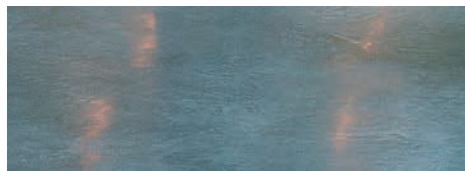


edition beton



Karsten Rendchen (Hrsg.)

Gestaltete Zementestriche



VERLAG  **BAU+TECHNIK**

Gestaltete Zementestriche

VLB-Meldung

Rendchen, Karsten (Hrsg.):

Gestaltete Zementestriche

Planung, Ausschreibung und Ausführung

Erbertz, Peter / Flick, Manfred / Funke, Andreas /

Heeß, Stefan / Keysers, Ludger / Sommerfeld, Marion

Erkrath: Verlag Bau+Technik GmbH, 2016

ISBN 978-3-7640-0517-7

© by Verlag Bau+Technik GmbH, Düsseldorf 2016
Gesamtproduktion: Verlag Bau+Technik GmbH,
Steinhof 39, 40699 Erkrath
www.verlagbt.de

Druck: B.O.S.S Medien GmbH, 47561 Goch

Gestaltete Zementestriche

Planung, Ausschreibung und Ausführung

Dr.-Ing. Karsten Rendchen (Hrsg.)

Peter Erbertz, Manfred Flick, Andreas Funke,
Stefan Heeß, Ludger Keysers, Marion Sommerfeld

Vorwort	10
1 Anforderungen an Estriche.....	13
1.1 Regelwerke	13
1.1.1 Stoffnormen und Richtlinien für Estriche: Eigenschaften, Klassifizierungen und Prüfungen	14
1.1.1.1 Bestimmung der Biegezug- und Druckfestigkeit.....	17
1.1.1.2 Bestimmung des Verschleißwiderstands.....	22
1.1.1.3 Bestimmung der Oberflächenzugfestigkeit und der Haftzugfestigkeit	24
1.1.1.4 Besondere Eigenschaften.....	28
1.1.2 Bauteilnormen/-richtlinien für Estriche, Ausführungsnormen.....	28
1.1.3 Prüfungen	31
1.1.3.1 Eingangsprüfung	31
1.1.3.2 Erstprüfung	31
1.1.3.3 Werkseigene Produktionskontrolle	32
1.1.3.4 Erhärtungsprüfung.....	32
1.1.3.5 Bestätigungsprüfung	33
1.2 Eigenschaften des Estrichs.....	34
1.2.1 Begehbarkeit.....	34
1.2.2 Formänderungen	34
1.2.2.1 Thermische Formänderungen	35
1.2.2.2 Mechanische Formänderungen.....	36
1.2.3 Ebenheit.....	38
1.2.3.1 Ebenheit des Untergrunds.....	39
1.2.3.2 Ebenheit der Oberfläche.....	39
1.2.4 Rutsicherheit/Rutschhemmung	41
1.2.5 Hochbeanspruchbare Estriche	43
2 Baustoffe zur Herstellung gestalteter Zementestriche.....	47
2.1 Ausgangsstoffe	47
2.1.1 Zement.....	47
2.1.2 Gesteinskörnung.....	49
2.1.3 Zusatzmittel	53
2.1.3.1 Verfüssiger, Plastifizierer, Fließmittel.....	53
2.1.3.2 Verzögerer.....	54
2.1.3.3 Beschleuniger.....	54
2.1.3.4 Schwindreduzierer	54
2.1.3.5 Kunststoffdispersionen.....	54

2.1.4	Zusatzstoffe	55
2.1.4.1	Gesteinsmehle	55
2.1.4.2	Pigmente	55
2.1.5	Fasern	59
2.1.6	Zugabewasser	60
2.1.7	w/z-Wert	61
2.2	Werkgemischter Estrich	61
2.2.1	Estrichmörtel als Werk trockenmörtel	62
2.2.2	Estrichmörtel als Werk frischemörtel	63
2.2.3	CE-Kennzeichnung	63
2.2.4	Qualitätssicherung	65
2.3	Baustellenestrich	66
2.4	Schnellestrich	67
2.5	Fertigteilestrich	67

3 Planungshinweise..... 69

3.1	Schwimmender Estrich	71
3.1.1	Untergrundbeschaffenheit	71
3.1.2	Dämmschicht	76
3.1.3	Lastannahme und Estrichdicke	79
3.1.4	Fugen	84
3.1.4.1	Arbeitsfugen	88
3.1.4.2	Scheinfugen	89
3.1.4.3	Bewegungsfugen	92
3.1.4.4	Randfugen	93
3.2	Heizestrich	96
3.2.1	Untergrundbeschaffenheit	99
3.2.2	Dämmschicht	99
3.2.3	Lastannahme und Estrichdicke	100
3.2.4	Fugen und Bewehrung	101
3.3	Verbundestrich	104
3.3.1	Untergrundbeschaffenheit	104
3.3.2	Haftbrücke	106
3.3.3	Lastannahme und Festigkeit	107
3.3.4	Fugen und Bewehrung	107
3.4	Estrich auf Trennschicht	108
3.4.1	Untergrundbeschaffenheit	108
3.4.2	Trennschicht	109
3.4.3	Lastannahme und Estrichdicke	110
3.4.4	Fugen	111

3.5	Hochbeanspruchbarer Estrich	111
3.5.1	Hartstoffestrich	111
3.5.2	Hartstoffeinstreuung	115
3.5.3	Untergrundbeschaffenheit	117
3.5.4	Haftbrücke	117
3.5.5	Lastannahme und Estrichdicke/Bemessung	117
3.5.6	Fugen und Bewehrung	117
4	Bauausführung	119
4.1	Baustellenorganisation.....	119
4.2	Maschinen, Geräte und Förderung	120
4.2.1	Geräte zum Mischen.....	120
4.2.2	Geräte zum Pumpen.....	121
4.2.3	Silos	123
4.2.4	Reib- und Glättgeräte	124
4.3	Mischen.....	126
4.4	Verdichten	127
4.5	Einbau von Fugen	128
4.6	Glätten.....	129
4.7	Schutz fertiggestellter Flächen (Nachfolgewerke).....	131
4.8	Nachbehandlung.....	134
4.9	Qualitätssicherung bei Baustellenestrich.....	138
5	Gestaltete Zementestriche	143
5.1	Herstellung	143
5.1.1	Beschreibung.....	143
5.1.2	Ausschreibung.....	146
5.1.3	Beratung	151
5.1.4	Ausführung.....	153
5.1.4.1	Vorbereitung	153
5.1.4.2	Herstellung	154
5.1.4.3	Besonderheiten	156
5.1.4.4	Hinweise für Nachfolgewerke.....	158
5.1.5	Fugen.....	160
5.1.6	Versiegelung/Beschichtung	160
5.2	Gestaltungsvarianten	164
5.2.1	Sichtestrich	164
5.2.1.1	Sichtestrich natur	164
5.2.1.2	Sichtestrich pigmentiert.....	167

5.2.2	Gebeizter Estrich	169
5.2.3	Lasierter Estrich	172
5.2.4	Estrich in Schleiertechnik.....	172
5.2.5	Estrich in Stempeltechnik	173
5.2.6	Bemalter Estrich	176
5.2.7	Zementäre Spachtelmassen	179
5.3	Systeme für die Oberflächenbearbeitung	181
5.3.1	Terrazzo-ähnlicher Oberflächenschliff.....	181
5.3.2	Reinigungsschliff.....	184
5.3.3	Oberflächenvergütung	186
5.4	Maschinen, Geräte und Verfahren zur Herstellung gestalteter Zementestriche	186
6	Terrazzo	193
6.1	Ursprung und Entwicklung.....	194
6.2	Besonderheiten von Terrazzoböden	195
6.3	Projektbeispiel.....	199
7	Oberflächenbehandlung	203
7.1	Imprägnierung.....	205
7.1.1	Hydrophobierung.....	208
7.1.2	Oleophobierung	209
7.2	Versiegelung.....	210
7.3	Beschichtung	212
7.4	Ölen und Wachsen	214
7.5	Oberflächenvergütung/Verkieselung	215
8	Abnahme	219
9	Pflege, Instandhaltung und Instandsetzung	225
9.1	Reinigung, Pflege und Instandhaltung	226
9.2	Instandsetzung.....	229
10	Literatur.....	231
10.1	Normen	231
10.2	Einzelveröffentlichungen	233

11 Stichwortverzeichnis.....	237
Anhang Ausschreibung	241
1 Üblicher Zementestrich	241
1.1 Zementestrich als Verbundestrich.....	241
1.2 Zementestrich als Estrich auf Trennschicht	242
2 Hochbeanspruchbarer Estrich	242
3 Gestalteter Zementestrich.....	244
 Bildnachweis	 247

Vorwort

Die Entwicklung der letzten Jahre zeigt, dass farblich gestaltete und geschliffene Estrichböden im Wohnungs- und Gewerbebau zunehmend Interesse und Anklang finden. Besonders im gehobenen Wohnungsbau sowie für repräsentative Räume im Industriebau, bei Unternehmen oder öffentlichen Kultureinrichtungen fällt immer häufiger die Entscheidung für einen Unikatboden in Form eines gestalteten zementgebundenen Estrichs.

Bislang wurde zementgebundener Estrich in der landläufigen Vorstellung jedoch häufig mit „grau“ gleichgesetzt und entweder im Wohnungs- und Gewerbebau unter Bodenbelägen wie Fliesen oder Teppichböden verlegt oder aber im Industriebau als unmittelbar genutztes Bauteil mit erhöhtem Abriebwiderstand eingebaut.

Wie dieses Buch deutlich zeigt, steckt in zementgebundenem Estrich sehr viel mehr! Obwohl eine unbearbeitete Estrichoberfläche lediglich die graue Zementsteinmatrix zeigt, „versteckt“ sich darunter – je nach den verwendeten Gesteinskörnungen – eine Farbigkeit, die nach entsprechender Behandlung der Estrichoberfläche eine faszinierende Wirkung entfalten kann und die alles Grau vergessen lässt. Mit entsprechend ausgewählten Ausgangsstoffen und dem erforderlichen Know-how hinsichtlich Herstellung und Oberflächenbehandlung können leuchtende Estrichflächen mit einzigartigen farblichen Gestaltungen geschaffen werden – Unikate im Fußbodenbau!

Die Planung und der Einbau eines derartigen, des Öfteren auch „Designestrich“ genannten Bodens stellt eine besonders anspruchsvolle Aufgabe dar, die vom Planer und vom Ausführenden deutlich mehr Kenntnisse erfordert als der Einbau eines herkömmlichen Estrichs.

Daher richtet sich das vorliegende Buch sowohl an Estrichhersteller und Estrichleger als auch an Architekten, die immer häufiger solche hochwertigen Unikatböden in ihren Objekten verwenden. In diesem Buch haben Estrichhersteller und – wenn es dieses Berufsbild gäbe – „Estricharchitekten“ gemeinsam ihre Kenntnisse und Erfahrungen aus jahrzehntelanger Praxis eingebracht. Das Ergebnis ist ein Werk, das sowohl Planer als auch Bauherren umfassend über die vielfältigen Herstell- und Einsatzmöglichkeiten von gestalteten Zementestrichen informiert. Gleichzeitig sollen die anfänglichen Kapitel über die Ausgangsstoffe und die Herstellung von gestalteten zementgebundenen Estrichen den fachgerechten Einbau durch erfahrene Estrichhersteller sicherstellen, damit auch langfristig keine Schäden entstehen. Denn unsachgemäße Herstellung führt selbst bei den besten Ausgangsstoffen zu Rissen, Aufschüsselungen und Ab- und Ausbrüchen in der Estrichfläche – ganz nach dem griechischen Wortursprung von Estrich: ὄστρακον (ostrakon), was so viel heißt wie „Scherben“ oder „irdene Teilchen“! In diesem Sinne stellt das Buch eine wichtige Hilfe bei der Planung, Herstellung und Ausbildung gestalteter zementgebundener Estrichflächen im Wohnungs-, Gewerbe- und Industriebau dar.

Ich danke den Autoren für die gute und kollegiale Zusammenarbeit und dafür, dass sie ihr Wissen sowie ihre Erfahrungen zur Verfügung gestellt haben. Ich danke für ihre Geduld, mit der sie immer wieder alle Nachfragen detailliert beantwortet und erläutert haben und so, mit den zahlreichen Bildern aus der Praxis, zum Gelingen dieses Buchs beigetragen haben. In diesem Sinne danke ich auch dem Verlag Bau+Technik, auf dessen fachliche Beratung ich bei der Erstellung des Buchs zurückgreifen konnte. Insbesondere gilt mein Dank Frau Andrea Koenen, die mit großem Engagement die Erstellung des Buchs vorangetrieben, die einzelnen Textabschnitte koordiniert und Lücken und Widersprüche aufgedeckt hat. Bedanken möchte ich mich auch bei Frau Ute de Oliveira Ferreira, die das Layout so ansprechend gestaltet und die einzelnen Aufnahmen gekonnt in Szene gesetzt hat.

Willich, im Januar 2016

A handwritten signature in blue ink, reading "Karsten Reuhschen". The signature is written in a cursive, flowing style.



1 Anforderungen an Estriche

Estriche sind Mörtelschichten, die als Fußboden auf einem tragfähigen Untergrund oder auf zwischenliegenden Trenn- oder Dämmschichten aufgebracht werden. Sie sind nach ausreichendem Erhärten unmittelbar nutzfähig oder können einen Belag erhalten.

Wird der Mörtel mit Zement hergestellt, entsteht ein Zementestrich. Zementestriche zeichnen sich durch ihre hohe Festigkeit, einen sehr großen Verschleißwiderstand und gute Griffigkeit aus. Sie widerstehen sowohl hohen als auch tiefen Temperaturen und sind unempfindlich gegen Feuchtigkeit. Zementestriche können im Wohnungs-, Verwaltungs- und Industriebau eingesetzt werden. Sie werden ohne zusätzlichen Belag z. B. in Kellerräumen, Garagen, Werkhallen und – bei entsprechender Ausführung – zunehmend auch in Wohn-, Verkaufs- und Gewerberäumen zur besonderen Gestaltung verwendet [1].

1.1 Regelwerke

Estriche und Estrichkonstruktionen werden in Deutschland sowohl durch europäische Regelwerke als auch durch die deutsche Normenreihe DIN 18560 beschrieben. Die europäischen Regelwerke werden als „DIN EN“ in Deutschland eingeführt und besitzen damit den Status einer nationalen Norm.

Als wesentliche europäische Regelwerke sind hierbei die DIN EN 13318 „Estrichmörtel und Estriche – Begriffe“ und die DIN EN 13813 „Estrichmörtel und Estrichmassen – Eigenschaften und Anforderungen“ zu nennen. DIN EN 13318 ist eine Zusammenstellung von rund einhundert Begriffen und Definitionen zu Baustoffen, Bauarten, Eigenschaften, Oberflächenbearbeitung und Konstruktionsdetails verschiedener Estrichsysteme. Synoptisch werden diese Begriffe in englischer, deutscher und französischer Sprache erläutert. DIN EN 13813 behandelt Anforderungen an die Eigenschaften eines Estrichmörtels. Diese Anforderungen betreffen sowohl die Eigenschaften des noch frischen, nicht erhärteten Mörtels (z. B. Konsistenz, Verarbeitungszeit, pH-Wert) als auch die Eigenschaften des erhärteten Estrichmörtels (z. B. Druckfestigkeit, Biegezugfestigkeit usw.). Der Anwendungsbereich der DIN EN 13813 beschränkt sich auf Estrichmörtel für Fußbodenkonstruktionen in Innenräumen.

DIN EN 13813 ist eine reine Stoffnorm und beinhaltet keine Regelungen zur Ausführung von Estrichsystemen. Sehr wohl werden hier aber neben den stofflichen Eigenschaften auch Konformitätskriterien und Beurteilungsverfahren angesprochen. DIN EN 13813 wird im Abschnitt 1.1.1 näher erläutert.

Die Normenreihe DIN 18560 ergänzt die vorgenannten DIN EN-Normen. Es sind nationale Ergänzungen, in denen Anwendungsregeln und Anforderungen für die Planung und Ausführung von Estrichen beschrieben werden. In DIN 18560-1 „Estriche im Bau-

Tafel 1.1: Relevante Stoff- und Ausführungsnormen für Estriche (Stand: November 2015)

Norm	Titel	Inhalt
DIN EN 13318	Estrichmörtel und Estriche – Begriffe (12/2000)	Begriffe
DIN EN 13813	Estrichmörtel und Estrichmassen – Eigenschaften und Anforderungen (01/2003)	reine Stoffnorm, keine Regelung der Ausführung
DIN 18560	Estriche im Bauwesen Teil 1: Allgemeine Anforderungen, Prüfung und Ausführung (11/2015) Teil 2: Estriche und Heizestrich auf Dämmschichten (Schwimmende Estriche) (09/2009) – mit Berichtigung 1 (05/2012) Teil 3: Verbundestrich (03/2006) Teil 4: Estriche auf Trennschicht (06/2012) Teil 7: Hochbeanspruchbare Estriche (Industriestrich) (04/2004)	Nationale Anwendungsregeln: Anforderungen, Dimensionierung, Ausführungen, Prüfumfang

wesen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen, Prüfung und Ausführung“ werden auch die erforderlichen Prüfungen im Rahmen der Produktionskontrolle bzw. Konformitätsbewertung, die grundlegend in der DIN EN 13813 beschrieben werden, präzisiert. Im Abschnitt 1.1.2 wird die Normenreihe DIN 18560 eingehender behandelt.

Eine Zusammenstellung wesentlicher Normen zeigt Tafel 1.1.

1.1.1 Stoffnormen und Richtlinien für Estriche: Eigenschaften, Klassifizierungen und Prüfungen

Die DIN EN 13813 „Estrichmörtel und Estrichmassen – Eigenschaften und Anforderungen“ legt Leistungskennwerte fest, die die Eigenschaften von Estrichmörteln beschreiben. Dabei ist es zunächst unerheblich, ob der Estrich bzw. Estrichmörtel als Baustellenestrich oder als Werkmörtel (Werkfrischmörtel oder Werk trockenmörtel) geliefert bzw. eingebaut wird. Die in DIN EN 13813 beschriebenen Eigenschaften beziehen sich grundsätzlich auf beide Varianten der Estrichherstellung.

In Abhängigkeit vom verwendeten Bindemittel werden folgende Estricharten unterschieden:

- Zementestrich (CT),
- Calciumsulfatestrich (CA),
- Magnesiaestrich (MA),
- Gussasphaltestrich (AS) und
- Kunstharzestrich (SR).

(Die Angaben in Klammern geben das jeweilige Kurzzeichen an, welches sich aus dem englischsprachigen Begriff ableitet.)

Tafel 1.2: Eigenschaften (Leistungskennwerte) von Estrichmörteln – Auswahl

Eigenschaft		Kurzzeichen
Druckfestigkeit	C ompressive strength	C
Biegezugfestigkeit	F lexural strength	F
Verschleißwiderstand nach Böhme	A brasion (Abrieb)	A
Verschleißwiderstand nach BCA	A brasion resistance (Abriebbeständigkeit)	AR
Verschleißwiderstand gegen Rollbeanspruchung	R olling w heel a brasion	RWA
Oberflächenhärte (vorwiegend bei MA)	S urface h ardness	SH
Haftzugfestigkeit (nicht bei AS)	B ond strength	B
Schlagfestigkeit (bei SR, CT)	I mpact resistance (In-situ crushing resistance)	IR

Die in DIN EN 13813 aufgeführten Anforderungen und Klassifizierungen (*Leistungskennwerte*) beschreiben sowohl Eigenschaften des noch frischen Estrichmörtels als auch die des erhärteten Estrichmörtels. Sie stellen auch die Grundlage für die Bewertung der Konformität mit dieser Norm dar. Eine Auswahl der für Zementestriche (CT) wesentlichen Eigenschaften ist in Tafel 1.2 zusammengestellt.

Weitere Eigenschaften, die von größerer Relevanz sein können, sind

- Verarbeitungszeit,
- Schwinden und Schüsseln,
- Konsistenz oder
- Biegezugelastizitätsmodul.

Für jedes Estrichsystem ist festgelegt, welche der in DIN EN 13813 beschriebenen Eigenschaften benannt und geprüft werden müssen. In Tabelle 1 aus DIN EN 13813 (vgl. Tafel 1.3) findet sich eine Zuordnung dieser Eigenschaften zu Estrichsystemen, die angibt, ob die Eigenschaften notwendigerweise deklariert werden müssen (N, normativ), benannt werden können (O, optional) oder gar nicht für das entsprechende Estrichsystem zutreffen (-). Die für zementgebundene Estriche „normativen“ Eigenschaften sind in der Tabelle gekennzeichnet.

Im Folgenden werden einige Eigenschaften erläutert, die für zementgebundene Estrichkonstruktionen von Bedeutung sein können (normativ oder optional). Entsprechende Klassen werden vorgestellt und zugehörige Prüfungen beschrieben. Zur Prüfung der Estriche gibt es die Normenreihe DIN EN 13892 „Prüfverfahren für Estriche und Estrichmassen“ die in acht Normteilen auf die verschiedenen Prüfverfahren der Eigenschaften eingeht (Tafel 1.4).

Tafel 1.3: Estrichmörtel und Prüfungen für alle Estrichmörtelarten (Tabelle 1 aus DIN EN 13813)

Estrichmörtel auf der Basis von:	Druckfestigkeit	Biegezugfestigkeit	Verschleißwiderstand nach Böhme	Verschleißwiderstand nach BCA	Verschleißwiderstand gegen Rollbeanspruchung	Oberflächenhärte	Eindringtiefe	Widerstand gegen Rollbeanspruchung von Estrichen mit Bodenbelägen	Verarbeitungszeit	Schwinden und Quellen	Konsistenz	pH-Wert	Elastizitätsmodul	Schlagfestigkeit	Haftzugfestigkeit
Zement	N	N	N ^a (eine von drei)			O	–	O	O	O	O	O	O	O ^a	O
Calciumsulfat	N	N	O	O	O	O	–	O	O	O	O	N	O	–	O
Magnesit	N	N	O	O	O	N ^a	–	O	–	O	O	O	O	–	O
Gussasphalt	–	–	O	O	O	–	N	O	–	–	–	–	–	–	–
Kunstharz	O	O	–	N ^a (eine von zwei)		O	–	O	–	O	O	–	O	N ^a	N

N: Normativ, O: Optional, wenn zutreffend, –: nicht zutreffend,

a: nur für Estrichmörtel, die für Nutzflächen vorgesehen sind

Tafel 1.4: Prüfverfahren für Estrichmörtel und Estrichmassen – DIN EN 13892 in acht Teilen

Norm	Titel
DIN EN 13892	Prüfverfahren für Estrichmörtel und Estrichmassen
Teil 1 (02/2003)	Probenahme, Herstellung und Lagerung der Prüfkörper
Teil 2 (02/2003)	Bestimmung der Biegezug- und Druckfestigkeit
Teil 3 (03/2015)	Bestimmung des Verschleißwiderstands nach Böhme
Teil 4 (02/2003)	Bestimmung des Verschleißwiderstands nach BCA
Teil 5 (09/2003)	Bestimmung des Widerstands gegen Rollbeanspruchung von Estrichen für Nutzschichten
Teil 6 (02/2003)	Bestimmung der Oberflächenhärte
Teil 7 (09/2003)	Bestimmung des Widerstands gegen Rollbeanspruchung von Estrichen mit Bodenbelägen
Teil 8 (02/2003)	Bestimmung der Haftzugfestigkeit

1.1.1.1 Bestimmung der Biegezug- und Druckfestigkeit

a) Herstellung und Lagerung der Probekörper

Die Probekörper (Prismen 160 mm x 40 mm x 40 mm) werden gemäß DIN EN 13892-1 „Prüfverfahren für Estrichmörtel und Estrichmassen – Probenahme, Herstellung und Lagerung der Prüfkörper“ hergestellt. Hierzu werden repräsentative Proben von Estrichmörteln entnommen, wobei die Mindestmenge der Probe 5.000 g entsprechen soll. Der Prüfkörper sollte unmittelbar nach Entnahme der Probe hergestellt werden. Hierfür werden im Allgemeinen Formen aus Stahl oder einem ausreichend starren Material verwendet, das nicht mit dem Estrichmörtel reagieren kann. Anforderungen an die Maßgenauigkeit der Formen (Bild 1.1) sind in DIN EN 13892-1 geregelt. (Aluminiumformen scheiden wegen der möglichen Reaktion des Aluminiums mit dem Calciumhydroxid des Zementestrichmörtels aus.) Die Formen können für die Herstellung einzelner oder mehrerer – meist drei – Probekörper geeignet sein. Sie müssen zuvor gereinigt und mit Trennmittel versehen werden. Zur Bestimmung der Biegezugfestigkeit sind drei und zur Bestimmung der Druckfestigkeit sechs Prüfkörper (sechs Bruchhälften aus drei Prismen) erforderlich. Bei steifem bis plastischem Estrichmörtel ist die Prismenform in zwei etwa gleich dicken Schichten zu befüllen. Jede Schicht wird vollständig verdichtet. Überschüssiger Mörtel wird nach Befüllen der Formen abgezogen (Bild 1.2), anschließend wird der Rand der Form mit Putzwolle gereinigt (Bild 1.3). Durch das Auflegen einer Glasplatte (Bild 1.4) wird verhindert, dass der Mörtel zu schnell austrocknet. Bei Fließestrichmörtel darf das Befüllen der Formen in einer Schicht erfolgen.

Probekörper aus Zementestrichen sind bis zur Prüfung bei $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ zu lagern. Unmittelbar nach der Herstellung werden die Prismen 2 Tage in der Form in einer Klimakammer (Bild 1.5) feucht gelagert, danach entschalt und weitere 5 Tage unter Wasser oder bei $95\text{ \%} \pm 5\text{ \%}$ rel. Feuchte gelagert (Bild 1.6). Ab dem 8. Tag (bis zur Prüfung im Alter von 28 Tagen) beträgt die rel. Feuchte $65\text{ \%} \pm 5\text{ \%}$.

b) Bestimmung der Biegezugfestigkeit

Bei Estrichen auf Dämmschicht und Estrichen auf Trennschicht ist die Biegezugfestigkeit die zur Bemessung des Estrichs wesentliche mechanische Größe. Zur Festlegung der Biegezugfestigkeit gibt es die in der DIN EN 13813 genannten 13 Biegezugfestigkeitsklassen¹⁾ (siehe Tafel 1.5). Die dort zur Auswahl stehenden Klassen sind nicht alle für zementgebundene Estrichkonstruktionen sinnvoll bzw. von ihnen erreichbar. Übliche Biegezugfestigkeiten von schwimmend verlegten Estrichen oder Estrichen auf Trennschicht, die im Wohnungs- und Verwaltungsbau verwendet werden, liegen bei F4 und F5, im Industrie- und Verwaltungsbau ggf. zwischen F5 und F7. Biegezugfestigkeiten von Zementestrichen, die nicht in der Tafel aufgeführt sind, müssen gesondert nachgewiesen werden, z. B. mit einer statischen Dimensionierung durch einen Fachingenieur.

¹⁾ Die Biegezugfestigkeit ist in ihrer Benennung bzw. Klasseneinteilung nicht mehr, wie vor 2004, an die Bezeichnung der Druckfestigkeit gekoppelt.

Foto: VDZ



Bild 1.1: Stahlform für die Herstellung von drei Prüfkörpern

Foto: VDZ



Bild 1.2: Überschüssiger Mörtel wird nach dem Befüllen der Form abgezogen.

Foto: VDZ



Bild 1.3: Der Rand der Form wird mit Putzwolle gereinigt.

Foto: VDZ



Bild 1.4: Durch Auflegen einer Glasplatte wird der Mörtel vor dem Austrocknen geschützt.

Foto: VDZ



Bild 1.5: Anschließend wird die Stahlform für zwei Tage in die Klimakammer gelagert.

Foto: Dyckerhoff



Bild 1.6: Normgemäße Lagerung der entschlackten Probekörper im Wasserbad (3. bis 7. Tag)

Tafel 1.5: Biegezugfestigkeitsklassen für Estrichmörtel nach DIN EN 13813

Klasse	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F10	F15	F20	F30	F40	F50
Biegezugfestigkeit (nach 28 Tagen) [N/mm ²]	1	2	3	4	5	6	7	10	15	20	30	40	50

Neben der Biegezugfestigkeit ist zur Aufnahme entsprechender Einzel- und Flächenlasten auch die Estrichdicke von entscheidender Bedeutung. Hochbeanspruchbare Estriche im Industriebau – in der Regel dünne Estrichsysteme mit Hartstoffen, welche als Verbundestrich ausgeführt werden – können Biegezugfestigkeiten im Bereich von F9 und F11 erreichen (Benennung der Klassen F9 und F11 nach DIN 18560-7). Für untergeordnete Zwecke oder zum Höhenausgleich kann auch die Biegezugfestigkeitsklasse F3 ausreichend sein. Bei Verbundestrichen, für die die Biegezugfestigkeit nicht die maßgebende Größe ist, genügt in aller Regel die Biegezugfestigkeitsklasse F3 (bei Verbundestrichen mit Belag) oder F4 (Verbundestrich ohne Belag).

Die Biegezugfestigkeit wird nach DIN EN 13892-2 „Prüfverfahren für Estrichmörtel und Estrichmassen – Bestimmung der Biegezug- und Druckfestigkeit“ bestimmt. Die Herstellung und Lagerung der Prismen erfolgt wie zuvor beschrieben.

Die Biegezugfestigkeit wird aus der Last bestimmt, die erforderlich ist, um einen Bruch des Prüfkörpers bei Durchbiegung in Feldmitte zu verursachen. Die Prüfkörperauflager bilden zwei 10 mm dicke Auflagerrollen aus Stahl ($\pm 0,5$ mm) im Abstand von $100,0 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ voneinander. Eine dritte, gleich dicke Stahlrolle, ist mittig zwischen den Auflagerrollen oberhalb des Prüfkörpers angeordnet und wird zur Lasteinleitung genutzt (Bild 1.7). Die drei Rollen müssen parallel zueinander liegen. Eine Auflagerrolle und die



Bild 1.7: Prüfeinrichtung zur Bestimmung der Biegezugfestigkeit

Lastrolle müssen beweglich sein, um eine gleichförmige Lasteintragung über die gesamte Prismenbreite zu gewährleisten, ohne dass es zu Torsionsspannungen kommt.

Zur Bestimmung der Biegezugfestigkeit werden drei Prismen in den Abmessungen 40 mm x 40 mm x 160 mm geprüft. Prüfzeitpunkt ist 28 Tage nach Herstellung der Probekörper und unmittelbar nach der Entnahme aus dem Lagerungsklima. Die Seitenflächen der Prismen und die Auflagerflächen der Prüfeinrichtung sind von Sand und Schmutz zu befreien. Die Breite (b) und die Höhe (d) des Probekörpers werden in der Mitte des Prismas nachgemessen. Bei der Prüfung liegen die seitlichen Schallflächen oben und unten, so dass die Höhe (d) der Abstand zwischen den Schallflächen ist. Zusätzlich wird das Gewicht des Prismas bestimmt, um auch die Dichte ermitteln zu können.

Die Prüflast ist stoßfrei und gleichmäßig über die Lastrolle einzutragen. Sie ist mit einer Belastungsgeschwindigkeit von 50 N/s $\pm$ 10 N/s bis zum Bruch zu erhöhen. Aus der Bruchlast F_f [N] kann mit folgender Gleichung die Biegezugfestigkeit R_f [N/mm²] berechnet werden:

$$R_f = (1,5 F_f \cdot l) / (b \cdot d^2) \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Dabei ist die Länge l der Abstand zwischen den Achsen der Auflagerrollen (100 mm).

Die Biegezugfestigkeit ist für Einzelergebnisse auf 0,05 N/mm² und für den Mittelwert aus drei Prüfkörpern auf 0,1 N/mm² genau anzugeben.

Die beiden gebrochenen Prismenhälften werden später zur Bestimmung der Druckfestigkeit herangezogen.

Für die Konformitätsbewertung nach DIN EN 13813 gelten sinngemäß die gleichen Bewertungsverfahren, wie nachfolgend für die Druckfestigkeit beschrieben. Ob die angestrebte Biegezugfestigkeitsklasse die geforderte Klasse nach Tafel 1.5 erreicht, kann wiederum auf der Grundlage einer kontinuierlichen, statistischen Analyse oder der Beurteilung von Einzelergebnissen erfolgen. Bei der Beurteilung auf der Grundlage von Einzelergebnissen müssen hier die Prüfergebnisse als Mittelwert aus drei Proben den Wert der jeweiligen Klasse erreichen.

Für die Bestätigungsprüfung an Proben, die dem Bauteil auf der Baustelle entnommen wurden, gelten andere Anforderungen. Diese ergeben sich aus der Normenreihe DIN 18560.

c) Bestimmung der Druckfestigkeit

Die Druckfestigkeit ist neben der Biegezugfestigkeit eine weitere wesentliche Eigenschaft eines Estrichs bzw. Estrichmörtels. Im Besonderen ist bei Estrich im Verbund die Druckfestigkeit die eigentliche Zielgröße.

Tafel 1.6: Druckfestigkeitsklassen für Estrichmörtel nach DIN EN 13813

Klasse	C5	C7	C12	C16	C20	C25	C30	C35	C40	C50	C60	C70	C80
Druckfestigkeit (nach 28 Tagen) [N/mm ²]	5	7	12	16	20	25	30	35	40	50	60	70	80

Zur Festlegung der Druckfestigkeit gibt es die in der DIN EN 13813 genannten 13 Druckfestigkeitsklassen (siehe Tafel 1.6). Übliche Festigkeiten im Wohnungsbau liegen im Bereich C20 bis C35, im Industrie- und Verwaltungsbau etwa bei C30 bis C50. Hochbeanspruchbare Estriche (Industriestriche) mit Hartstoffen erfordern mindestens einen C40 und können eine Druckfestigkeit in der Regel bis zu C70 erreichen. Festigkeitsklassen unter C20 dürfen für genutzte Estriche nicht verwendet werden.

Die Druckfestigkeit wird nach DIN EN 13892-2 bestimmt.

Die bei der Bestimmung der Biegezugfestigkeit gewonnenen sechs Prismenhälften werden mit einer gleichmäßig verteilten Drucklast geprüft, die auf die jeweiligen Prismenhälften aufgebracht wird. Die Druckfestigkeit wird aus der Last bestimmt, die zum Versagen führt. Die beiden Teile des gebrochenen Prismas sind naturgemäß nicht exakt identisch lang. Dies spielt aber insofern keine Rolle, da die obere und untere Platte des Prüfgeräts, über die die Drucklast aufgebracht wird, mit $40,0 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ Länge und Breite eine über die Drucklast definierbare Spannung in den Probekörper einleiten (Bild 1.8). Die Platten haben eine Dicke von 10 mm. Die obere Platte des Prüfgeräts muss beweglich sein, so dass sie sich bei Berührung mit dem Prüfkörper flächengleich anlegen kann.



Foto: VDZ

Bild 1.8: Prüfeinrichtung zur Bestimmung der Druckfestigkeit.

Die Druckfestigkeit an den sechs Prüfkörpern ist am gleichen Tag zu prüfen wie die Biegezugfestigkeit. Die Schalseiten der Prismenhälften sind von losem Sand und groben Teilchen zu befreien. Auch die Auflagerplatten sind mit einem sauberen Tuch abzuwischen. Der Prüfkörper ist so in die Prüfeinrichtung zu legen, dass die beiden geschalteten Seiten auf den die Last einleitenden Platten liegen. Auf keinen Fall darf die Einfüllseite des Prismas belastet werden.

Das Prisma ist in der Prüfeinrichtung so anzuordnen, dass das geschaltete Endstück der Probenhälfte 16 mm über die Auflagerplatten hinausragt. Das so verbleibende Prismenstück muss zwischen Ober- und Unterseite der Auflagerplatten einem massiven Würfel gleichen. Ist dies – z. B. aufgrund unglücklicher Bruchbildung beim Biegezugversuch – nicht möglich, so ist der Probekörper zu verwerfen. Die Prüflast ist stoßfrei und gleichmäßig aufzubringen und mit einer Belastungsgeschwindigkeit von 2.400 N/s $\pm$ 200 N/s bis zum Bruch zu erhöhen.

Aus der Höchstlast F_c [N] ermittelt sich über die konstante Prüffläche $A = 40 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$ die Druckfestigkeit R_c [N/mm²].

$$R_c = F_c / A \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Die Druckfestigkeit ist für Einzelergebnisse auf 0,05 N/mm² genau und für die mittlere Festigkeit von sechs Probekörpern auf 0,1 N/mm² genau anzugeben.

Im Rahmen der Konformitätsbewertung nach DIN EN 13813 gibt es zwei Verfahren zur Beurteilung, ob die geforderte Klasse nach Tabelle 2 (Tafel 1.6) erreicht wird. Ein Verfahren ist der statistische Nachweis auf der Grundlage einer kontinuierlichen Analyse. Dabei sind, je nach Anzahl der Prüfergebnisse, auch einzelne Unterschreitungen der geforderten Festigkeiten an den untersuchten Prismen im Labor um bis zu maximal 5 % (5-%-Fraktile) und einzelne Überschreitungen bis zu 10 % (90-%-Fraktile) möglich. Näheres regelt der Abschnitt 9.2 (Konformitätskriterien) der DIN EN 13813. Das zweite Verfahren beruht auf dem Nachweis auf der Grundlage der Beurteilung von Einzelergebnissen. Bei dieser Beurteilung müssen alle Prüfergebnisse (Mittelwerte aus sechs Prüfkörpern) den Wert der jeweiligen Klasse erreichen.

Diese Beurteilungskriterien gelten für die unter den beschriebenen Laborbedingungen hergestellten, gelagerten und geprüften Proben. Im Rahmen von Bestätigungsprüfungen auf der Baustelle gelten für die dem Bauteil entnommenen Proben in der Regel geringere Anforderungen, die sich wiederum aus der Normenreihe DIN 18560 ergeben.

1.1.1.2 Bestimmung des Verschleißwiderstands

Die Bestimmung des Verschleißwiderstands von Zementestrichen sowie die Anforderungen und Beurteilungskriterien sind in DIN EN 13813 genormt. Der Verschleißwiderstand kann mit folgenden drei Verfahren geprüft werden:

- Verschleißwiderstand nach Böhme:
In Deutschland überwiegend angewandtes Verfahren zur Messung des Volumenverlusts eines Prüfkörpers durch schleifende Beanspruchung; Beschreibung des Verfahrens in DIN EN 13892-3
- Verschleißwiderstand nach BCA:
Englisches Verfahren zur Messung der Verschleißtiefe durch rollende Beanspruchung; Beschreibung des Verfahrens in DIN EN 13892-4
- Verschleißwiderstand gegen Rollbeanspruchung:
Skandinavisches Verfahren zur Messung der Abriebmenge durch ein hoch belastendes rollendes Stahlrad; Beschreibung des Verfahrens in DIN EN 13892-5

Die Ergebnisse der einzelnen Prüfverfahren sind nicht miteinander korrelierbar.

Bei der Bestimmung des Verschleißwiderstands mit der Böhmescheibe werden gesondert hergestellte quadratische Probekörper einzeln mit einer Aufstandsfläche von 50 cm^2 auf eine Schleifbahn mit Norm-Schleifmittel (Korund, 20 g je Prüfperiode) aufgesetzt. Unter Drehung der Schleifscheibe werden die Proben mit einer Auflast von 294 N einer vorgegebenen Anzahl von Umdrehungen ausgesetzt [2].

Es sind insgesamt mindestens drei Probekörper zu prüfen. Dabei werden je Probekörper vier ggf. vorgeschliffene Seiten geprüft, je Seite mit einer Prüfperiode à 22 Umdrehungen der Böhmescheibe. Nach jeder Prüfperiode wird die Schleifscheibe gesäubert (Schleifmittel und Abrieb entfernt) und mit 20 g neuem Schleifmittel bestreut. Dieser Vorgang von vier Prüfperioden wird insgesamt viermal je Probekörper wiederholt (16 x 22 Umdrehungen). Aus den Einzelergebnissen wird anschließend der Mittelwert gebildet und ins Verhältnis zu der Ausgangsmessung gesetzt.

Der Verschleißwiderstand nach Böhme berechnet sich aus dem Volumenverlust des Prüfkörpers in $\text{cm}^3/50 \text{ cm}^2$, vgl. Tafel 1.7 und Bild 1.9. Der Volumenverlust kann entweder über Dickenmessung oder Unterwasserwägung ermittelt werden.

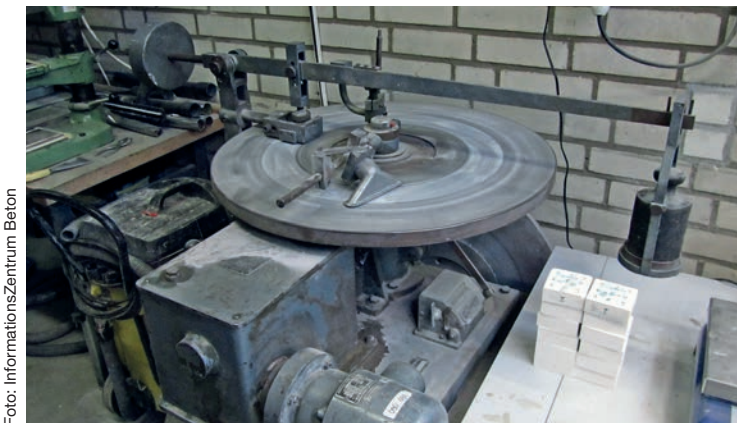


Foto: InformationsZentrum Beton

Bild 1.9: Messung des Verschleißwiderstands nach Böhme

Tafel 1.7: Verschleißwiderstandsklassen nach Böhme für Zement- und sonstige Estrichmörtel (Tabelle 4 aus DIN 13813)

Klasse	A22	A15	A12	A9	A6	A3	A1,5
Abriebmenge [cm ³ /50 cm ²]	22	15	12	9	6	3	1,5

1.1.1.3 Bestimmung der Oberflächenzugfestigkeit und der Haftzugfestigkeit (nach [3])

Allgemeines

Die Oberflächenzugfestigkeit wird i. d. R. an Beton- oder Estrichoberflächen bestimmt und stellt die Zugfestigkeit des Betons/Estrichs im oberflächennahen Bereich dar (Kohäsion).

Die Haftzugfestigkeit wird an der Oberfläche mehrschichtiger Systeme bestimmt (Adhäsion). Die Prüfung dient vornehmlich dem Eignungsnachweis von Verbundgründen, z. B. Tragbeton/Verbundestrich oder auch zwischen einer Beschichtung und dem erhärteten Estrichmörtel.

Die Prüfung der Oberflächen- und der Haftzugfestigkeit ist keine Regelprüfung, d. h., sie sollte nur in begründeten Zweifelsfällen erfolgen. Hierfür ist eine gesonderte Vereinbarung erforderlich.

Für die Messung der Oberflächen- bzw. der Haftzugfestigkeit kann das gleiche Gerät (Bild 1.10) verwendet werden.



Bild 1.10: Bestimmung der Haftzugfestigkeit

Prüfungsdurchführung

Prüfung der Oberflächenzugfestigkeit

Die Prüfung der Oberflächenzugfestigkeit erfolgt in Anlehnung an DIN EN 13892-8 „Prüfverfahren für Estrichmörtel und Estrichmassen – Prüfung der Haftzugfestigkeit“.

Zusätzlich zu den Angaben in der Norm sind folgende Punkte zu beachten:

- Bei Estrichfestigkeitsklassen $\geq C50$ sollte die Prüffläche mit einer geeigneten und in Schablonen geführten Diamantbohrkrone durch nasses oder trockenes Vorbohren oder bei quadratischen Prüfstempeln durch Einschneiden mit einer Diamantsäge angelegt werden. Bei den übrigen Festigkeitsklassen ist das Vorbohren oder Einschneiden i. d. R. nicht erforderlich.
- Für eine Prüfung sind mindestens fünf Prüfstellen erforderlich, die repräsentativ auszuwählen sind.
- Die obere (ggf. vorgebohrte) Zone des Fußbodens muss zum Prüfzeitpunkt wieder ausreichend trocken sein.
- Der Klebstoff für das Kleben der Prüfstempel darf die Oberflächenbeschaffenheit des Untergrunds nicht verändern.
- Der Klebstoff muss im Messprotokoll immer angegeben werden.

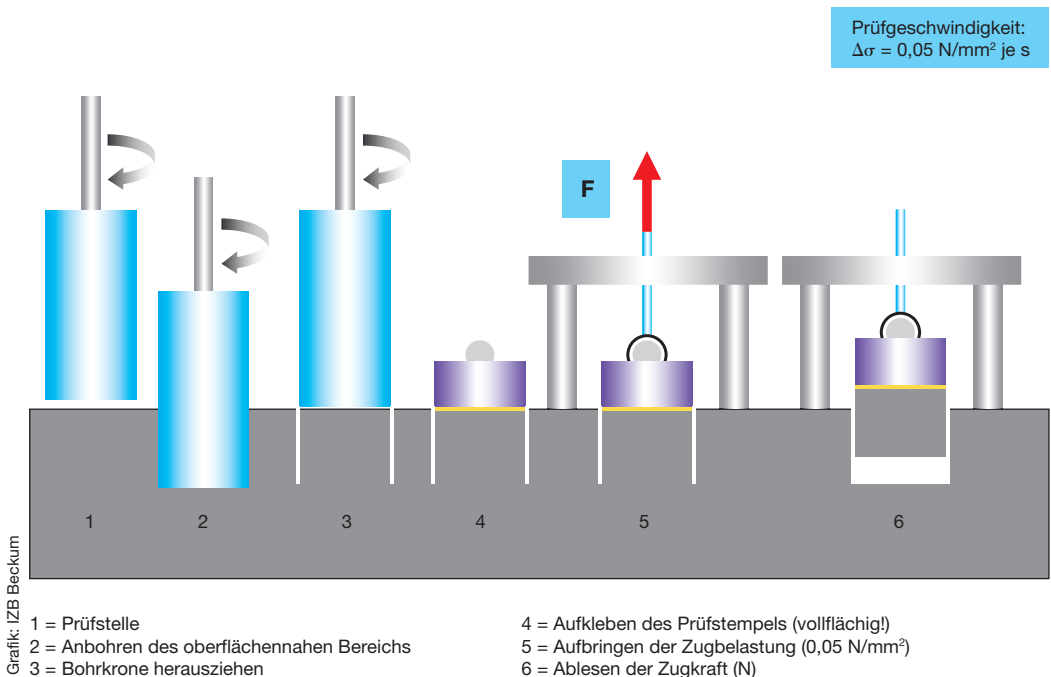


Bild 1.11: Durchführung der Haftzugfestigkeitsprüfung