-3-658-07764-8 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-658-07764-8

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg

© Springer Fachmedien Wiesbaden 2015

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften. Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Lektorat: Ralf Harms, Annette Prenzer

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Fachmedien Wiesbaden ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media
(www.springer.com)

Vorwort

Im Bauwesen werden die unterschiedlichsten Baustoffe angewendet. Jeder dieser Baustoffe hat seine Eigenschaften, die unterschiedliche Vor- und Nachteile haben. Es liegt nun an den Bauingenieuren, die richtigen Baustoffe für die Anwendung auszusuchen um somit für den Bauherrn eine optimale Lösung seines Bauwerkes zu erreichen. Diese Forderung ist nicht leicht zu erfüllen, da es unzählige Randbedingungen bei einer solchen Entscheidung gibt, die zu berücksichtigen sind.

Im vorliegenden Buch soll auf einen Baustoff aufmerksam gemacht werden, der in den letzten Jahrzehnten in den Hintergrund gerückt wurde, ohne dass seine eigentlichen Vorteile richtig gewürdigt wurden. Faserbeton als Erweiterung des Betons bietet für die Baupraxis erhebliche Vorteile, die ausgehend von den Materialeigenschaften eine sehr hohe Lebensdauer ermöglichen und somit gerade für dauerhafte Bauwerke von großem Vorteil sind.

Faserbeton wirkt mit seinen Materialeigenschaften über den gesamten Querschnitt und bietet somit äußeren Angriffen auch Schutz vor innerer Zerstörung. Es ist ein Baustoff, der seine volle statische Wirkung im ungerissenen Zustand ähnlich den meisten anderen Baustoffen wie Holz, Stahl, Glas u.a. erreicht. Treten Risse auf, so ist dieser Baustoff überlastet und somit auch überfordert, jedoch tritt kein schlagartiger Bruch ein, sondern es besteht noch weiter eine verminderte Tragfähigkeit. Jeder Bauherr hat Anspruch auf einen nicht zerstörten Baustoff als Tragelement in seinem Bauwerk.

Im Buch Stahlfaserbeton wurde ein erster Weg für die Bemessung begangen, der in der Praxis nicht ganz nachvollziehbar war. Daher wurde nun die Berechnung des Faserbetons wesentlich umfangreicher, jedoch besser nachvollziehbar gestaltet und auf sämtliche in der Praxis in Verwendung befindlichen Fasertypen erweitert. Mit diesem Buch soll nun dem Anwender eine Hilfe gegeben werden, den Faserbeton als Baustoff entsprechend seinen Eigenschaften bei einem Bauwerk richtig einzusetzen, um somit dem Bauherrn kostengünstig ein langlebiges Bauwerk zu schaffen.

Ich möchte mich bei allen Bauherrn und Baufirmen für die gute Zusammenarbeit bedanken, die wir auf den unterschiedlichsten Baustellen über all die Jahre hatten, und auch dass wir fast alle Probleme gemeinsam einer vernünftigen Lösung zuführen konnten.

Dank des Autors

Nicht versäumen möchte ich, mich bei jenen zu bedanken, die so viel Vertrauen in mich setzten und mich auf dieses Fachgebiet ansetzten, um eine ingenieurmäßige Lösung zu erarbeiten. Ich habe zwar in den letzten Jahren mit dem Buch STAHLFASERBETON viele interessierte Bauingenieure bewogen, sich mit dieser Materie zu befassen, es ist jedoch von Anfang an immer wieder der Wunsch aufgetaucht, nicht nur über Stahlfasern im Beton sondern über alle gebräuchlichen Faser eine zusammenfassende Darstellung zu bringen.

Ausführende Firmen wie Swietelsky und HTB sowie Felbermayer (FST) und Keller haben auf ihren vielfältigen Baustellen den Einsatz von Faserbeton nicht nur mit Stahlfaser gefordert, sondern auch die Bauherrn haben für Faserbeton großes Interesse gezeigt und dessen Einsatz in etlichen Fällen gewünscht.

Mein Wissen um alle in der Praxis angewendeten Fasern hat die Fa. Rindler GmbH immer sehr unterstützt und immer wieder neue Anwendungen aufgezeigt. Besonders Herr Mag. Alexander Rindler hat mich hier in der Beschreibung der einzelnen Faserarten und deren Eigenschaften tatkräftig unterstützt, wofür ich ihm sehr dankbar bin. Es zeigt sich dabei, dass eine umfassende Beschreibung auch von verschiedener Sicht notwendig ist, damit auch eine möglichst unabhängige Darstellung von Produkten erreicht wird.

In kritischen Diskussionen hat mein Mitarbeiter Herr Dipl.-Ing. Alexander Klotz mir immer wieder geholfen, den technisch nachvollziehbaren Weg zu beschreiten und zusätzlich hat er meine Berechnungen überprüft, damit sich keine Fehler einschleichen. Dafür bin ich ihm dankbar.

Als das Manuskript im Entstehen war, hat der Verlag Springer Vieweg durch seinen Lektor Ralf Harms sein positives Interesse gezeigt, dieses als Fachbuch zu drucken, da es als Ergänzung und Erneuerung des Fachbuches Stahlfaserbeton gedacht ist.

Nun, da das Buch zumindest für einen ersten Druck fertig ist, möchte ich mich bei allen erwähnten Personen herzlich für die Unterstützung und das Vertrauen bedanken.

Ein besonderes Anliegen ist es mir auch, mich bei meiner lieben Frau Jutta zu bedanken, die immer wieder viel Verständnis für die Einsätze von mir in der Freizeit zeigt und auch darauf achtet, dass ich mich nicht übernehme.

Bernhard Wietek

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Geschichtliches	1
1.1.1	Vorwort aus Vitruv – De Architectura 27 v. Chr.	2
1.1.2	Seit wann gibt es Beton?	4
1.1.3	Seit wann gibt es Faserbeton?	5
1.2	Grundgedanken	5
1.2.1	Klassifizierung des Baustoffes	5
1.2.2	Brandverhalten des Baustoffes	7
1.2.3	Bemessung des Baustoffes	8
1.2.4	Forderung an die Normung bzw. auch an die Bauwirtschaft	9
1.3	Normen und Richtlinien	10
1.3.1	Normen	10
1.3.2	Richtlinien	10
2	Definitionen	13
2.1	Begriffe	13
2.2	Zeichen	14
2.3	Einheiten	18
3	Beton	19
3.1	Betonarten	19
3.2	Betonklassen	20
3.3	Zement	21
3.4	Gesteinskörnungen (Zuschlag)	23
3.5	Wasser	25
3.6	Betonzusätze	25
3.6.1	Betonzusatzstoffe	25
3.6.2	Betonzusatzmittel	25
3.7	Betoneigenschaften	26
3.7.1	Betonarten	27
3.7.2	Einwirkungen auf den Beton	27

3.7.3	Konsistenz	30
3.7.4	Kurzbezeichnungen	30
3.7.5	Schwinden	31
3.7.6	Zementsteinbildung	32
3.8	Umweltverträglichkeit	35
4	Fasern	39
4.1	Kunststofffasern	39
4.1.1	Mikrofasern	39
4.1.2	Makrofasern	40
4.2	Stahlfasern	41
4.2.1	Hakenform	43
4.2.2	Wellenform	44
4.2.3	Gestauchte Form	44
4.3	Glasfasern	45
4.3.1	alkaliresistente Fasern	45
4.3.1.1	Integrale Glasfasern	46
4.3.1.2	Wasserdispersible Glasfasern	47
4.3.2	Nicht alkaliresistente Fasern	48
4.4	Naturfasern	48
4.4.1	Pflanzenfasern	48
4.4.2	Tierfasern	48
5	FB-Verarbeitung	51
5.1	Kunststofffaserbeton	51
5.1.1	konstruktive Anwendungen	51
5.1.2	Statisch wirksame Anwendungen	52
5.1.3	Thermisch wirksame Anwendungen	52
5.1.4	Baubiologisch interessante Auswirkungen	53
5.2	Stahlfaserbeton	53
5.2.1	Konstruktive Anwendungen	53
5.2.2	Statisch wirksame Anwendungen	54
5.3	Glasfaserbeton	54
5.3.1	Konstruktive Anwendungen	54
5.3.2	Statisch wirksame Anwendungen	54
6	FB-Eigenschaften	55
6.1	Betoneigenschaften	55

6.2	Fasereigenschaften	61
6.2.1	Kunststofffasern	61
6.2.1.1	Mikrofasern	61
6.2.1.2	Makrofasern	63
6.2.2	Stahlfasern	64
6.2.3	Glasfasern	65
6.3	Abbindevorgang	66
6.4	Verbundwirkung von Fasern	71
6.4.1	Räumliche Verteilung der Fasern im Beton	73
6.4.2	Geometrie der Fasern	75
6.4.3	Form der Fasern	76
6.4.4	Dosierung der Fasern im Beton	78
6.4.5	Material der Fasern	79
6.4.6	Ermittlung der Faserspannung	79
6.5	Versuche zur Materialprüfung	80
6.5.1	Versuchsanordnung	81
6.5.1.1	Einfacher Biegebalken	81
6.5.1.2	Einfacher Biegebalken mit Kerbe	82
6.5.1.3	Standardbiegebalken	85
6.5.2	Versuchsablauf	87
6.5.3	Auswertung der Messdaten	88
7	FB-Bemessung	89
7.1	Bemessungsverfahren	89
7.1.1	Gebrauchslastverfahren	90
7.1.2	Traglastverfahren	91
7.1.3	Bemessung mit Teilsicherheitsfaktoren	91
7.2	Zuverlässigkeitskonzepte	93
7.2.1	Deterministisches Zuverlässigkeitsprinzip	93
7.2.2	Probabilistisches Zuverlässigkeitsprinzip	93
7.2.3	Semiprobabilistisches Zuverlässigkeitsprinzip	94
7.2.4	Nachweis der Tragsicherheit	94
7.2.5	Nachweis der Gebrauchstauglichkeit	95
7.3	Bemessungstheorie	96
7.3.1	Bemessung für Materialwahl – Dosierung	96
7.3.1.1	Biegung	96
7.3.1.2	Biegung mit Längskraft	102

7.3.1.3	Druckstäbe	107
7.3.1.4	Schubnachweis	109
7.3.1.5	Ausbruch eines Auflagers	112
7.3.2	Bemessung für Querschnittswahl – Abmessung	114
7.3.2.1	Biegung	115
7.3.2.2	Biegung mit Längskraft	116
7.3.2.3	Druckstäbe	119
7.3.2.4	Schubnachweis	121
7.3.2.5	Ausbruch eines Auflagers	124
7.4	Bemessungsbeispiele	125
7.4.1	Querschnitt auf Biegung	126
7.4.1.1	Kunststofffaser	126
7.4.1.2	Stahlfaser	133
7.4.1.3	Glasfaser	141
7.4.2	Querschnitt auf Biegung mit Normalkraft	144
7.4.2.1	Kunststofffaser	144
7.4.2.2	Stahlfaser	149
7.4.3	Querschnitt auf Druck (Knicken)	152
7.4.3.1	Kunststofffaser	152
7.4.3.2	Stahlfaser	154
7.4.4	Querschnitt auf Querkraft	156
7.4.4.1	Kunststofffaser	156
7.4.4.2	Stahlfaser	158
7.4.5	Anwendung mit Spritzbeton	160
7.4.5.1	Kunststofffaser	160
7.4.5.2	Stahlfaser	168
7.4.6	Anwendung mit verkehrtem Plattenbalken	172
8	Anwendungen	173
8.1	Bodenplatten	173
8.1.1	Wohnhäuser	173
8.1.2	Industrieböden	174
8.2	Wände	175
8.2.1	Kellerwände	175
8.2.2	Wandscheiben	176
8.3	Decken	178
8.3.1	Wohnhäuser	178

8.3.2	Industriebauten	179
8.4	Träger	180
8.4.1	Unter- und Überzüge	180
8.4.2	Einzelträger	180
8.4.3	Fahrbahnen	181
8.5	Galerien	181
8.5.1	Fuß- und Radwege	181
8.5.2	Straßen	182
8.6	Tunnelauskleidung	183
8.6.1	Stützmaßnahmen	184
8.6.2	Innenauskleidung	185
8.7	Tübbinge	186
8.7.1	Tunnelbau	186
8.7.2	Schachtbau	187
8.8	Fertigteile	187
8.8.1	Rohre	188
8.8.2	Platten und Decken	188
8.8.3	Treppen	189
8.8.4	Stützwände	190
8.9	Baugruben- u. Hangsicherungen	191
8.9.1	Baugruben	191
8.9.2	Hangsicherungen	194
8.9.3	Wandsicherung	195
Anhang		197
Tabellenverzeichnis		199
Abbildungsverzeichnis		201
Literaturverzeichnis		207
Stichwortverzeichnis		211

1 Einführung

Beschäftigt man sich mit einem Baustoff und setzt ihn in der Praxis bei einem Bauwerk ein, so ist es interessant und auch notwendig zu wissen, wie der Baustoff entstanden ist, wie er sich im Umfeld verhält und auch wie er von der Fachwelt bewertet wird. Auch die allgemeine Anerkennung eines Baustoffes in der gegebenen Zeit ist immer wieder eine Diskussion wert.

Ausgehend von einer geschichtlichen Betrachtung anderer Art als der üblichen, werden hier auch einige Grundgedanken aufgezählt, die dem Autor als wichtige Information erscheinen, damit man die Vorgangsweise und die Art der Erklärungen besser verstehen kann. Es soll eine möglichst neutrale mechanische Blickrichtung für den Baustoff Faserbeton erzeugt werden, der ohne wirtschaftliche Zwänge eine möglichst gute Beschreibung zum Ergebnis hat.

In den folgenden Passagen sollen diese allgemein nützlichen Wissensteile angesprochen werden.

1.1 Geschichtliches

Meist wird in diesem Bereich dem Leser mit Jahreszahlen und Erfindern die erste Lust am Weiterlesen vermiest, hier soll auf eine andere Art dieses Kapitel abgehandelt werden, das möglicherweise so Manchen auch zum Nachdenken bringt.

Der Baustoff Beton und somit auch Faserbeton ist sehr alt, es soll aber hier nicht auf die Historie des Baustoffes im Detail eingegangen werden, sondern auf ein über 2.000 Jahre altes Vorwort zu einem Fachbuch der Baukunst zurückgegriffen werden, das an Aktualität nichts verloren hat, sondern eher noch mehr in der heutigen Zeit gilt:

1.1.1 Vorwort aus Vitruv – De Architectura 27 v. Chr.

VITRUV¹ (Marcus Vitruvius Pollio)

Römischer Architekturtheoretiker des 1. Jahrhunderts vor Christi, Verfasser des auf eigenen Erfahrungen als Baumeister (Tempel in Fanum – Fano) und auf intensivem Studium griechischer Quellen beruhenden zehnbändigen Werks von Marcus Vitruvius Pollio [41].

Berühmte Sportler, die Olympia, an den Pythen, Istmien und Nemeen Siege errungen hatten, haben die Vorfahren der Griechen mit so hohen, ehrenvollen Auszeichnungen bedacht, dass sie nicht nur in der Festversammlung mit Siegespalme und Siegeskranz stehend Ruhm ernten, sondern auch, wenn sie siegreich in ihre Stadt zurückkehren, im Triumphzug auf einem Viergespann in ihre Heimatstadt und zu ihrem Vaterhaus gefahren werden und in den Genuss eines von der Bürgerschaft beschlossenen lebenslangen Ehrensoldes kommen.

Wenn ich dies also bedachte, muss ich mich wundern, warum die gleichen ehrenvollen Auszeichnungen und sogar noch größere nicht auch den Schriftstellern zuteil geworden sind, die aller Welt für alle Ewigkeit unendliche, gute Dienste leisteten. Es wäre nämlich würdiger gewesen, diese Einrichtung zu treffen, weil die Sportler durch Training ihre eigenen Körper stählen, die Schriftsteller aber nicht nur ihren eigenen Geist, sondern das allgemeine Geistesleben bereichern, da sie durch ihre Bücher Lehren bereithalten, damit man durch sie Kenntnisse erwirbt und den Geist schärft.

*Was nützen nämlich **Milon aus Kreton**, weil er unbesiegbar geblieben ist, oder die übrigen, die auf demselben Gebiet Sieger waren, den Menschen? Nur zu ihren Lebzeiten genossen sie unter ihren eigenen Mitbürgern Wertschätzung. Die auf das tägliche Leben bezüglichen Lehren des **Pythagoras** aber auch des **Demokrit**, des **Platon**, des **Aristoteles** und der übrigen Philosophen, die mit unermüdlichem Fleiß gepflegt, bringen nicht nur ihren Mitbürgern, sondern auch der ganzen Menschheit frische und lieblich duftende Früchte hervor. Diejenigen, die sich von frühester Jugend an aus diesen Schriften mit einem Übermaß gelehrten Wissens erfüllen, haben die besten, klugen Gedanken und werden in ihren Gemeinden zu den Schöpfern menschlich-sittlichen Verhaltens, der Rechtsgleichheit, der Gesetze, ohne die kein Staat sicher bestehen kann. Da also von den weisen Schriftstellern den Menschen sowohl im privaten wie im öffentlichen Leben so bedeutungsvolle Gaben geschenkt sind, muss man ihnen nach meiner Meinung nicht nur Palmen und Kränze verleihen, es müssten ihnen sogar Triumphe beschlossen werden, und sie müssten für würdig befunden werden, dass man ihnen einen Platz unter den Göttern anweise.*

¹Vitruv. Zehn Bücher über Architektur. Übersetzt und mit Anmerkungen versehen von Dr. Curt Fensterbusch. Primus Verlag, Darmstadt

Wie sich die Zeiten doch nicht ändern! Nehmen wir heute jeden beliebigen Supersportler wie **Michael Schumacher** (Autorennfahrer) oder **Hermann Maier** (Schifahrer) oder auch **Tiger Woods** (Golfspieler) her und vergleichen diese mit **Mitterhofer** oder auch **Madersperger** – was, Sie kennen diese Herren nicht?

Mitterhofer (1822–1893): Erfinder der Schreibmaschine; starb verarmt – was würden wir heute ohne Schreibmaschine als Vorgänger der heutigen Computer machen?

Madersperger (1786–1850); Erfinder der Nähmaschine; starb verarmt – was wären unsere Kleider ohne Nähmaschine?

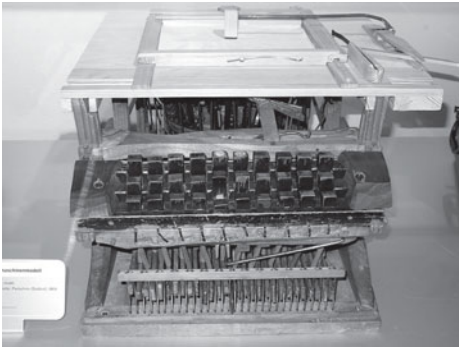


Abbildung 1.1: Schreibmaschine von Mitterhofer 1864 (Techn. Museum Wien)



Abbildung 1.2: Nähhand von Madersperger 1830 (Techn. Museum Wien)

Diese Abschweifung soll etwas zum Nachdenken anregen und die Dinge in unserer raschlebigen Zeit doch etwas zurechtrücken. In der Öffentlichkeit wird nicht immer das Wesentliche erkannt. Wir sind aufgerufen, dazu ein wenig für einen Ausgleich beizutragen.

Nun aber wieder zurück zu unserem Thema:

Das Bauwesen ist seit dem ersten Bauwerk eine Fachrichtung im menschlichen Handeln, das seit jeher immer schon allwissende Pfuscher hatte, die Schäden produzierten und so sich selbst ihr Denkmal setzten. Diejenigen, die jedoch Wissen ansammelten und dieses gut einsetzten, schlossen sich zu Gemeinschaften² zusammen und gaben das Wissen innerhalb dieser weiter. Dieses

²Entstehung der Zünfte