

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

Wird dem Mörtel als Bindemittel Zement zugegeben, entsteht ein Zementestrich. Zementestriche zeichnen sich durch ihre hohe Festigkeit, einen sehr hohen Verschleißwiderstand und gute Griffigkeit aus. Sie vertragen sowohl hohe als auch tiefe 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 Behandlung, zunehmend auch in Wohn-, Verkaufs- und Gewerberäumen zur besonderen Gestaltung verwendet, z.B. durchgefärbt und geschliffen.

Entsprechend der Verbindung des Estrichs zum tragenden Untergrund und seiner Funktion unterscheidet man in:

- **Verbundestrich:** mit dem Tragbeton fest verbundener Estrich
- **Estrich auf Trennschicht:** Estrich, der vom tragenden Untergrund durch dünne Zwischenlagen (Trennschicht) getrennt ist
- **Estrich auf Dämmschicht:** auch „schwimmender Estrich“ genannt; auf einer Dämmschicht hergestellter Estrich, der auf seiner Unterlage beweglich ist und keine unmittelbare

Verbindung mit angrenzenden Bauteilen (z. B. mit Wänden, Stützen, Rohren) aufweist

- **Heizestrich:** beheizbarer Estrich, der in der Regel als Estrich auf Dämmschicht ausgeführt wird
- **Hartstoffestrich:** hochbeanspruchbarer Estrich mit Gesteinskörnungen aus Hartstoffen nach DIN 1100

Nach der Herstellungsart werden Estriche z. B. unterschieden in:

- **Baustellenestrich:** Estrich, der aus einem auf der Baustelle gemischten Estrichmörtel besteht
- **Werkmörtlestrich** mit Leistungserklärung, der auf die Baustelle geliefert wird als
 - Frischmörtel: Einbaufertiger Estrich
 - Trockenmörtel: Vorkonfektionierter Mörtel
- **Fließestrich:** Estrich(mörtel), der aufgrund seiner sehr weichen Konsistenz durch Zugabe eines Fließmittels selbstnivellierend und ohne nennenswertes Verteilen und Verdichten eingebaut werden kann
- **Fertigteilestrich:** Estrich, der aus industriell vorgefertigten plattenförmigen Bauteilen hergestellt wird

Für die Planung, Ausführung und Prüfung von Estrichen gelten die in Tafel 1 gelisteten Normen für Estriche in Innenräumen. Die europäischen Estrichnormen legen Begriffe fest und beschreiben Eigenschaften sowie Anforderungen an die Produkte. Auf dieser Basis regelt die DIN 18560 ihre Anwendung in Deutschland und schließt Zementestriche im Freien unter Verweis auf die Betonnormen ein. In Abhän-



Bild 1: Estricheinbau

Tafel 1: Grundlegende Normen für Estriche

DIN EN 13318	Estrichmörtel und Estriche	2000-12	Begriffe
DIN EN 13813	Estrichmörtel und Estrichmassen – Eigenschaften und Anforderungen	2003-01	Stoffnorm, keine Regelung der Ausführung
DIN EN 13892	Prüfverfahren für Estrichmörtel und Estrichmassen Teil 1: Probenahme, Herstellung und Lagerung der Prüfkörper Teil 2: Bestimmung der Biegezug- und Druckfestigkeit Teil 3: Bestimmung des Verschleißwiderstandes nach Böhme Teil 4: Bestimmung des Verschleißwiderstandes nach BCA Teil 5: Bestimmung des Widerstandes gegen Rollbeanspruchung von Estrichen für Nutzschichten Teil 6: Bestimmung der Oberflächenhärte Teil 7: Bestimmung des Widerstandes gegen Rollbeanspruchung von Estrichen mit Bodenbelägen Teil 8: Bestimmung der Haftzugfestigkeit	2003-02 2003-02 2015-03 2003-02 2003-09 2003-02 2003-09 2003-02	Probenahmen, Prüfverfahren
DIN 18560	Estriche im Bauwesen Teil 1: Allgemeine Anforderungen, Prüfung und Ausführung Teil 2: Estriche und Heizesträume auf Dämmschichten (schwimmende Estriche) Teil 3: Verbundesträume Teil 4: Estriche auf Trennschicht Teil 7: Hochbeanspruchte Estriche (Industrieesträume)	2009-09 2009-09 2006-03 2012-06 2004-04	Nationale Anwendungsregeln: Anforderungen, Dimensionierung, Ausführungen, Prüfumfang
DIN 18353	ATV Estricharbeiten	2012-09	VOB/C, Techn. Vertragsbedingungen

gigkeit vom verwendeten Bindemittel wird in diesen Normen unterschieden in:

- CT = Zementestrich (früher ZE)
- CA = Calciumsulfatestrich
- MA = Magnesiaestrich
- AS = Gussasphaltestrich
- SR = Kunstharezestrich

Die Estriche bzw. Estrichmörtel werden im vorgenannten Normenwerk in ihren Eigenschaften beschrieben, die wiederum durch Prüfungen nachzuweisen sind. Dabei wird unterschieden in „normative Prüfungen“ (zwingend) und in „optionale Prüfungen“ (wenn vereinbart). Entsprechend der Prüfwerte werden die Estriche bzw. Estrichmörtel in verschiedene Klassen unterteilt. Für die Beschreibung eines Zementestrichs bzw. Zementestrichmörtels CT (Cementitious Screed) sind zwingend erforderlich Angaben zur

- Druckfestigkeit (C),
- Biegezugfestigkeit (F) und ggf. zum
- Verschleißwiderstand (A), z. B. nach Böhme, sofern eine direkte Nutzung des Estrichs vorgesehen ist,

zu machen, siehe Tafeln 2, 3 und 5. Anforderungen an den Verschleißwiderstand sind nur dann zu stellen, wenn der Estrich unmittelbar und dauernd abnutzenden mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt ist. Bei einwandfreier Herstellung, guter Verdichtung und genügend langem Schutz gegen Austrocknen (Nachbehandlung) erreichen Zementestrichre Schleifverschleiß-Werte wie in Tafel 8 dargestellt. Ein höherer Verschleißwiderstand kann durch Imprägnieren, Einstreu von Hartstoffen oder durch Aufbringen eines Hartstoffestrichs erreicht werden. Weitere Kennwerte von Zementestrichen sind in Tafel 9 zusammengetragen.

Aufgrund einer Konformitätserklärung des Estrichmörtelherstellers nach DIN EN 13813 wird der Baustoff in der Regel mit dem CE-Kennzeichen auf dem Lieferschein, Silozettel oder dem Sackaufdruck geliefert. Damit wird neben den Eigenschaften

bestätigt, dass für den Estrich eine Erstprüfung vorliegt und die Herstellung einer werkseigenen Produktionskontrolle unterliegt.

Für auf der Baustelle gemischten und hergestellten Estrich (Baustellenestrich) ist eine CE-Kennzeichnung jedoch nicht notwendig, wenn eine Konformitätserklärung abgegeben wird. Die „Erstprüfung für jede Baustelle“ ist grundsätzlich nicht erforderlich, wenn gegenüber der gleichen vorherigen Produktion keine Änderungen durch Ausgangsstoffe oder Herstellverfahren zu erwarten sind und wenn eine Erstprüfung nach DIN 13813 vorliegt. Somit sind nachweisliche Ergebnisse und Erfahrungen vergleichbarer Herstellung übertragbar und bedürfen aber auch einer laufenden Produktionskontrolle insbesondere der verwendeten Ausgangsstoffe, siehe die Anmerkungen hierzu in DIN 18560-1.

Die Eigenschaften des Estrichs müssen vom Entwurfsverfasser der Leistungsbeschreibung angegeben werden, d. h., er muss bei einem Zementestrich mindestens die Druckfestigkeitsklasse C und die Biegezugfestigkeitsklasse F vorgeben, siehe Tafel 4 und Bild 3.

Die Estrichdicke muss auf die jeweilige Estrichart, die Belastung und den Anwendungszweck abgestimmt sein. Die DIN 18560 empfiehlt als Estrichnenndicken Werte in 5-mm-Abstufung, ab 50 mm Estrichdicke in 10-mm-Abstufung. Estriche mit Dicken > 80 mm unterliegen betontechnologischen Grundsätzen und sind in Anlehnung an DIN EN 1992 (EC 2) als Betonplatte zu bemessen und auszuführen. Bei Hartstoffestrichen sind die empfohlenen Dicken enger abgestuft (siehe Tafel 14).

Werden die in der DIN 18202 „Toleranzen im Hochbau“ festgelegten Maßtoleranzen der Unterlage überschritten, sind bei einem Estrich auf Trennschicht oder einem schwimmenden Estrich Ausgleichsschichten erforderlich (Tafel 7).

Zementestrichre können hinsichtlich ihres Brandverhaltens der Klasse A 1 zugeordnet werden, wenn der Anteil an organischen Substanzen 1 M.-% nicht überschreitet. Hinweise auf den Beitrag zum Feuerwiderstand nach oben finden sich u. a. in den Anlagen zur Bauregelliste A Teil 1.

Tafel 2: Zementestriche nach DIN 18560-1, Festigkeitsklassen, Mindestdicken, Anforderungen und Anwendung

Festigkeitsklasse	Charakteristische Druckfestigkeit ²⁾ [N/mm ²]	Mindestdicken / besondere Anforderungen					Anwendung (Beispiele)
		Verbundestrüche (einschichtig)	Estrich auf Trennschicht	Estrich auf Dämmsschicht (Schwimmender Estrich)		Estrich im Freien	
				unbeheizt	beheizt		
C12 ^{1)a)}	12	–	Gefällebeton	–	–	–	nur für untergeordnete Zwecke, z. B. Höhenausgleich
C20 ^{b)}	20	<p>≤ 50 mm [1] ≥ dreifache des Größtkorns Mindestfestigkeitsklassen C20 – F3 (mit Belag) oder C25 – F4 (ohne Belag)</p>	<p>Bei einschichtiger Ausführung: ≤ 50 mm ≥ 35 mm (VOB/C: nur ≥ F4)</p>	<p>≥ dreifache des Größtkorns ≥ 30 mm bei Stein- und keramischen Belägen ≥ 40 mm Siehe auch Tafel 12 (VOB/C: nur ≥ F4)</p>	<p>≥ 45 mm über den Heizelementen ≥ 30 mm (Bauart A nach DIN 18560 Teil 2, Ab. 3.2.2) (VOB/C: nur ≥ F4)</p>	<p>≥ dreifache des Größtkorns (siehe auch Tafel 9) Anforderungen an Frostwiderstand nach DIN EN 12620 beachten (VOB/C: nur ≥ F4)</p>	<p>vorwiegend im Wohnungsbau Wohnungsbau, Verwaltungs- und Industriebau Industrie- und Verwaltungsbau Industriebau</p>
C25							
C30	30						
C35							
C40	40						
C50	50						
C60 M ³⁾	60	<p>≤ 18 mm ≥ 4 mm ggfs. Übergangsschicht ≥ 25 mm</p>	<p>≤ 18 mm ≥ 4 mm Ausführung als Verbundschicht auf Übergangsschicht von mindestens 25 mm</p>	<p>≤ 18 mm ≥ 4 mm ggfs. Übergangsschicht ≥ 25 mm</p>	<p>≤ 18 mm ≥ 4 mm ggfs. Übergangsschicht ≥ 25 mm</p>	<p>Industriebau, hohe Schlagzähigkeit</p>	<p>Industriebau, hoher Verschleißwiderstand</p>
C70 A ³⁾	70						
C70 KS ³⁾	70						

¹⁾ Nur mit Belag

²⁾ Statistisch abgesichert im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle „FPC“ nach DIN EN 13813

³⁾ Hartstoffgruppe nach DIN 1100; M = Metall, A = Naturstein und/oder dichte Schalke, KS = Elektrokorund und Siliziumcarbid

a) Nicht für Estriche nach VOB/C – DIN 18353

b) Nicht für Verbundestrüche ohne Belag nach VOB/C – DIN 18353

Tafel 3: Anforderungen (normativ) für Zementestriche nach DIN EN 13813

Anforderung	Kurzbezeichnung	Klassen	Prüfverfahren nach DIN EN 13892-2/-3
Druckfestigkeit [N/mm ²]	C Compressive Strength	(C5...C80) z. B. C20 = Druckfestigkeit ≥ 20 N/mm ²	Die beiden Probekörperhälften des Biegezugversuches werden auf einer Fläche von 4 cm x 4 cm mit einer Auflast bis zum Bruch belastet
Biegezugfestigkeit [N/mm ²]	F Flexural Strength	(F1...F50) z. B. F10 = Biegezugfestigkeit ≥ 10 N/mm ²	Prisma (4 cm x 4 cm x 16 cm) wird auf zwei Stützen aufgelegt und von oben durch eine „Streifenlast“ in Feldmitte bis zum Bruch belastet
Verschleißwiderstand (nur bei direkter Nutzung)	A Abrasion	(A22...A1,5) z. B. A9 = Abriebmenge ≤ 9 cm ³ /50 cm ²	Ermittlung der Abriebmenge nach Böhme

Tafel 4: Beispielhafte Kombinationen der Zementestrich-Mörtelklassen für Druck- und Biegezugfestigkeit

Druckfestigkeitsklasse	Biegezugfestigkeit									
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F9 ¹⁾	F10	F11 ¹⁾
CT – C60 ²⁾						(X)	X		X	
CT – C50 ²⁾					(X)	X ³⁾				
CT – C40				X	(X)	X ³⁾			X ³⁾	
CT – C35					X	X ³⁾	X ³⁾			
CT – C30			(X)	X	X	X ³⁾				
CT – C25				X	X	X ³⁾				
CT – C20				X	X					
CT – C16			X	X						
CT – C12	X									

X: Häufig, (X): Seltener verwendet

¹⁾ Hochbeanspruchbare Estriche (Industrieestrüche) nach DIN 18560-7

²⁾ In der Regel nur als vorkonfektionierter Werkmörtel möglich

³⁾ Polymermodifizierte Zementestriche in der Regel als Werkmörtel

■ 1 Ausgangsstoffe

Als Bindemittel für Zementestriche werden Zemente nach DIN EN 197, DIN 1164 oder bauaufsichtlich zugelassene Zemente verwendet. Häufig wird Zement der Festigkeitsklasse CEM 32,5, für höhere End- und Anfangsfestigkeiten CEM 42,5 eingesetzt. Eine höhere Zementfestigkeit kann die Dauer der Verarbeitbarkeit verringern. Zemente mit langsamer Anfangserhärtung, z. B. CEM 32,5 N, erfordern längere Nachbehandlungszeiten.

Laboruntersuchungen in den zurückliegenden Jahren und praktische Erfahrungen bestätigen die grundsätzliche Eignung von Portlandzement und hüttensand-, kalkstein- und schieferhaltigen Zementen mit zwei bzw. drei Hauptbestandteilen für Estriche. Diese Ergebnisse zeigen, dass CEM II- und CEM III/A-Zemente grundsätzlich zur Herstellung zementgebundener Estriche geeignet sind.

Tafel 5: Beispiele für die Zuordnung von Estrich-Festigkeitsklassen zu den Beanspruchungen in Anlehnung an [2]

Festigkeitsklasse	Beanspruchungsarten und Bauten			
	ohne Belag		mit Belag ²⁾	
C20 – F4	sehr geringer Fußgängerverkehr ¹⁾	Kellerräume in Wohngebäuden ¹⁾	geringer Fußgängerverkehr	Wohnräume
C35 – F5	geringer Fahrverkehr leichter Fahrzeuge mit weicher Bereifung bis 10 km/h; innerbetrieblicher Fußgängerverkehr; keine schleifende Beanspruchung; keine Beanspruchung durch Schlag und Stoß	Kellerräume in Bürogebäuden; Lagerhallen für leichte und elastische Güter (Holz, Papier, Gummi, weiche Kunststoffe usw.); untergeordnete Werkstätten für kleine Werkstücke; betriebliche Werkzeugausgaben und Magazine	Fußgängerverkehr; leichter Fahrverkehr mit weicher Bereifung bis 10 km/h; geringe Beanspruchung durch Schlag und Stoß; Absetzen leichter Güter	Wohnräume mit Fußbodenheizung; Büoräume ohne Publikumsverkehr; Fabrikations-, Montage- und Lagerhallen für leichte Güter; Werkstätten für leichte Stücke aller Art; Pkw-Werkstätten; Hallen mit höherem Anspruch auf Reinigung
C50 – F6	leichter Fahrverkehr von Fahrzeugen mit weicher Bereifung bis 10 km/h; geringer Fußgängerverkehr; mäßige schleifende Beanspruchung; geringe Beanspruchung durch Schlag und Stoß; Absetzen leichter Güter	Fabrikations-, Montage und Lagerhallen für leichte und elastische Güter; Werkstätten für leichte, nicht scharfkantige Stücke; Pkw-Werkstätten	starker Fußgängerverkehr; mittelschwerer Fahrverkehr; leichter Gabelstaplerverkehr; mäßige Beanspruchung durch Schlag und Stoß; Absetzen mittelschwerer Güter; Kollern leichter Güter	Büoräume mit Publikumsverkehr; Fabrikations-, Montage- und Lagerhallen für mittelschwere Güter; Werkstätten für mittelschwere Stücke; Lkw-Werkstätten und -garagen; Lagerhallen für feinkörnige Schüttgüter
C60 – F7	mittelschwerer Fahrverkehr von Fahrzeugen mit weicher Bereifung bis 20 km/h; leichter Gabelstaplerverkehr mit leichter Bereifung bis 10 km/h; starker schleifende Beanspruchung; Absetzen mittelschwerer Güter; Kollern leichter, nicht scharfkantiger Güter; mäßige Beanspruchung durch Schlag und Stoß	Fabrikations-, Montage- und Lagerhallen für leichte Güter; Lagerhallen für mittelschwere Güter; Werkstätten für leichte Stücke aller Art; Lkw-Werkstätten und Garagen	mittelschwerer Fahrverkehr; mittelschwerer Gabelstaplerverkehr; mittelschwere Beanspruchung durch Schlag und Stoß; Absetzen schwerer Güter; Kollern mittelschwerer Güter	Fabrikations-, Montage- und Lagerhallen und Werkstätten für schwere Güter u. Stücke; Reparaturwerkstätten für schweres Gerät; Lagerhallen für mittelkörnige Schüttgüter

¹⁾ Nach VOB/C ist hier bei Verbundestrich ein C25–F4 gefordert.

²⁾ Verbesserung des Widerstandes gegen Schleifverschleiß sowie gegen Schlag und Stoß ist abhängig von der Beschaffenheit der Beläge; Verbesserung der Aufnahme von Verkehrslasten ist u.a. abhängig von der Dicke der Beläge

Tafel 6: Maximale Unterschreitungen der Estrichnenndicke in Anlehnung an DIN 18560-1, Tabelle 1

Estrichdicke (Nenndicke entspricht Mittelwertanforderung)	lokale Unterschreitung der Nenndicke maximale zulässige Differenz		
bei Nenndicke zwischen 20 mm und 50 mm	≤ 5 mm		
bei Nenndicke zwischen 60 mm und 80 mm	≤ 10 mm		außer bei Hartstoffestrichen

Tafel 7: Zulässige Toleranzen für die Ebenheit von Estrichen nach DIN 18202, Tabelle 3

Tabelle 3 Zeile	Bauteil/Funktion	Grenzwerte für Ebenheitsabweichungen in mm (Stichmaße) bei einem Abstand der Messpunkte bis				
		0,1 m	1,0 m	4,0 m	10,0 m	15,0 m
2a	Tragbeton oder Unterbeton zur Aufnahme von Estrichen	5	8	12	15	20
3	Flächenfertige Böden, z. B. Estriche als Nutzestriche bzw. zur Aufnahme von Bodenbelägen	2	4	10	12	15
4	Flächenfertige Böden mit „erhöhten Anforderungen“ (als besondere Leistung nach DIN 18353 (VOB/C))	1	3	9		

Tafel 8: Schleifverschleiß von Zementestrichen, zu erwarten bei sachgerechter Ausführung und Nachbehandlung

Druckfestigkeitsklasse des Estrichs	Wasserzementwert	Druckfestigkeitsklasse des Zementes	Korngruppe	Abriebmenge nach Böhme (DIN 52108) [cm ³ /50 cm ²]
C30	0,53	CEM 32,5	Sieblinie A/B 8 Sand 0/2 Kiessand 2/8	≤ 15
C40	0,42	CEM 32,5	Sieblinie A/B 16 Sand 0/2 Kiessand 2/8 Kies 8/16	≤ 12
C50	0,38	CEM 42,5	Sieblinie A/B 16 Sand 0/2 Kalksteinsplitt 5/11	≤ 9

Tafel 9: Ausgewählte physikalische Eigenschaften von Zementestrichen

Rutschhemmung (Erfahrungswerte) ¹⁾ [R = Bewertungsgruppe der Rutschgefahr nach GUV-Regel „Fußböden in Arbeitsräumen und Arbeitsbereichen mit Rutschgefahr“, GUV-R 181, 10/2003]	mit Flügelglätter geglättet: R 9 bis R 10 maschinell abgescheit: R 10 bis R 11 abgerieben: R 12 Besenstrich: R 13
Wärmeausdehnungskoeffizient α	0,012 mm/m je K
Wärmeleitfähigkeit λ (Bemessungswert)	1,35 W/m je K bei einer Rohdichte von 2000 kg/m ³
Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ (Richtwert)	15 bis 35 nach DIN V 4108-4
elektrischer Ableitwiderstand	10^4 bis 10^8 $\Omega \cdot \text{cm}$
Schwindmaß	$\geq 0,6$ mm/m
Elastizitätsmodul	$\approx 30\,000$ N/mm ²

¹⁾ Nach [3], Tabelle 10

Tafel 10: Beispiele für die Zusammensetzung von Zementestrichen, nach [2] bzw. [4]

Druckfestigkeitsklasse des Estrichs	Zementgehalt in kg/m ³ bei Korngruppe			Druckfestigkeitsklasse des Zements	Wasserzementwert w/z
	0/8	0/11	0/16		
C30	410	390	365	CEM 32,5	0,53
C40	480	440	420		0,42
C50		490	470	CEM 42,5	0,38

Derzeit werden neben Portlandzementen CEM I 32,5 R und CEM I 42,5 R insbesondere die folgenden CEM II-Zemente für die Herstellung von Zementestrichen eingesetzt:

- Portlandkalksteinzement CEM II/A-LL 32,5 R
- Portlandschieferzement CEM II/B-T 42,5 N
- Portlandhüttenzement CEM II/A-S 32,5 R
- Portlandhüttenzement CEM II/B-S 32,5 R
- Portlandhüttenzement CEM II/B-S 42,5 N
- Portlandkompositzement CEM II/B-M (S-LL) 32,5 R

In bestimmten Anwendungsfällen kann der Einsatz sogenannter Estrichschnellzemente sinnvoll sein, da sie eine schnelle Erhärtung mit früherem Ende des Schwindens bewirken. Zemente ohne Angabe der Zementhauptbestandteile oder ohne die notwendigen Konformitätsbescheinigungen bzw. Übereinstimmungszeichen sollten nicht eingesetzt werden.

Der Zementgehalt eines Estrichmörtels bzw. Estrichbetons ist zu begrenzen. Er sollte bei üblichen Konsistenzen 450 kg/m³ (bei Estrichen auf Dämmschichten 400 kg/m³) nicht überschreiten.

Die Gesteinskörnung muss DIN EN 12620 „Gesteinskörnungen für Beton“ entsprechen, sofern die VOB/C vertraglich vereinbart ist. Der Anteil an Feinanteilen in der Gesteinskörnung soll ≤ 3 M.-% betragen. Das Größtkorn ist so groß wie möglich zu wählen, jedoch gilt:

- Estrichdicke ≤ 40 mm: Größtkorn ≤ 8 mm
- Estrichdicke > 40 mm: Größtkorn ≤ 16 mm

Es empfiehlt sich, die Kornzusammensetzung so zu wählen, dass die Sieblinie in der oberen Hälfte des Bereiches A/B der „Regelsieblinien“ nach DIN 1045-2 liegt. Es ist zu beachten, dass zu grobe Sande das Bluten fördern und zu feine Sande eine erhöhte Wasserzugabe erfordern und zum Absanden der Estrichoberfläche führen können.

Der Zusatz von Kunstharzdispersionen kann in bestimmten Anwendungsfällen Vorteile bringen. Je nach Produkt und Dosierung können die Verarbeitbarkeit oder die Haftung des Estrichs am Untergrund verbessert, die Biegezugfestigkeit erhöht, die Rissneigung verringert und die Austrocknung des frischen Estrichs verlangsamt werden. Der Wassergehalt der Dispersio- nen ist auf den Wasserzementwert anzurechnen.

Bei Flächen im Freien muss der Estrich einen hohen Frost-Widerstand, ggfs. auch einen hohen Frost-Taumittel-Widerstand aufweisen. Dies kann durch die Zugabe von Luftporenbildnern (LP), abgestimmt auf das Größtkorn, erreicht werden.

Die Eignung eines Zusatzmittels sollte durch ein technisches Merkblatt des Herstellers für den jeweiligen Anwendungsfall belegt sein. Beim Einsatz verschiedener Zusatzmittel sollten diese auf ihre Verträglichkeit untereinander durch eine Erstprüfung untersucht worden sein.

Um die gewünschten Eigenschaften zielsicher zu erreichen, sind Zementestriche mit möglichst niedrigen Wasserzementwerten herzustellen. Dies bedeutet i.A., dass – Fließestriche ausgenommen – eine steife bis plastische Konsistenz eingebaut wird. Bei steifer Konsistenz kann es z.B. bei schwimmenden Estrichen zu Verdichtungsschwierigkeiten kommen. Abhilfe schafft hier der Einsatz von verflüssigenden Zusatzmitteln (BV oder FM), mit deren Hilfe die Konsistenz des Mörtels weich bis fließfähig eingestellt werden kann. Estriche sollten jedoch nicht flüssiger eingestellt werden, als es für einen sachgerechten, störungsfreien Einbau unbedingt erforderlich ist.

Überlieferte Anhaltswerte für die Zusammensetzung von Zementestrichen sind in Tafel 10 zusammengestellt. Es wird bei Baustellenestrichen der Druckfestigkeitsklassen $\geq C40$ empfohlen, die Zusammensetzung über eine Erstprüfung zu bestimmen.

■ 2 Lastabtrag und Verformungsverhalten

Auf Estriche aufgebrachte Punkt-, Linien- oder Flächenlasten werden in darunter liegende Bauteile eingeleitet. Wie alle Baustoffe erfahren auch Estriche dabei entsprechende Verformungen. Lastabtrag und Verformungsverhalten sind dabei abhängig von der Konstruktionsart (Verbundestrich, Estrich auf Trennschicht, Estrich auf Dämmschicht, Bild 2).

Bei Verbundestrichen werden die Lasten unter einem Ausbreitungswinkel direkt in die Unterkonstruktion eingeleitet. Infolge der Belastung drückt sich der Estrich zusammen. Wie alle Werkstoffe reagiert der Estrich auf die Längsdehnung auch mit einer Querdehnung. Die Querdehnung wird allerdings durch den direkten Verbund mit dem Untergrund behindert und ein Versagen auf Querzug ausgeschlossen. Maßgebend für diese Konstruktion ist somit nur die Druckfestigkeit. Warum die Biegezugfestigkeit aber auch bei Verbundestrichen mit angegeben werden muss, erklärt sich in Abschnitt 3.

Die fehlende Querdehnungsbehinderung bei Estrichen auf Trennschicht führt bei Druckbeanspruchung einerseits zu einem seitlichen Ausweichen der Estrichscheibe. Infolge des Zusammenhangs zwischen Quer- und Längsdehnung besteht die Gefahr des Versagens auf Querzug. Andererseits kommt es zu

Aufwölbungen der Estrichscheibe, die bei häufigen Lastwechseln zu einer dynamischen Wechselbeanspruchung und dem Versagen der Estrichplatte führt.

Bei Estrichen auf Dämmschicht besteht aufgrund der weichen Bettung die Gefahr, dass sich die Estrichscheibe stark biegt und der Estrich durch Überschreiten der Biegezugfestigkeit auf der Plattenunterseite reißt.

■ 3 Zusammenhang von Druckfestigkeit und Biegezugfestigkeit

Bild 3 zeigt den Zusammenhang zwischen der Druck- und der Biegezugfestigkeit zementgebundener Baustoffe. Für die normgerechte Beschreibung von Estrichen werden daher beide Kennwerte angegeben. Zementestriche geringer Druckfestigkeiten ergeben somit auch nur geringe Biegezugfestigkeiten. Damit ergeben sich hinsichtlich der Ausschreibung für ausschließlich zementgebundene Estriche auch nur bestimmte Kombinationen aus Druck- und Biegezugfestigkeit (siehe Tafel 4). Eine Steigerung der Biegezugfestigkeit unabhängig von der Druckfestigkeit ist in der Regel nur durch die Verwendung von kunststoffmodifizierten Estrichen möglich.

Estrichart	Verbundestrich	Estrich auf Trennschicht	Estrich auf Dämmschicht
Aufbau			
Verformung			
Spannung			

Bild 2: Vergleich von Verbundestrich, Estrich auf Trennschicht und Estrich auf Dämmschicht

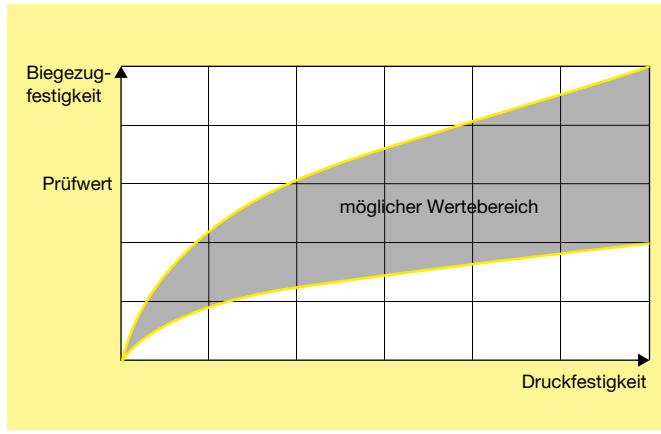


Bild 3: Druck- und Biegezugfestigkeit (einheitenlos) in Anlehnung an Reinhardt [5]; vergleiche Tafel 4

Eine größere Belastbarkeit ergibt sich nicht ausschließlich durch die Erhöhung der Druck- und Biegezugfestigkeit, auch schaffen hohe Festigkeiten hinsichtlich des Frühschwindens und der Austrocknung der Estrichplatte unerwünschte Probleme. Eine höhere Tragfähigkeit bzw. Bruchkraft wird besser durch eine Erhöhung der Estrichdicke erreicht (Gleichung 1).

$$\beta_{BZ} = \frac{1,5 \cdot F_{Bruch} \cdot l}{b \cdot d^2} \quad \text{Gleichung 1}$$

β_{BZ}	Biegezugfestigkeit [N/mm^2] entspricht F (flexural strength)
F_{Bruch}	Bruchkraft [N]
l	Stützweite der Estrichprobe [mm]
b	Prüfkörperbreite im Bruch [mm]
d	Estrichdicke im Bruch [mm]

Nach Umstellung der Gleichung 1 ist zu erkennen, dass bei gleicher Biegezugfestigkeit die Bruchlast, die zur Zerstörung der Estrichprobe führt, deutlich höher sein muss, da die Estrichdicke quadratisch in die Berechnung einfließt.

$$F = \frac{\beta_{BZ} \cdot b \cdot d^2}{l \cdot 1,5} \quad \text{Gleichung 2}$$

■ 4 Bewehrung

Eine Bewehrung ist für Estriche grundsätzlich nicht erforderlich. Dies gilt auch für Estriche auf Dämmschichten. Lediglich bei Zementestrichen auf Dämmschichten zur Aufnahme von Stein- und Keramikböden kann eine Bewehrung nach DIN 18560, Teil 2 sinnvoll sein [16].

Eine Bewehrung kann das Entstehen von Rissen nicht verhindern, jedoch die Rissbreite verringern und helfen, Höhenversätze der Risskanten zu vermeiden. Andererseits kann sie den Einbau und die Verdichtung des Estrichmörtels erschweren. Bei Estrichen auf Dämmschicht ist der lagegenaue Einbau der Bewehrung durch die Biegsamkeit der Stahlmatte und die weiche Unterlage i. A. nicht möglich. Durch das Betreten der Estrichbewehrung während des Einbaus ist mit Verbundstörungen im zuvor fertiggestellten frischen Bereich zu rechnen. Dies kann zur Trennung des Mörtels oberhalb der Bewehrung von der zuerst darunter eingebauten Schicht führen.

Als Bewehrung kommen in Frage:

- Betonstahlmatte nach DIN 488-4 mit Maschenweiten bis 150 mm x 150 mm (z.B. N 141, N 94)
- Betonstahlgitter mit Maschenweiten 50 mm bis 70 mm und Stabdurchmessern von 2 mm bis 3 mm, Stahlfestigkeiten $\geq 500 N/mm^2$

Die Mattenbewehrungen sind an den Stößen mit mindestens 10 cm bzw. einer Maschenweite Überlappung zu verlegen und im Bereich von Bewegungsfugen zu unterbrechen. Ihre Verlegung erfolgt i. A. mittig im Estrichquerschnitt.

Eine Zugabe von Fasern (Stahlfasern, alkali-beständigen Glasfasern, Kunststofffasern) kann die Bildung von Schrumpf- und Frühschwindrissen im Estrich verringern. Aus diesem Grund kann der Einsatz von Fasern insbesondere bei direkt genutztem Estrich von Vorteil sein. Die Wirksamkeit der Fasern bei vorgegebener Zugabemenge und gleichmäßiger Verteilung im Estrichmörtel sollte durch ein Prüfzeugnis nachgewiesen sein. Zu beachten ist, dass die Zugabe von Fasern i. A. die Konsistenz des Estrichmörtels herabsetzt und damit die Verarbeitbarkeit erschwert. Wird der Konsistenzverlust durch mehr Zugabewasser ausgeglichen, wird die Festigkeit des Estrichs verringert. Eine Erhöhung des Zementleimgehaltes im Mörtel wiederum fördert die Schwindneigung des Estrichs.

■ 5 Verbundestrich

Verbundestrich ist ein mit dem Tragbeton verbundener Estrich. Der Verbundestrich kann nach Erreichen der erforderlichen Festigkeit unmittelbar genutzt oder mit einem Belag versehen werden.

Bei der Planung sollte überlegt werden, ob das nachträgliche Auftragen eines Estrichs auf den Tragbeton sinnvoll ist. Oft kann man den Tragbeton oberflächenfertig herstellen, ohne dass eine später aufzubringende Estrichschicht erforderlich wird.

Die Dicke eines Verbundestricks soll wenigstens dreimal so groß sein wie der Durchmesser des Größtkorns der im Mörtel verwendeten Gesteinskörnung. Die Mindestdicke für Verbundestriche beträgt somit z. B. 25 mm bei 8 mm Größtkorn. Einschichtige Estriche von über 50 mm Dicke sollten aus Verarbeitungsgründen nicht ausgeführt werden, es sei denn, Konsistenz des Estrichmörtels und Art des Einbaugerätes ermöglichen eine ausreichende Verdichtung auch in der unteren Zone des Estrichs. Hinweise zu Verbundestrichen mit Dicken > 50 mm sind in [1] zu finden. Die Dicke des Verbundestricks ist für seine Beanspruchbarkeit nicht maßgebend, da infolge des Verbundes die Übertragung aller statischen und dynamischen Einwirkungen auf den tragenden Untergrund sichergestellt ist.

Formänderungen infolge von Erhärtung, Temperaturwechsel und Austrocknen erzeugen Zugspannungen im Estrich und Scherspannungen in der Haftfläche. Diese Beanspruchungen können zum Ablösen vom Untergrund führen. Deshalb müssen folgende Punkte beachtet werden:

- Sorgfältiges Vorbereiten der Oberfläche des Tragbetons für einen guten Haftverbund
- Fugen im Estrich nur über Fugen im Tragbeton anordnen

- Elastizitätsmodul des Estrichs möglichst kleiner als den des Tragbetons einstellen, z.B. durch Zusatz von Kunstharzdispersionen im Estrich
- Schnelle Entwicklung der Biegezugfestigkeit des Estrichs fördern (Nachbehandlung, Zementart)

Voraussetzung für einen guten Haftverbund (bei befahrbaren Flächen Haftzugfestigkeitsklasse mindestens B1,5 nach DIN EN 13813) ist eine ausreichende Rauigkeit des Tragbetons. Außerdem muss dieser sorgfältig von Staub, Öl, Anstrichmitteln, Mörtelresten o.Ä. sowie von losen Teilen gesäubert werden. Das Entfernen von Staub mit einem Besen reicht nicht aus. Für eine optimale Vorbereitung der Oberfläche des Tragbetons kommt nach dem Entfernen des groben Schmutzes nur eine Säuberung mit Wasserstrahl oder durch Absaugen in Frage. Danach sollte der Tragbeton etwa 48 Stunden genässt werden. Vor dem nächsten Arbeitsschritt muss der Tragbeton pfützenfrei und leicht angetrocknet sein. Anschließend sollte eine Haftbrücke aus Zementmörtel, evtl. mit einer Kunststoffdispersion versehen, eingebürstet werden. Die Flächen sind nur soweit vorzubereiten, dass Estrichmörtel und Haftbrücke frisch in frisch eingebaut werden können.

Bei größeren Unebenheiten des Tragbetons, Rohrleitungen oder Kabeln sind Ausgleichsschichten erforderlich. Ausgleichsschichten dürfen vor dem Auftragen des Verbundestrichs nicht erstarrt oder erhärtet sein, außer es wird eine Haftbrücke aufgebracht.

An Wänden und Stützen wird das Einstellen eines Randstreifens empfohlen, um möglichen Rissen infolge Deckenverformungen vorzubeugen (Bild 4).

Ein Verbundestrich ist zusätzlich mit dem Buchstaben V (Verbund) sowie mit der Nenndicke und ggf. der Verschleißfestigkeit A (nach Böhme) zu bezeichnen. Beispiel:

Estrich DIN 18560 – CT – C30 – F5 – A15 – V25

CT = Zementestrich
 C30 = Druckfestigkeitsklasse
 F5 = Biegezugfestigkeitsklasse
 A15 = Verschleißwiderstandsklasse
 V25 = Verbundestrich V, Nenndicke 25 mm

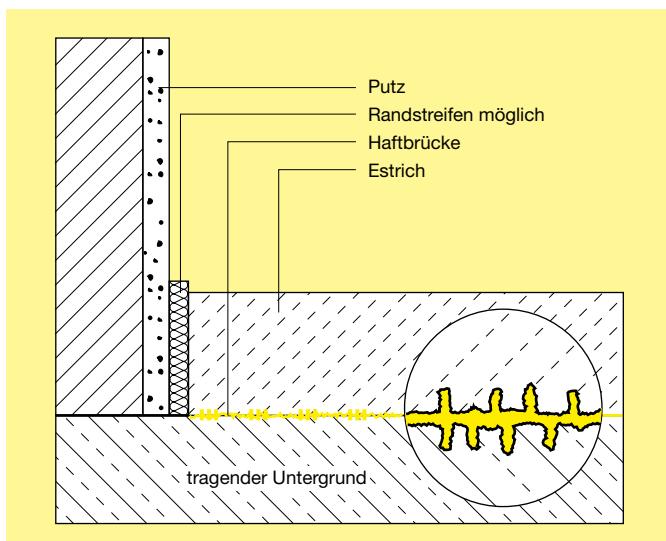


Bild 4: Verbundestrich [6]

■ 6 Estrich auf Trennschicht

Estrich auf Trennschicht ist ein Estrich, der von dem tragenden Untergrund durch eine dünne, mehrschichtige Zwischenlage (Trennschicht) getrennt ist. Estriche auf Trennschicht werden meist dann ausgeführt, wenn ein Haftverbund mit dem Tragbeton nicht oder nur unvollständig zu erreichen ist. Das kann bei Konstruktionen wie Durchlaufdecken der Fall sein, die besonders auf Biegung beansprucht werden, oder bei Oberflächen, die infolge einer Beschichtung wasserabweisend sind. Estriche auf diesen Trennschichten können als reibend gelagert gelten. Sie liegen ohne Haftung auf einer festen Unterlage. Diese muss jedoch so ebenflächig sein, dass bei Längenänderungen keine Zwängungen entstehen. Wichtig für die Rissfreiheit des Estrichs ist, dass die Zugspannungen durch Reibung nicht zu groß werden. Das bedeutet:

- Reibung durch Ebenflächigkeit und gute Gleitschicht gering halten
- Fugenabstände um so kleiner wählen, je mehr mit Längenänderungen und höheren Belastungen zu rechnen ist

Der Untergrund darf keine punktförmigen Erhebungen, losen Bestandteile, Mörtelreste oder Rohrleitungen aufweisen. Bei Rohrleitungen und dergleichen auf dem tragenden Untergrund sind diese festzulegen und mindestens bis zu ihrer Oberkante ist ein Ausgleichsestrich einzubauen, der eben und grätfrei sein muss (Untergrund der Trennschicht). Andere ungebundene oder gebundene Ausgleichsschichten und Leichtestriche sind hier nicht regelkonform und würden eine Planung als Estrich auf Dämmschicht nach DIN 18560-2 erfordern.

Werden beim Untergrund die Maßtoleranzen für die Ebenheit nach DIN 18202 überschritten (Tafel 7), ist eine feste Ausgleichsschicht erforderlich. Trennschichten sind zweilagig auszuführen. Abdichtungen und Dampfsperren gelten im Innenbereich als eine Lage der Trennschicht (siehe Tafel 11, Fußnote 3). Für Trennschichten werden z.B. Polyethylenfolien (Mindestdicke 0,15 mm), bitumengetränkte Papiere (Flächengewicht $\geq 100 \text{ g/m}^2$) oder Rohglasvliese (Flächengewicht $\geq 50 \text{ g/m}^2$) verwendet. Die Trennstoffe dürfen keine Falten schlagen. Stöße sind mindestens 8 cm weit zu überdecken und mit Klebeband zu sichern.

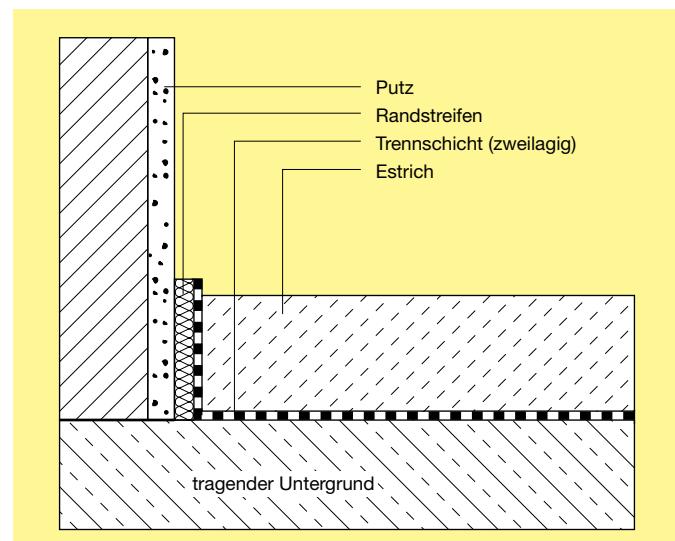


Bild 5: Estrich auf Trennschicht [6]

Tafel 11: Mindestnenndicken für Zementestriche auf Trennschicht nach DIN 18560-4

Biegezugfestigkeitsklasse	Estrichnenndicken				
	Einzellasten ¹⁾ bzw. Flächenlasten ²⁾				
	$\leq 1 \text{ kN}$ bzw. $\leq 2 \text{ kN/m}^2$	$\leq 2 \text{ kN}$ bzw. $\leq 3 \text{ kN/m}^2$	$\leq 3 \text{ kN}$ bzw. $\approx 4 \text{ kN/m}^2$	$\leq 4 \text{ kN}$ bzw. $\approx 5 \text{ kN/m}^2$	
CT – F4	$\geq 35 \text{ mm}$	$\geq 55 \text{ mm}^3)$	$\geq 65 \text{ mm}^3)$	$\geq 70 \text{ mm}^3)$	
CT – F5	$\geq 35 \text{ mm}$	$\geq 45 \text{ mm}^3)$	$\geq 55 \text{ mm}^3)$	$\geq 60 \text{ mm}^3)$	

¹⁾ Zusätzliche Überlegungen zur Aufstandsfläche erforderlich, ebenso bei Fahrbeanspruchung

²⁾ Bei mehr als 5 kN/m^2 lotrechter Nutzlast: Festlegung der Nenndicke durch den Planer

³⁾ Bei Auflagerung auf Abdichtungsbahnen ab $\geq 3 \text{ mm}$ Dicke gelten die Mindestdicken von Estrichen auf Dämmschicht, siehe Tafel 12.

Die Mindestdicken der Zementestriche auf Trennschicht nach DIN 18560-4 sind in Tafel 11 zusammengestellt. Bei Biegezugfestigkeitsklassen $\geq F7$ sind etwas geringere Nenndicken möglich, jedoch nicht $< 30 \text{ mm}$.

Estriche auf Trennschicht werden in möglichst quadratische Felder unterteilt. Die Fugenabstände sind in Abhängigkeit von den Estrichdicken festzulegen (siehe Tafeln 15 und 16). Sie sollen 6 m nicht überschreiten. Fugen werden eingeschnitten (Scheinfugen) oder als Arbeitsfugen (Pressfugen) ausgebildet; die Estrichfläche ist von anderen Bauteilen, die ein Deckenauflager bilden, durch Randfugen (Dehnfugen) zu trennen.

Ein Estrich auf Trennschicht ist zusätzlich mit dem Buchstaben T (Trennschicht) sowie mit der Nenndicke zu bezeichnen. Beispiel:

Estrich DIN 18560 – CT – C30 – F4 – T35

CT = Zementestrich

C30 = Druckfestigkeitsklasse

F4 = Biegezugfestigkeitsklasse

T35 = Estrich auf Trennschicht, Nenndicke 35 mm

Obwohl die Angabe der Druckfestigkeitsklasse nicht gefordert wird, sollte sie zumindest bei der Estrichbestellung genannt werden, hier C30.

■ 7 Estrich auf Dämmschicht (schwimmender Estrich)

Estrich auf Dämmschicht (schwimmender Estrich) ist auf seiner Unterlage beweglich und weist keine unmittelbare Verbindung mit angrenzenden Bauteilen auf. Daher sind als Randbegrenzung z.B. an den Wänden zusammendrückbare Kunststoffstreifen aufzustellen (Bild 6). Die Nenndicken für Zementestriche auf Dämmschichten sind abhängig von der Nutzung (beheizt – unbeheizt), der Nutzlast, der Biegezugfestigkeitsklasse des Estrichs sowie der Art und Dicke der Dämmschicht. Die Mindestdicken für Estriche auf Dämmschicht nach DIN 18560-2 sind in den Tafeln 2 und 12 zusammengestellt. Bei Biegezugfestigkeitsklassen $\geq F7$ sind etwas geringere Nenndicken möglich. Die Dicken dürfen jedoch 30 mm nicht unterschreiten und sind ggf. um den Außendurchmesser evtl. vorhandener Heizröhren zu erhöhen.

Die über den Nutzlastbereich 5 kN/m^2 und damit über die Normangaben hinausgehenden Literaturwerte in Tafel 13 [7] beziehen sich auf konventionell erdfreucht eingebauten Zementestrich mit den Mindestanforderungen an die Bestätigungsprüfung

nach DIN 18560-2. Diese Anforderungen sind u.a. kleinste Einzelwerte der Biegezugfestigkeit: $2,0 \text{ N/mm}^2$ für Klasse F4, $2,5 \text{ N/mm}^2$ für F5 und $3,5 \text{ N/mm}^2$ für F7.

Hingegen können Zementfließestriche (CTF) nach entsprechender vertraglicher Vereinbarung und Eignungsprüfung als Sonderkonstruktion höhere Mindestwerte bei der Bestätigungsprüfung erreichen, wie z.B. $3,5 \text{ N/mm}^2$ für Klasse F4, $4,5 \text{ N/mm}^2$ für Klasse F5 und $6,5 \text{ N/mm}^2$ für Klasse F7.

Damit sind dünnerne Estriche herstellbar, wie angegeben in „Zementfließestrich – Hinweise für die Planung und Ausführung“ [8].

Zur Bemessung von schwimmenden Estrichen bei höheren Lasten als in Tafel 12 angegeben siehe auch [7] und [9]. Radlasten über 10 kN (entspricht einem Gabelstapler bis ca $2,5 \text{ t}$ Gesamtgewicht) sind bei schwimmenden Estrichen nicht mehr vertretbar.

Unter Stein- und keramischen Belägen beträgt die Mindestdicke eines Zementestrichs auf Dämmschicht grundsätzlich 45 mm. Estriche auf Dämmschicht sind zusätzlich mit den Buchstaben S (schwimmend) und, sofern zutreffend, mit H (Heizestrich) sowie mit der Nenndicke zu bezeichnen. Beispiel:

Estrich DIN 18560 – CT – C20 – F4 – S70 – H45

CT = Zementestrich

C20 = Druckfestigkeitsklasse

F4 = Biegezugfestigkeitsklasse

S70 = schwimmend, Nenndicke 70 mm

H45 = als Heizestrich mit einer Überdeckung der Heizelemente von 45 mm

Obwohl der Planer gemäß DIN 18560 keine Druckfestigkeitsklasse bei schwimmenden Estrichen vorgeben muss (abweichend von der DIN EN 13813), wird empfohlen, mindestens die Druckfestigkeitsklasse C20 vorzusehen.

Der tragende Untergrund muss zur Aufnahme des schwimmenden Estrichs trocken und eben sein. Ebenheit und Winkeltoleranzen müssen der DIN 18202 entsprechen. Schwankungen in den Estrichdicken sollen vermieden werden. Eventuell vorhandene Rohrleitungen sind festzulegen und durch Ausgleichsschichten so auszufüllen, dass eine ebene Fläche zur Aufnahme der Dämmschicht entsteht, siehe [10]. Wird schwimmender Estrich im Gefälle ausgeführt, so muss das Gefälle bereits im tragenden Untergrund vorhanden sein, um eine gleichmäßige Schichtdicke zu gewährleisten.

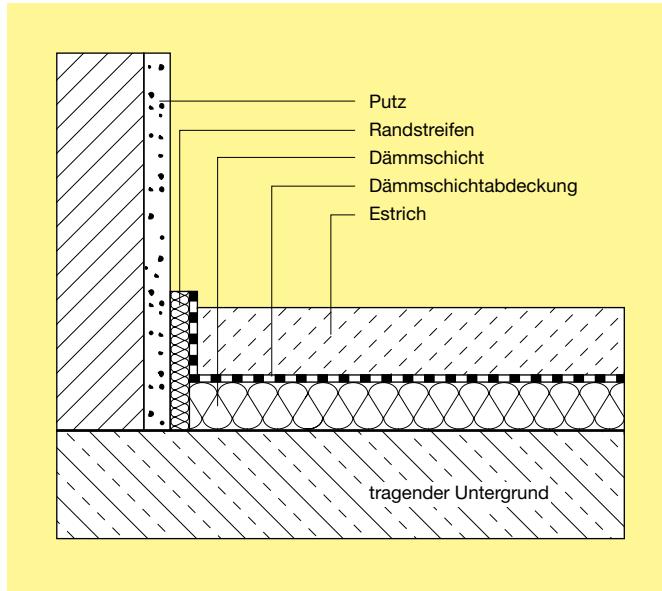


Bild 6: Estrich auf Dämmschicht, Wandanschluss [6]

Falls Wände verputzt werden sollen, muss der Putz vor dem Verlegen der Dämmschicht bis zum Untergrund durchgezogen sein (Bild 6). Die Dämmstoffe werden maximal zweilagig in der Regel direkt auf der Betondecke mit dichten Stößen und im Verband vollflächig verlegt. Um ein Eindringen von Wasser und Zementleim in die Dämmschicht zu vermeiden, wird diese vor dem Einbau des Estrichs z.B. mit einer Polyethylenfolie von mindestens 0,15 mm abgedeckt und an den Rändern bis zur Oberkante des (schalldämmenden) Randstreifens hochgeführt.

Die Folienbahnen müssen sich an den Stößen mindestens 8 cm überlappen.

Dämmstoffe für Estriche sollen sowohl der Luft- und Trittschall-dämmung als auch der Wärmedämmung dienen. Bei Dämmstoffen sind i. W. Angaben der Lieferdicke, der Zusammendrückbarkeit und Druckbelastbarkeit, der dynamischen Steifigkeit (Trittschall), der Wärmeleitfähigkeit und der Wasseraufnahme gefragt. Als Dämmstoffe werden meist angewendet:

- Polystyrol-Hartschaum (EPS)
- Extrudierter Polystyrol-Hartschaum (XPS)
- Mineralfaser (Steinwolle oder Glaswolle)
- Holzweichfaserplatten (siehe auch DIN 4108-10)

Ein schwimmender Estrich lässt sich aufgrund der Rückfederung des Dämmstoffes nur schwer verdichten. Aus diesem Grunde sollte die Konsistenz des Estrichmörtels, ggf. durch Zugabe von verflüssigenden Zusatzmitteln, „weich“ gewählt werden. Soll frischer Estrichmörtel in Schubkarren o. ä. auf der Dämmschicht transportiert werden, so sind zum Schutz der Dämmschicht z. B. Holzbohlen zu verlegen.

■ 8 Heizestrich

Heizestrich ist ein über Warmwasserrohre oder Heizdrähte beheizbarer Estrich, der in der Regel auf einer Dämmschicht ausgeführt wird. Üblich sind Warmwasser-Fußbodenheizungen (max. 55 °C im Bereich der Rohre) und Elektro-Fußbodenheizungen (max. 65 °C im Bereich der Heizelemente).

Tafel 12: Mindestnenndicken für Zementestriche auf Dämmschichten nach DIN 18560-2 für ruhende Lasten

Estrich auf Dämmschicht		Biegezugfestigkeitsklasse	Estrichnenndicke ¹⁾				
Zusammendrückbarkeit der Dämmschicht c			Einzellasten ²⁾ bzw. Flächenlasten				
unbeheizt	c ≤ 5 mm	CT – F4	- ≤ 2 kN/m ²	≤ 2 kN bzw. ≤ 3 kN/m ²	≤ 3 kN bzw. ≈ 4 kN/m ²	≤ 4 kN bzw. ≈ 5 kN/m ²	
		CT – F5	≥ 40 mm ³⁾	≥ 55 mm	Keine Angabe	Keine Angabe	
	c ≤ 3 mm	CT – F4	Keine Angabe	Keine Angabe	≥ 70 mm	≥ 75 mm	
		CT – F5			≥ 60 mm	≥ 65 mm	
beheizt	Bauart A, Heizrohre auf der Dämmschicht		Mindestnenndicken der unbeheizten Estriche zusätzlich um Außen-durchmesser der Heizrohre erhöhen. Rohrüberdeckung ≥ 45 mm bzw. bei Fließestrichen ≥ 40 mm; aber mindestens 30 mm bei Nachweis ⁴⁾				
	Bauart B, Heizrohre in der Dämmschicht		Mindestnenndicken wie bei unbeheizten Estrichen				
	Bauart C, Heizrohre in einem Ausgleichestrich		Mindestnenndicken wie bei unbeheizten Estrichen				

¹⁾ Bei Dämmschichten ≤ 40 mm kann die Estrichnenndicke um 5 mm verringert werden.

²⁾ Zusätzliche Überlegungen zur Aufstandsfläche erforderlich, ebenso bei Fahrbeanspruchung

³⁾ Bei höherer Zusammendrückbarkeit der Dämmschicht (≤ 10 mm) muss die Estrichnenndicke um 5 mm erhöht werden. Weichere Dämmschichten sind nicht sinnvoll unter Estrichen; ggf. (bewehrte) Betonplatten einbauen.

⁴⁾ Wenn VOB/C nicht vereinbart ist und bei Nachweis durch Eignungsprüfung mit Biegezugfestigkeitsklasse > F5

Tafel 13: Empfohlene Mindestnenndicken für Zementestriche auf Dämmschichten bei Nutzlasten, nach [7]

Biegezugfestigkeitsklasse für eine Zusammendrückbarkeit der Dämmschicht c ≤ 3 mm	Estrichnenndicke ¹⁾ [mm]					
	bei Nutzlasten					
	2,0 kN/m ²	3,0 kN/m ²	4,0 kN/m ²	5,0 kN/m ² ²⁾	7,5 kN/m ² ²⁾	10 kN/m ² ²⁾
CT – F4	45	65	70	75	(95)	(110)
CT – F5	40	55	60	65	80	(95)
CT – F7	35	50	55	60	75	(85)

¹⁾ Bei Dämmschichten ≤ 40 mm kann die Estrichnenndicke um 5 mm verringert werden. Estrichdicken über 80 mm sind kritisch und trocknen langsamer!

²⁾ Berechnet mit Bettungszahl KS = 100 MN/m³ (steife Wärmedämmschichten: Einsatzbereich DEO, Zusammendrückbarkeit dh oder ds).

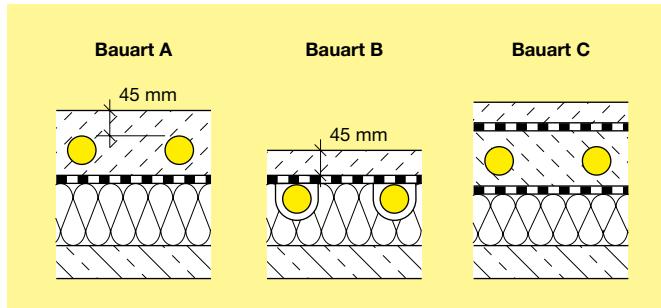


Bild 7: Bauarten von Heizestrichen [6]

Bei Warmwasser-Fußbodenheizungen (Bild 7) liegen die Heizrohre entweder

- im Estrich über der Dämmschicht (Bauart A),
- in der Dämmschicht unter dem Estrich (Bauart B) oder
- in einem Ausgleichestrich über der Dämmschicht (Bauart C).

Die Mindestnenndicken und Biegezugfestigkeitsklassen für Heizestriche sind Tafel 12 zu entnehmen. Wenn DIN 18353 (VOB/C) nicht zu beachten ist und die Biegezugfestigkeitsklasse des Estrichs $\geq F5$ ist, kann bei Bauart A die Rohrüberdeckung bis auf 30 mm verringert werden. Hierzu ist aber ein spezieller Nachweis erforderlich, der die Eignungsprüfung einer Probe mit eingebettetem Rohr umfasst.

Heizkreise und Estrichfelder sind aufeinander abzustimmen. Bewegungsfugen dürfen nicht von Heizelementen gekreuzt werden. Randstreifen müssen bei Heizestrichen eine Bewegung von mindestens 5 mm ermöglichen. Ihre Bemessung erfolgt in Abhängigkeit von der zu erwartenden Temperaturdifferenz und dem Wärmeausdehnungskoeffizient (0,012 mm/m je K) von Zementestrichen. Eine starre Verbindung darf an keiner Stelle vorhanden sein. Die Lage der Warmwasserrohre und der Heizdrähte ist vor dem Estricheinbau zu fixieren, siehe auch entsprechende Checklisten für Bauarten A und B [11].

Dem Fugenplan ist bei Heizestrichen besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Fugenart, Fugenverlauf und Fugenabstände sind in Abhängigkeit von den Heizkreisen, dem Belag, der Bodengeometrie und der Estrichdicke durch den Planer festzulegen. Feldgrößen von 40 m² bis 65 m² sind entsprechend den Eigenschaften der Belagstoffe evtl. möglich [7].

Eine zu frühzeitige Beheizung und zu hohe Temperaturen führen zu Schäden im Estrich. Die Heizung wird üblicherweise erst drei Wochen nach Einbau des Estrichs in Betrieb genommen. Bei dem Aufheizen eines Heizestrichs wird unterschieden in das *Funktionsheizen* (Nachweis des Heizungsbauers für die Erstellung eines mängelfreien Gewerkes) und das *Belegreibheizen* (Erreichen der maximalen Längendehnung des Estrichs und Austreiben der Estrichfeuchte bis zur Belegreife).

Es ist sinnvoll, das Belegreibheizen mit dem Funktionsheizen des Heizungsbauers in einem Arbeitsgang zusammenzulegen. Letzteres ist ein Leistungsbestandteil nach DIN 18380 (VOB/C) und ist in DIN EN 1264-4 geregelt – allerdings können die dabei zulässigen Temperatursprünge durchaus über 40 K liegen und damit Schäden am Estrich verursachen. Die Funktionsprüfung im Rahmen des Belegreibheizens erfordert fünf zusätzliche Temperaturregelungsvorgänge mehr als bei reinem Funktionsheizen.

Es wird aber bei dem Zusammenlegen beider Heizvorgänge ein bis um eine Woche früherer Belegbeginn möglich.

Die Vorlauftemperatur sollte, beginnend bei + 25 °C, täglich um max. 10 K (Nachabsenkung ausschalten!) gesteigert werden, bis zuletzt die max. Vorlauftemperatur von 55 °C erreicht wird. Diese Temperatur wird bis zur Belegreife konstant gehalten. Danach wird in Schritten von 10 K die Temperatur zurückgeregelt. Formblätter zu diesem Verfahren siehe [12], [13] und [14].

Wenn Beläge aus Holz, Fliesen, Naturstein oder anderem wasserdampfhemmendem Material vorgesehen sind, folgt ein weiterer Heizgang:

- Aufheizen bis zum Erreichen der Vorlauftemperatur mit max. 10 K Erhöhung pro Tag,
- Vorlauftemperatur 2 Tage halten und dann
- Estrichtemperatur mit max. 10 K pro Tag bis zur Umgebungstemperatur absenken.

Abschließend ist die Estrichfeuchte mittels der CM-Methode zu kontrollieren, vgl. [15] und [16].

■ 9 Hartstoffestrich

Hartstoffestrich ist ein Zementestrich unter Verwendung von Hartstoffen nach DIN 1100. Er besteht entweder nur aus der Hartstoffschicht, oder aber aus zwei Schichten, der oben liegenden Hartstoffschicht und einer darunter liegenden Übergangsschicht. Hartstoffestriche werden bei Industrieböden aufgebracht, die durch Art, Größe und/oder Häufigkeit der Beanspruchung sehr stark belastet werden.

Hartstoffestriche werden in der Regel als einschichtiger Verbundestrich (Hartstoffschicht) frisch in frisch mit einer Mindestdicke von 4 mm auf den Tragbeton eingebaut.

Die Hartstoffschicht kann auch auf den erhärteten Tragbeton als Hartstoffestrich aufgebracht werden, wenn die Oberfläche des Tragbetons genügend eben, rau und sauber ist (ggf. Untergrund durch Fräsen oder Strahlen vorbehandeln) und eine Haftbrücke aufgetragen wurde. Der Tragbeton sollte in diesem Fall eine



Bild 8: Ausbringen des Hartstoffestrichs frisch in frisch

Tafel 14: Anforderungen an zementgebundene Hartstoffestriche nach DIN 18560-7

Beanspruchungsgruppe	Beanspruchung durch Flurfahrzeuge (Bereifungsart ¹⁾²⁾ , Arbeitsabläufe und Fußgängerverkehr)	F 9A ³⁾		F 11M ³⁾		F 9KS ³⁾	
		Nenn-dicke [mm]	Verschleißwiderstand nach Böhme i.M. [cm ³ /50 cm ²]	Nenn-dicke [mm]	Verschleißwiderstand nach Böhme i.M. [cm ³ /50 cm ²]	Nenn-dicke [mm]	Verschleißwiderstand nach Böhme i.M. [cm ³ /50 cm ²]
I (schwer)	Stahl- und Polyamidreifen	≥ 15	≤ 7	≥ 8	≤ 4	≥ 6	≤ 2
	Bearbeiten, Schleifen und Kollern von Metallteilen, Absetzen von Gütern mit Metallgabeln			≥ 6		≥ 5	
	≥ 1.000 Personen/Tag			≥ 6		≥ 4	
II (mittel)	Urethan-Elastomerreifen (Vulkolan) und Gummi	≥ 10	≤ 7	≥ 6	≤ 4	≥ 5	≤ 2
	Schleifen und Kollern von Holz, Papierrollen und Kunststoffteilen			≥ 6		≥ 5	
	100 – 1.000 Personen/Tag			≥ 6		≥ 4	
III (leicht)	Elastik- und Luftreifen	≥ 8	≤ 7	≥ 6	≤ 4	≥ 4	≤ 2
	Montage auf Tischen			≥ 6		≥ 4	
	≤ 100 Personen/Tag			≥ 6		≥ 4	

¹⁾ Gilt nur für saubere Bereifung. Eingedrückte harte Stoffe und Schmutz erhöhen die Beanspruchung

²⁾ Maximale Kontaktspannung 40 N/mm²

³⁾ Hartstoffgruppe nach DIN 1100; A = Naturstein und/oder dichte Schlacke, M = Metall, KS = Elektrokorund und Siliziumcarbid

Festigkeitsklasse $\geq C25/30$ und eine Oberflächenzugfestigkeit von $\geq 1,5$ N/mm² aufweisen.

Für Hartstoffestriche werden nach DIN 18560-7 drei Beanspruchungsgruppen unterschieden. Die dafür einzuhaltenen Nenndicken sind Tafel 14 zu entnehmen.

Ein zweischichtiger Hartstoffestrich im Verbund mit dem Tragbeton wird dann eingebaut, wenn ein einschichtiger Hartstoffestrich zu dick werden würde. In diesen Fällen wird auf den erhärteten Tragbeton zunächst eine Übergangsschicht (ohne Hartstoffe) aufgebracht, auf der dann die Hartstoffschicht zum Liegen kommt. Die Übergangsschicht muss mindestens 25 mm dick sein und der Festigkeitsklasse C35 bzw. F5 oder größer entsprechen.

Bei Hartstoffestrichen auf Trenn- oder Dämmschichten (z.B. Dachparkdeck über beheizten Räumen) sind Übergangsschichten immer erforderlich. Die Dicke der Übergangsschicht muss mindestens 80 mm betragen und der Festigkeitsklasse C35 – F5 entsprechen. In Abhängigkeit von der Dämmschichtart und -dicke sowie der Verkehrslast können größere Dicken der Übergangsschicht erforderlich werden. Eine Übergangsschicht darf nicht zur Herstellung eines Gefälles auf waagrechten Flächen verwendet werden. Die Hartstoffschicht ist frisch in frisch auf die Übergangsschicht herzustellen; bei Schichtdicken ab 10 mm auch mittels Haftbrücke auf die erstarrte Übergangsschicht. Für Übergangs- und Hartstoffschicht ist Zement gleicher Art und Festigkeitsklasse zu verwenden.

Hartstoffestriche werden nach dem Einbringen in der Regel mit Scheiben- oder Tellerglättern abgerieben und danach flügelgeglättet. Ein vorhergehendes Abputzern mit Zement und/oder Vornässen mit Wasser ist nicht zulässig, da derartig behandelte Estrichoberflächen rissemäßig sind und zum Abblättern neigen. Für griffige Oberflächen ist ein abschließender Besenstrich sinnvoll. Aufgrund der hohen Zementgehalte sind Hartstoffestriche besonders sorgfältig nachzubehandeln.

Ein zweischichtiger Hartstoffestrich ist z.B. wie folgt zu bezeichnen:

Hartstoffestrich

DIN 18560 – CT – C60 – F10 – A1,5 – DIN 1100 – A – V10/30

CT	= Zementestrich
C60	= Druckfestigkeitsklasse
F10	= Biegezugfestigkeitsklasse
A1,5	= Verschleißwiderstandsklasse nach Böhme
DIN 1100	= Hartstoffe nach DIN 1100
A	= Hartstoffe Gruppe A = Naturstein und/oder dichte Schlacke
V10/30	= Verbundestrich V mit Nenndicke 10 mm für die Hartstoffschicht und 30 mm für die Übergangsschicht

Zur Erhöhung des Verschleißwiderstandes können alternativ Hartstoffe (üblich sind 2 kg/m² bis 3 kg/m²) mit Hilfe eines Streuwagens auf den noch frischen Tragbeton eingestreut und maschinell eingearbeitet werden. Das Ergebnis darf aber nicht mit einem Hartstoffestrich im Sinne der DIN 18560-7 gleichgesetzt werden. Erfahrungsgemäß werden bei einer Hartstofffeinstreuung die gewünschten Verschleißeigenschaften der Nutzungsoberfläche häufig nicht erreicht. Dies gilt insbesondere bei Beton mit einem Wasserkementwert $\leq 0,45$. Diese so bearbeiteten Flächen neigen dazu, bei Zugluft und hohen Temperaturen an der Oberfläche sehr schnell auszutrocknen, so dass ein sicherer Verbund zwischen Beton und Hartstoff nicht zu erzielen ist. Andererseits sacken bei sehr weich eingestelltem Tragbeton Hartstofffeinstreuungen ab und bleiben damit ohne Wirkung. Zu beachten ist, dass bei Betonen mit Luftporen das Luftporensystem durch maschinelles Abreiben und Glätten nachteilig verändert werden kann.

Anmerkung: Bei Flächen mit hoher Verschleißbeanspruchung können Hartstofffeinstreuungen gemäß DIN 1045-2 als Oberflächenvergütung eines Tragbetons ($\geq C35/45$) eingesetzt werden, der die Anforderungen an die Expositionsklasse XM3 (sehr starke Verschleißbeanspruchung) zu erfüllen hat.

■ 10 Fließestrich

Zementgebundener Fließestrich ist ein Mörtel, der entweder selbstnivellierend ist oder nur eines geringen Verteilungs- und Verdichtungsaufwandes bedarf. Zementgebundene Fließestrichmörtel können für alle Estricharten eingesetzt werden. Für die Ausgangsstoffe ist bei Fließestrichen eine besonders hohe Gleichmäßigkeit zu fordern. Dies gilt insbesondere für die Qualität und Zusammensetzung der verwendeten Gesteinskörnungen. Werksgemischte Mörtel sind zu bevorzugen. Als Größtkorn sind 4 mm bis 8 mm üblich. Zusatzstoffe können die Kornverteilung im Feinstkornbereich verbessern. Ein besserer Effekt ist jedoch z. B. mit CEM II-Zementen (Portlandkompositzementen) zu erreichen, die sich aufgrund eines besonders abgestimmten Kornaufbaus positiv auf die Verarbeitungseigenschaften des frischen Estrichs auswirken.

Zusatzmittel wie Fließmittel (FM) wirken wasserreduzierend bei gleicher Verarbeitbarkeit des Estrichmörtels. Bei Einsatz von Zusatzmitteln (besonders auch im Hinblick auf eine ausreichend lange Verarbeitbarkeitszeit) sind stets Wirksamkeitsprüfungen mit der vorgesehenen Estrichzusammensetzung durchzuführen. Um Schwankungen des Gesamtwassergehaltes möglichst niedrig zu halten, ist die Feuchte der Gesteinskörnungen laufend zu kontrollieren. Bei der Verarbeitung von Fließestrich ist auf eine gute Vorarbeit, sorgfältigen Einbau und ein behutsames Umgehen mit dem jungen Estrich zu achten. Alle Vorkehrungen sind so zu treffen, dass ein reibungloser Einbau möglich ist. Detaillierte Angaben zu den vorbereitenden Arbeiten, zum Einbau der Randdämmstreifen, der Dämmung und der Folie, zum Einbau selber sowie den Folgearbeiten und der Nachbehandlung sind in [17] enthalten. Zu beachten ist weiterhin, dass ein Fließestrich durch das dichtere Gefüge deutlich langsamer austrocknet als ein herkömmlicher Zementestrich.

Der junge Estrich ist gegen Zugluft und starke Sonneneinstrahlung sorgfältig zu schützen. Zu seiner Nachbehandlung dürfen keine Folien aufgelegt werden, da es sonst nach dem Entfernen der Folie beim darauffolgenden Austrocknen an der Oberfläche zu Verformungen und Rissbildung infolge extremer Feuchtegradienten im Estrichquerschnitt kommen kann. Fließestrich darf frühestens nach sieben Tagen durch Folgegewerke teilweise belastet werden.

■ 11 Fertigteilestriche (Trockenunterböden)

Auch vorgefertigte zementgebundene Platten oder Bauteile können zur Herstellung von Estrichen verwendet werden (Bild 9). Sie werden neben anderen Baustoffen in der DIN 18340 „Trockenbauarbeiten“ behandelt. Für die Verwendung der vorgefertigten Estrichelemente spricht die leichte Handhabung, die einfache Verarbeitung, die geringe Einbauhöhe, die Unempfindlichkeit gegen Risse und Randabsenkungen sowie insbesondere die nicht oder nur gering vorhandene Restfeuchte und damit eine deutliche Verkürzung der Wartezeiten bis zur Belegreife.

Als Fügetechnik werden vorwiegend Falztechniken, bei Betonplatten auch der kunstharzvergossene stumpfe Stoß eingesetzt. Zum Höhenausgleich unebener Untergründe dient meist eine Trockenschüttung (z. B. Blähsteine). Die Dicken der Estriche liegen in der Regel zwischen 15 mm und 30 mm. Sie können je nach Anforderung an die Tragfähigkeit und den Schallschutz



Bild 9: Fertigteilestrich aus zementgebundenen Platten

ein- oder zweischichtig verlegt werden. Bei zweischichtiger Verlegung erfolgt zumeist eine Verschraubung und/oder eine Verklebung der oberen mit der unteren Plattschicht.

Fertigteilestriche werden entweder mit oder ohne Belag genutzt. Die z. B. möglichen Betonwerksteinstrukturen von Betonplatten eröffnen ohne weiteren Belag einen weiten Gestaltungsspielraum.

Zementgebundene Fertigteilestriche können auch auf einer Dämmschicht verlegt und als Heizesträfe eingesetzt werden. Sie erreichen je nach Produkt Druckfestigkeiten bis 50 N/mm² (C50) und Biegezugfestigkeiten bis ca. 11 N/mm² (F10) und sind damit sowohl für Wohn- und Gewerbeflächen als auch für Industrieböden geeignet. Durch ihre geringen Dicken und das damit verbundene niedrige Flächengewicht ist ihre Verlegung auch auf Holzbalkendecken möglich, was z. B. für das Bauen im Bestand von Vorteil sein kann, siehe auch [18].

■ 12 Gestaltete und farbige Estriche

Die wohl schönste Ausprägung, Fußböden durch Gestaltung und Einfärbung aufzuwerten und ohne weiteren Belag zu nutzen, ist bei Estrichen der Terrazzo, der sich vor über 100 Jahren auch in Deutschland etabliert hat. Die häufig von Künstlern entworfenen und von Meistern ihres Handwerks ausgeführten Terrazzoböden haben natürlich ihren Preis und sind damit besonderen Nutzungen vorbehalten. Eine preisgünstigere Alternative zum Terrazzo sind Zementesträfe, die durch Einfärbung und/oder Schleifen bzw. Beschichtungen mit zementgebun-



Bild 10: Anschleifen eines Zementestrichs

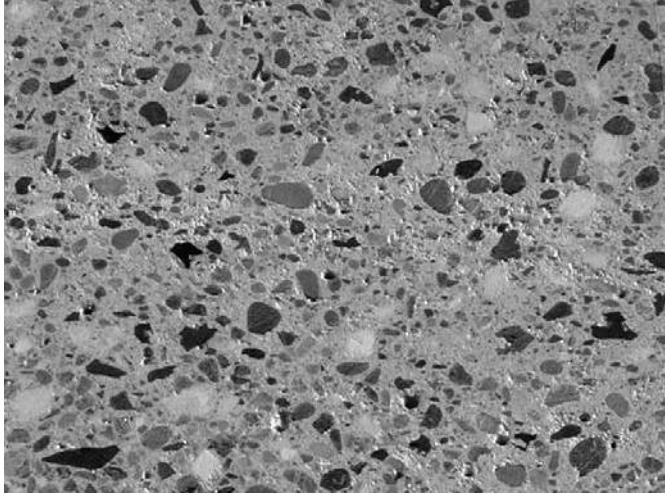


Bild 11: Farbiger geschliffener Estrich

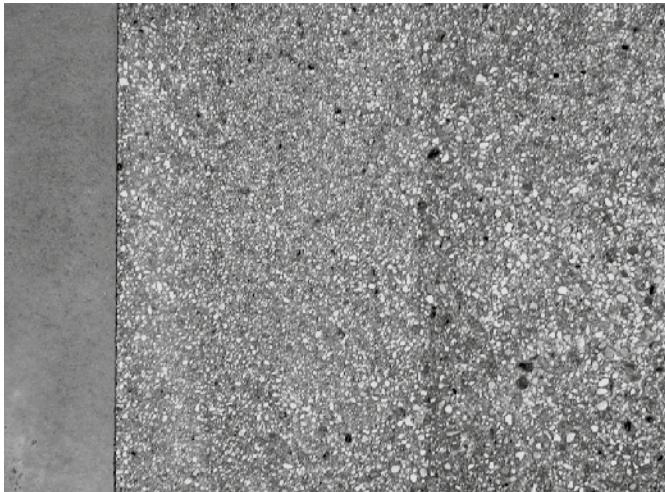


Bild 12: Zementestrich, ungeschliffen (links) und unterschiedlich intensiv geschliffen

denen, fließfähigen Feinmörteln optisch aufgewertet werden [19] (Bilder 11 und 12).

Für die Einfärbung von Estrichen eignen sich Farbpigmente. Der zusätzliche Einsatz eines Weißzementes führt zu besonders klaren und kräftigen Farben. Pigmente werden in nahezu allen Farben angeboten. Sie werden in der Praxis als Pulver, Flüssigfarbe oder Granulat eingesetzt. Übliche Dosierungen (bis 5 M.-% bezogen auf die Zementmasse) haben nur geringen Einfluss auf die Festigkeit des Estrichs.

Farbe und Form ausgewählter Gesteinskörnungen entfalten ihre volle Wirkung, wenn sie durch Abschleifen des oberflächigen (ggfs. farbigen) Zementsteins freigelegt werden. Die Farbpalette möglicher Gesteinskörnungen reicht von weiß (Marmor, Kalkstein) über gelb, rot, blau und grün bis schwarz (Basalt). Bei geringerem Gestaltungsanspruch kann auch ein Standardestrich durch Schleifen aufgewertet werden.

Das Schleifen von Zementestrichen erfolgt trocken mit Diamantschleifgeräten in meist drei Arbeitsgängen: Grobschliff, Mittelschliff und Feinschliff. Je feiner geschliffen wird, um so intensiver wirkt die Eigenfarbe des Gesteinkornes. Das Schleifen hat zudem den Vorteil, dass solche Böden einem geringeren Verschleiß unterliegen und die Neigung zur Netzerissbildung an der Oberfläche verringert wird. Jeder geschliffene Boden ist ein

Unikat; typisch ist, insbesondere bei eingefärbten Estrichen, ein lebhaftes, z. T. „wolkiges“ Erscheinungsbild.

Oberflächenbehandlungen zum Schutz gegen Verschmutzungen und zur Pflege geschliffener Estriche in Form von Versiegelung, Konservierung oder Imprägnierung werden empfohlen und sollten je nach technischen oder optischen Ansprüchen durchgeführt werden. Eine Oberflächenbehandlung kann die Farbwirkung z.B. geschliffener Estriche deutlich vertiefen, die Wirkung ist anhand von Erprobungsflächen abzuschätzen. Je nach Anforderung können Wachse und Steinöle, Silane, Siloxane, Silikone, Acrylate, Epoxidharze aufgetragen bzw. eine Kristallisation, Verkieselung oder Fluatierung vorgenommen werden.

Bei zementgebundenen Feinmörteln zur Beschichtung von Estrichen handelt es sich um selbstnivellierende Mörtel, die einerseits zum Ausgleich von Unebenheiten verwendet werden, andererseits insbesondere bei kleineren Estrichflächen (bis 100 m²) durch Pigmentierung kräftige und gleichmäßige Einfärbungen erzeugen.

Weitere Gestaltungsmöglichkeiten können mittels verschiedener Glätt- und Reibetechniken bei der Oberflächenbehandlung frischer Zementestriche erzeugt werden (Schleier- und Wolkenbildung, Marmorierung). Auch Stempeltechniken zur Strukturierung der frischen Estrichoberfläche sind möglich.

■ 13 Fugen, Fugenplan

Fugen in Estrichen dienen der Begrenzung von Spannungen und sollen einer unkontrollierten Rissbildung vorbeugen. Es wird unterschieden in:

- Bewegungsfugen
- Scheinfugen
- Arbeitsfugen

Bewegungsfugen, auch Dehn- oder Raumfugen genannt, trennen Estrichfelder voneinander über ihre gesamte Dicke. Sie ermöglichen zwängungsfreie Verformungen der einzelnen Estrichfelder infolge von Schwinden, Temperatureinwirkung oder Belastung in horizontaler und vertikaler Richtung. Bewegungsfugen werden über Bauwerksfugen im Tragbeton, zur Trennung von Einbauten oder zur Estrichfeldbegrenzung angeordnet; bei Estrichen auf Trenn- oder Dämmsschicht auch an aufgehenden Bauteilen wie z. B. Wänden (Randfugen). Die Fugenbreite hängt von den zu erwartenden Verformungen ab. Die Breiten der Bewegungsfugen sollten bei den auf 8 m zu begrenzenden Feldlängen 8 mm bis 10 mm nicht unterschreiten. Die Randfugen sollten Verformungen von mindestens 5 mm ermöglichen.

Bewehrungen sind an Bewegungsfugen zu unterbrechen. Bei sehr hohen Verkehrslasten ($\geq 15 \text{ kN/m}^2$) sind Dübel bzw. Fugenprofile gegen einen Höhenversatz der Estrichfelder einzulegen. Der Einbau von Abschlussprofilen zur Erzielung eines geraden Fugenverlaufes hat sich bewährt. Bei befahrenen Flächen empfiehlt es sich, die Fugenkanten des Estrichs mit im Estrich verankerten Eckprofilen zu schützen.

Scheinfugen, auch Schwindfugen genannt, bilden Sollbruchstellen, um eine kontrollierte Rissbildung beim Verkürzen des Estrichs, z. B. infolge des Estrichschwindens, einzuleiten.

Tafel 15: Fugenabstände bei Zementestrichen auf Trennschicht im Innenbereich (Richtwerte in Anlehnung an [20], [2])

Verkehrslast [kN/m ²]	ständige Auflast [kN/m ²]	Empfohlene Dicke d des Estrichs [mm]	Maximaler Abstand für Schein- bzw. Bewegungsfugen [mm]
2,0	0	35	145 d
2,0	2	50	100 d
3,5	3,5	80 ¹⁾	70 d
5,0	4	100 ¹⁾	50 d

¹⁾ Mindestdicke der Übergangsschicht aus Beton C30/37 für zweischichtigen Hartstoffestrich mit hoher Beanspruchung

Tafel 16: Fugenabstände bei Zementestrichen auf Trennschicht im Freien (Richtwerte nach Lohmeyer entsprechend Empfehlungen für Betonböden) [21]

Estrich auf Trennschicht	bei quadratischen Feldern	bei rechteckigen Feldern
	Länge/Breite = 0,80 bis 1,25	Länge/Breite < 0,80 bzw. > 1,25
maximaler Fugenabstand für Schein- oder Bewegungsfugen	33 d	30 d

Scheinfugen werden bis zur Hälfte der Estrichdicke (bei Heizestrichen höchstens bis zu 1/3 der Estrichdicke) von oben her mit einer Kelle angelegt und ausgebildet oder maschinell so früh wie möglich eingeschnitten. Statt den Estrich einzuschneiden, können vorzugsweise bei Fließestrichen Profile eingebaut werden, die den Estrichquerschnitt schwächen. Scheinfugen werden nach Austrocknung bis zur Belegreife z.B. mit einem Reaktionsharz kraftschlüssig geschlossen. Übernehmen Scheinfugen teilweise die Funktion einer Bewegungsfuge (z.B. in Türdurchgängen unter keramischen Belägen), bleiben die Fugen offen.

Durch Einschneiden von Scheinfugen sollen möglichst gedrungene Felder mit einer Seitenlänge von bis zu 6 m gebildet werden. Bei unbeheizten Estrichen auf Trenn- oder Dämmenschichten sollen die Estrichfeldgrößen 30 m² nicht wesentlich überschreiten. Bei beheizten Estrichen auf Dämmeschichten sind unter Berücksichtigung der Eigenschaften der Belagstoffe ggfs. Estrichfeldgrößen von 40 m² bei Fugenabständen bis zu 8 m möglich; ihr Seitenverhältnis darf maximal 1:2 betragen.

Anhaltswerte für Fugenabstände bei (unbeheizten) Estrichen auf Trennschicht sind den Tafeln 15 und 16 zu entnehmen.

Besonders rissanfällig sind Estriche an Flächenversprüngen, Flächeneinschnürungen (Türdurchgänge), Aussparungen oder Stützen. Sie sind deswegen durch einen entsprechend abgestimmten Fugenverlauf zu entschärfen (Bild 13). Scheinfugen im Estrich auf Trennlage oder Dämmeschicht haben nur dann einen Sinn, wenn der Estrich auf dem Untergrund gleiten kann.

Arbeitsfugen entstehen am Ende eines Arbeitsabschnittes, wenn z.B. die Tagesleistung bei großen Flächen erreicht wird oder zuerst der Estrich in Räumen und anschließend im Flur eingebaut wird. Arbeitsfugen werden entweder als Pressfuge oder als Bewegungsfuge ausgeführt.

Zur fachgerechten Ausführung der Fugen siehe [7] und [22]. Spezielle Hinweise zur Ausbildung von Fugen bei Industriestrichen siehe [23].

Bei Verbundestrichen ist es falsch, neben den Bauwerksfugen zusätzliche Fugen einzuschneiden. Der (verhältnismäßig dünne) Verbundestrich kann nur dann seine Aufgabe erfüllen, wenn ein vollkommen kraftschlüssiger Verbund zwischen Estrich und Tragbeton erreicht wird. Zusätzliche Fugen können diesen Verbund beeinträchtigen.

Der Bauwerksplaner hat entsprechend DIN 18560-2 einen Fugenplan zu erstellen. Darin sind Art und Ausführung aller Fugen sowie deren Verläufe vollständig anzugeben. Dieser Plan ist Bestandteil des Leistungsverzeichnisses und dem ausführenden Estrichleger sowie den Nachfolgegewerken vorzulegen.

■ 14 Herstellen und Verarbeiten einschließlich Nachbehandlung

Vor der Herstellung des Estrichs sind alle baulichen Voraussetzungen für einen ungestörten Einbau des Estrichs zu schaffen. Dazu gehören insbesondere die Vermeidung von Zugluft und Maßnahmen gegen das Eindringen von Niederschlägen. Der tragende Untergrund darf keine punktförmigen Erhebungen, Rohrleitungen o.ä. aufweisen, die zu Schallbrücken und/oder

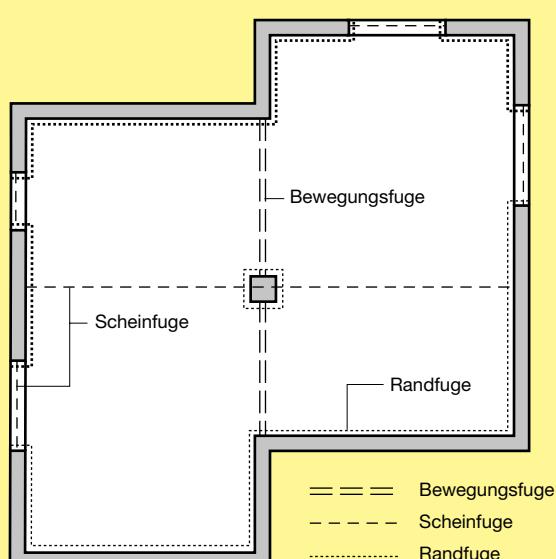


Bild 13: Beispiel eines Fugenplans [6]

Schwankungen in den Estrichdicken führen können. Falls Rohrleitungen auf dem Untergrund verlegt sind, müssen diese fest installiert sein. Durch einen Ausgleich ist eine ebene Oberfläche zur Aufnahme z. B. der Dämmsschicht zu schaffen, siehe [24].

Die Mörteltemperatur darf +5 °C nicht unterschreiten und soll anschließend wenigstens drei Tage lang mindestens auf diesem Wert gehalten werden, siehe [25]. Andererseits soll die Temperatur im Gebäude mindestens sieben Tage lang nicht, z. B. durch Beheizen, mehr als +15 °C betragen. Höhere Innentemperaturen sowie schnelle und große Temperaturschwankungen erhöhen die Rissgefahr erheblich. Tiefere Temperaturen verzögern die Festigkeitsentwicklung des Estrichmörtels und führen im Extremfall beim Gefrieren durch Gefügelockerungen infolge gefrierenden Wassers im erhärtenden Estrichmörtel zur Zerstörung des frisch verlegten Estrichs.

Die Ausgangsstoffe für die Estrichherstellung sollten abgewogen werden. Eine Estrichmörtelherstellung nach Raumteilen ist zwar auch möglich, sollte aber aufgrund der damit nur unzureichend genau erzielbaren Mischungszusammensetzung nur auf anspruchlose und kleine Estrichflächen beschränkt werden. In jedem Fall ist aber der Estrichmörtel maschinell zu mischen.

Beim versuchsweisen Mischen eines Estrichmörtels ohne festgelegte Zusammensetzung sollte zuerst ein Teil der Gesteinskörnungen, dann die vorgegebene Zement- und Wassermenge und zum Schluss soviel Gesteinskörnungen zugegeben werden, bis ein einbaufähiges Gemisch erreicht wird. So ergeben z. B. ein Eimer Wasser (10 Liter) und ein 25-kg-Sack Zement einen Wasserkementwert von etwa 0,40 bei trockener Gesteinskörnung. Definierte Eigenschaften nach DIN EN 13318 werden i. d. R. nur mit Werk trockenmörtel oder fertig verarbeitbarem Werkfrischmörtel/Transportbeton erreicht, wofür dann entsprechende Liefernachweise aus einer zertifizierten Produktion erhältlich sind.

Der Estrichmörtel ist sofort nach dem Mischen bzw. innerhalb der angegebenen Verarbeitbarkeitszeit einzubauen. Nach Auslegen der Höhenlehren wird der Mörtel verteilt, abgezogen und sorgfältig verdichtet. Die Ebenheitsanforderungen nach DIN 18202 sind einzuhalten (siehe Tafel 7).

Nach dem Verdichten und höhengerechtem Abziehen ist die Oberfläche abzureiben bzw. abzuscheiben. Eine strukturierte Oberfläche, z. B. zur Verbesserung der Griffigkeit, kann mittels „Besenstrich“ oder Riffelwalze hergestellt werden. Ein eventuelles Glätten (besondere Leistung nach DIN 18353 [VOB/C]) erfolgt erst, wenn die Gefahr des Hochziehens von Zementschlämme nicht mehr gegeben ist. Dies ist häufig dann der Fall, wenn die Estrichoberfläche noch matt-feucht erscheint. Bei größerem Zeitabstand zwischen Estricheinbau und Glätten kann eine Zwischenbehandlung (Auflegen einer Folie) die Estrichqualität verbessern.

Nachträgliches Pudern der Estrichoberfläche mit Zement oder Aufbringen von Feinmörtel, um z. B. eine geschlossene Oberfläche zu erreichen, sind nicht zulässig. Höhere Zementleimgehalte und Wasserkementwerte führen zu verstärktem Schwinden dieser Schichten und fördern damit die Rissbildung und plattige Ablösungen an der Estrichoberfläche.

Der eingebaute Estrich ist mindestens sieben Tage lang vor Zugluft und Sonneneinstrahlung sowie Belastungen durch Gerüste

und Baumaterialien zu bewahren. Als Schutz gegen zu rasches Austrocknen sind die Räume gegen Zugluft abzudichten und zum Erhalt einer feuchten Raumluft geschlossen zu halten. Eine alternative feuchterhaltende Abdeckung mit Folie führt nach deren Entfernung meist zu extremen Estrichverformungen, die aber langfristig abklingen. Stattdessen kann – sofern keine Beschichtung des Estrichs oder anzuklebender Belag geplant ist – ein Nachbehandlungsmittel aufgesprüht werden. Im Freien sind bei extremen Temperaturen oder starken Temperaturschwankungen Wärmeschutzfolien oder -matten zu verwenden.

Mehlende, staubende oder absandende Oberflächen sind in der Regel auf eine ungenügende Nachbehandlung zurückzuführen. Feine Oberflächenrisse wie Haarrisse (Krakelee-Risse) sind meist auf Zugluft oder zu hohe Estrichtemperaturen zurückzuführen. Sie begründen keinen technischen Mangel, da sie die Tragfähigkeit und die Gebrauchstauglichkeit des Estrichs nicht beeinträchtigen. Tiefe oder durchgehende Risse, auch in Form von Netzrissbildung, können mit Reaktionsharzen, ggf. zusätzlich mit einer Vernadelung, kraftschlüssig festgelegt und geschlossen werden, siehe [24]. Dieser Aufwand ist nur sinnvoll, wenn die Risse die Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit des Estrichs beeinträchtigen. Das Schließen oder Verfüllen von Rissen mit Reaktionsharzen verschlechtert i. A. das optische Erscheinungsbild der Oberfläche.

■ 15 Nutzungsbeginn und Belegreife (Trocknen, Schnellestriche)

Wenn keine besonderen Maßnahmen getroffen werden, können Zementestrichen nach etwa zwei bis drei Tagen begangen werden. Eine volle Belastung ist nach etwa zehn Tagen möglich.

Zementestrichen dürfen erst belegt werden, wenn sie ausreichend trocken sind. Die zulässigen Feuchten sind in Tafel 17 zusammengestellt. Einzelheiten, insbesondere auch zur genauen Prüfung der zulässigen Feuchte, sind in [15], [16] und [26] enthalten.

Die Trocknungszeit von Estrichen wird im Wesentlichen von den klimatischen Bedingungen auf der Baustelle bestimmt. Temperatur, Luftfeuchte sowie der Luftwechsel sind bestimmende Faktoren. Bei ungünstigen Witterungsverhältnissen kann das Austrocknen behindert werden. In Extremsituationen (hohe Temperaturen bei hoher relativer Luftfeuchte) kann es sogar zu einer Anreicherung der Feuchte im Estrich durch Kondensation kommen. Insofern sind die zuvor angegebenen Zeiten der Belegreife durch Feuchtemessungen zu bestätigen.

Zur Beschleunigung der Austrocknung ist für einen guten Luftwechsel zu sorgen (keine Zugluft!). Bei größeren Estrichdicken können besondere Maßnahmen wie Heizen oder Entfeuchten mit Kondensationstrocknern o. ä. notwendig werden [27].

Zementestrichen können durch Verwendung schnell erhärtender Zemente oder durch Zugabe von Zusätzen und ggf. Fasern die in Tafel 17 angegebenen Fristen für die Begehbarkeit und das Erreichen der Belegreife deutlich unterschreiten. Eine schnellere Belegreife wird im Wesentlichen durch eine Verringerung des Anmachwassers im Estrichmörtel erzielt. Die Verarbeitung schnellerharter Estriche erzeugt allerdings einen erhöhten Zeitdruck für den Estrichleger, da die Erhärtungsphase wesent-

lich früher als bei üblichen Zementestrichen beginnt. Sie sind aus arbeitstechnischen Gründen nur für kleinteilige Flächen und geringe Estrichdicken zu empfehlen und nur sinnvoll, wenn sichergestellt ist, dass die Beläge kurz nach der Estrichherstellung auch tatsächlich eingebaut werden. Zum Belegreifheizen siehe Abschnitt 8 „Heizestriche“.

■ 16 Nachweis der Güte, Prüfungen

Für die Prüfung und Festlegung der Eigenschaften des Estrichmörtels wird entsprechend DIN 18560 je nach Art und Zweck der Prüfung unterschieden in:

- Eingangsprüfung
- Erstprüfung
- Prüfung der werkseigenen Produktionskontrolle (WPK)
- Erhärtingsprüfung

Eingangsprüfung

Die Ausgangsstoffe für die Herstellung des Estrichmörtels (Zement, Gesteinskörnung) sind bei der Anlieferung zu überprüfen. Beim Zement betrifft dies die Angaben auf der Verpackung bzw. dem Lieferschein über Art, Festigkeitsklasse und den Vermerk bzgl. der Fremdüberwachung. Für die Gesteinskörnung ist eine visuelle Prüfung im Hinblick auf Korngröße, Kornform, Zusammensetzung und Verunreinigung vorzunehmen. In Zweifelsfällen sind Kontrollprüfungen durchzuführen. Zusätze müssen genormt oder bauaufsichtlich zugelassen sein. Wird Werk-Trockenmörtel oder auch Werk-Frischmörtel für die Herstellung von Estrich verwendet, werden die erforderlichen Überprüfungen der Aus-

gangsstoffe und die Prüfungen des Festmörtels im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle (Hersteller) und der Fremdüberwachung (Hersteller, Verarbeiter) in DIN 13813 geregelt.

Erstprüfung

Durch die Erstprüfung soll vor der Verwendung des Estrichmörtels nachgewiesen werden, dass mit den zu verwendenden Ausgangsstoffen die vom Hersteller (TB-Werk oder Estrichleger) zugesagten Eigenschaften auch erfüllt werden. Dies gilt auch bei Estrichmörteln niedrigerer Festigkeitsklassen, wenn keine ausreichenden Erfahrungen mit diesen vorliegen oder mit Zusätzen gearbeitet wird. Ändern sich die Estrichausgangsstoffe (z.B. Wechsel des Zementes) oder die Baustellenverhältnisse (z.B. Misch- und Fördertechnik) wesentlich, so ist eine neue Erstprüfung erforderlich.

Werkseigene Produktionskontrolle (WPK)

Sie umfasst die Kontrolle des Herstellungsprozesses und die Prüfung des Estrichmörtels. Sie gilt nur für Werk-Trockenmörtel und Werk-Frischmörtel. Eine WPK ist nach DIN 13813 durchzuführen. Sie erfolgt an Proben, die während der Estrichherstellung entnommen werden. Proben werden mindestens alle sieben Arbeitstage bzw. pro 1 000 m² Estrichfläche zur Herstellung von je drei Probekörpern entnommen. (Maßgebend ist die Anforderung, die die größere Anzahl an Proben ergibt.)

Der Hersteller von Estrichmörtel (Werk-Trockenmörtel) darf diesen mit einem CE-Zeichen kennzeichnen, wenn er zu allen wesentlichen mandatierten Eigenschaften in einer Leistungserklärung Angaben gemäß DIN EN 13813 gemacht hat.

Tafel 17: Nutzungsbeginn und Belegreife von Zementestrichen

begehbar nach	≈ 2 bis 3 Tagen
belastbar nach	≈ 10 Tagen ¹⁾
belegbar nach	≈ 28 Tagen ²⁾
Belegreife für beheizte Estriche mit elastischen und textilen Bodenbelägen, Laminat, Parkett und Holzpflaster	≤ 1,8 [M.-%] Feuchte des Estrichs ³⁾
Belegreife für keramische Beläge auf beheizten oder unbeheizten Estrichen	≤ 2,0 [M.-%] Feuchte des Estrichs ³⁾
Belegreife für unbeheizte Estriche mit elastischen und textilen Bodenbelägen, Laminat, Parkett und Holzpflaster	≤ 2,0 [M.-%] Feuchte des Estrichs ³⁾
Belegreife für dampfdurchlässige textile Beläge bzw. Fliesen/Naturstein / Betonwerkstein im Dickbett, Estrich beheizt und unbeheizt	≤ 3,0 [M.-%] Feuchte des Estrichs ³⁾

¹⁾ Bei Verwendung von Zement der Festigkeitsklasse CEM 42,5: ≈ 7 Tage

²⁾ Grober Anhaltswert. Gilt für Estrichdicken bis 50 mm; bei dickeren Estrichen mindestens ≈ 5 Tage/cm Mehrdicke zurechnen. Zur Kontrolle Feuchtigkeitsmessung durchführen.

³⁾ Feuchtigkeitsgehalte gelten bei Messung mit CM-Gerät (Calciumcarbid-Methode), siehe [26]; [16]

Tafel 18: Bestätigungsprüfungen zementgebundener Estriche nach DIN 18560

Art des Estrichs	Art und Erfordernis der Prüfung an Proben aus dem Bauwerk			
	Biegezugfestigkeit	Druckfestigkeit	Schleifverschleiß	Dicke
Verbundestrich	ja (bei Nenndicke < 40 mm)	ja (bei Nenndicke ≥ 40 mm)	ja	ja
Estrich auf Trennschicht	ja	-	ja	ja
Estrich und Heizesträcke auf Dämmschichten ¹⁾	ja	-	-	ja
Hartstoffestrich	ja	-	ja	-

¹⁾ Zusätzliche Eignungsprüfung erforderlich, wenn Mindestdicken nach Tafel 11 unterschritten sind, bzw. bei Verkehrslasten > 5 kN/m²

Erhärtungsprüfung

Erhärtungsprüfungen sind nur im Ausnahmefall erforderlich, z.B. um die Gebrauchsfähigkeit eines Estrichs zu einem bestimmten Zeitpunkt abzuschätzen. Dazu sind mindestens drei Probekörper aus dem Estrichmörtel des betreffenden Bauabschnittes herzustellen und diese unmittelbar neben oder auf dem eingebauten Estrich zu lagern und wie dieser nachzubehandeln. Zu den Prüfverfahren siehe Tafel 3.

Bestätigungsprüfungen

Die Prüfung des eingebauten Estrichs erfolgt durch Bestätigungsprüfungen (Tafel 18). Sie dienen dem Nachweis der Dicke, der Festigkeit oder z.B. des Verschleißwiderstandes. Bestätigungsprüfungen werden durchgeführt, wenn erhebliche Zweifel an der Güte des Estrichs im Bauwerk bestehen. Einzelheiten zur Durchführung der Bestätigungsprüfungen sind den jeweils zutreffenden Teilen der DIN 18560 zu entnehmen.

■ 17 Normen

- DIN EN 197 Zement
- DIN 488 Betonstahl
- DIN EN 1992 Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken
- DIN 1100 Hartstoffe für zementgebundene Hartstoffestrichre – Anforderungen und Prüfverfahren
- DIN 1164 Zement mit besonderen Eigenschaften
- DIN EN 1264 Raumflächenintegrierte Heiz- und Kühlssysteme mit Wasserdurchströmung
- DIN 4108-10 Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden – Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe – werkmäßig hergestellte Wärmedämmstoffe
- DIN EN 12620 Gesteinskörnungen für Beton
- DIN EN 13318 Estrichmörtel und Estriche – Begriffe
- DIN EN 13813 Estrichmörtel und Estrichmassen – Eigenschaften und Anforderungen
- DIN EN 13892 Prüfverfahren für Estrichmörtel und Estrichmassen
- DIN 18202 Toleranzen im Hochbau - Bauwerke
- DIN 18353 VOB – Teil C: ATV – Estricharbeiten
- DIN 18380 VOB – Teil C: ATV – Heizanlagen und zentrale Wasserwärmungsanlagen
- DIN 18560 Estriche im Bauwesen:
 - Teil 1 Begriffe, Allgemeine Anforderungen, Prüfungen
 - Teil 2 Estriche und Heizestrichen auf Dämmschichten (Schwimmende Estriche)
 - Teil 3 Verbundestrich
 - Teil 4 Estriche auf Trennschicht
 - Teil 7 Hochbeanspruchbare Estriche (Industrieestriche)

■ 18 Literatur

- [3] DBV-Merkblatt Industrieböden aus Beton für Frei- und Hallenflächen, 2004
- [4] Lohmeyer, G.: Wissenswertes über Zementestriche, Fliesen und Platten, Heft 6/82
- [5] Reinhardt, H.-W.: Ingenieurbaustoffe, Ernst & Sohn Verlag, Berlin 1973
- [6] Frey, H. et al.: Bautechnik – Fachkunde Bau, Verlag Europa-Lehrmittel, 15. Auflage, Haan-Gruiten 2013
- [7] Timm, H.: Estriche und Bodenbeläge – Arbeitshilfen für die Planung, Ausführung und Beurteilung, 4. Auflage, Vieweg + Teubner Verlag, Wiesbaden 2010
- [8] Zementfließestrich – Hinweise für die Planung und Ausführung. Industrieverband WerkMörtel e.V., Düsseldorf 3/2013
- [9] Handbuch für das Estrich- und Belaggewerbe, Hrsg.: Bundesverband Estrich und Belag im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes e. V., Bundesverband Estrich und Belag e.V. und Bundesfachschule Estrich und Belag e.V., 4. Auflage, R. Müller Verlag, Köln 2011
- [10] BEB-Merkblatt Ausgleichsschichten aus Leichtmörtel (Leichtausgleichmörtel), Bundesverband Estrich und Belag, Troisdorf 2005
- [11] BEB-Checklisten Boden NB1 und NB2 für Heizestriche Bauarten A und B, Bundesverband Estrich und Belag, Troisdorf 2011
- [12] BEB-Protokoll zum Funktionsheizen für Calciumsulfat- und Zementestriche als Funktionsprüfung für Fußbodenheizungen (Dokumentation FBH-D3), 2/2005
- [13] BEB-Merkblatt Vorbereitende Maßnahmen zur Verlegung von Oberbodenbelägen auf Zement- und Calciumsulfatheizestrichen (Merkblatt FBH-M2), 2/2005
- [14] BEB-Protokoll zum Belegreifheizen des Estrichs, Bundesverband Estrich und Belag, Troisdorf 2011
- [15] BEB-Protokoll CM-Messung mit Arbeitsanweisung, Bundesverband Estrich und Belag, Troisdorf 2011
- [16] Merkblatt Keramische Fliesen und Platten, Naturwerkstein und Betonwerkstein auf zementgebundenen Fußbodenkonstruktionen mit Dämmschichten, Fachverband Deutsches Fliesengewerbe im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes e.V., Berlin 2007
- [17] VDB-Leitfaden 1: Leitfaden für den Einbau von zementgebundenen Fließestrichen, 10/2000
- [18] BEB-Merkblatt Fertigteilestriche auf Calciumsulfat- und Zementbasis, Bundesverband Estrich und Belag, Troisdorf 2008
- [19] Heiß, S.: Gestaltete und farbige Zementestriche im Wohnungs- und Gewerbebau, opusC, Heft 2/2006

- [20] Lohmeyer, G.: Hochbeanspruchbare Zementestriche, Fußbodentechnik, Heft 3/1998
- [21] Lohmeyer, G.: Handbuch Beton-Technik. Handbuch für betongerechte Planung und Ausführung, Beton-Verlag, Düsseldorf 1997
- [22] BEB-Merkblatt Hinweise für Fugen in Estrichen, Teil 2, Fugen in Estrichen und Heizestrichen auf Trenn- und Dämmsschichten nach DIN 18560 Teil 2 und Teil 4, Bundesverband Estrich und Belag, Troisdorf 2009
- [23] BEB-Merkblatt Hinweise für Fugen in Estrichen, Teil 1, Fugen in Industrieestrichen, Bundesverband Estrich und Belag, Troisdorf 1992
- [24] Aurnhammer, K. G.: Schäden an Estrichen, Schadenfreies Bauen Band 15, 3. Auflage, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2008
- [25] BEB-Merkblatt Hinweise für die Verlegung von Estrichen in der kalten Jahreszeit, Bundesverband Estrich und Belag, Troisdorf 2007
- [26] BEB-Merkblatt Beurteilen und Vorbereiten von Untergründen – Verlegen von elastischen und textilen Bodenbelägen, Schichtstoffelementen (Laminat), Parkett und Holzpflaster – Beheizte und unbeheizte Fußbodenkonstruktionen, Bundesverband Estrich und Belag, Troisdorf 2008
- [27] BEB-Merkblatt Bauklimatische Voraussetzungen zur Trocknung von Estrichen, 2009

Ergänzende Literatur

Hinweise zur Herstellung zementgebundener Estriche, Verein Deutscher Zementwerke, Bundesverband Estrich und Belag und Zentralverband Deutsches Baugewerbe, 5/2008

Leitfaden zur Herstellung von Zementestrichmörteln im Innenbereich, Verein Deutscher Zementwerke und Bundesverband Estrich und Belag, 5/2009

Zementmerkblatt Tiefbau T 1: Industrieböden aus Beton, Verein Deutscher Zementwerke, Düsseldorf 1/2006

Beratung und Information zu allen Fragen der Betonanwendung

Herausgeber

InformationsZentrum Beton GmbH, Steinhof 39, 40699 Erkrath

www.beton.org

Kontakt und Beratung vor Ort

Büro Berlin, Teltower Damm 155, 14167 Berlin, Tel.: 030 3087778-0, berlin@beton.org

Büro Hannover, Hannoversche Straße 21, 31319 Sehnde, Tel.: 05132 502099-0, hannover@beton.org

Büro Beckum, Neustraße 1, 59269 Beckum, Tel.: 02521 8730-0, beckum@beton.org

Büro Ostfildern, Gerhard-Koch-Straße 2+4, 73760 Ostfildern, Tel.: 0711 32732-200, ostfildern@beton.org

Verfasser

Dipl.-Ing. Wolfgang Schäfer, InformationsZentrum Beton GmbH und Prof. Dr.-Ing. Matthias Beck