

Zur Ermittlung von Belegreife und Ausgleichsfeuchte von mineralisch gebundenen Estrichen

von Werner Schnell

veröffentlicht in -boden wand decke- (Heft 1/1985)

1. Einführung

Ausgangs der 70er Jahre traten an Fußböden immer wieder Schäden auf, die eindeutig auf Feuchtigkeitseinwirkung zurückgeführt werden mussten, obwohl die handwerklichen Regeln bei der Überprüfung der Vorleistung beachtet wurden und fachgerecht verlegt wurde. Besonders bei dampfdichten Oberbelägen wurden Verseifungen des Klebers bei Zementestrichen und bei Anhydritestrichen darüber hinaus eine Erweichung der oberen Estrichzone festgestellt. Dies lag einmal an den Messmethoden, die zu ungenauen Ergebnissen bei den Feuchtigkeitsmessungen führten und unterschiedliche Ergebnisse lieferten, zum anderen an der Interpretation der Messwerte, die mangels ausreichender Erfahrung zu falschen Schlussfolgerungen führte, und nicht zuletzt an der geänderten Zusammensetzung der Estriche, auf die immer noch die alten Erfahrungswerte angewandt wurden. Hinzu kam, dass die Planer nur geringe Kenntnisse über den tatsächlichen Feuchtetransport in Beton und Estrichen hatten und wenn überhaupt, dann bei der Konstruktion des Fußbodens nur die Wasserdampfdiffusion aus Feuchträumen beachteten.

Ziel der nachstehend berichteten Untersuchungen war es deshalb

- die Grenzwerte für die Belegreife üblicher, mineralisch gebundener Estriche zu ermitteln
- die Ausgleichsfeuchte für diese Estriche festzustellen
- den Grenzfeuchtigkeitswert festzustellen, bei dem ein normgerecht hergestellter Estrich die Festigkeitsanforderungen erfüllt
- die Streubreite der Messwerte bei den einzelnen Messverfahren aufzuzeigen
- die Zusammenhänge zwischen den heute üblichen Messverfahren zu ermitteln
- die Streubreite der üblichen Messverfahren durch Verfeinern der Messmethoden einzugrenzen
- die Zusammenhänge des Feuchtetransportes in Estrichen unter nahezu dampfdichten Belägen aufzuzeigen.

Die Untersuchungen wurden von Mitgliedern des Bundesverbandes Estrich und Belag e.V. finanziert.

1	2	3	4	5	6	7	8
Estrich- art	Mischung Nr.	Mischungsverhältnis Bindemittel : Zuschlag		Wasser- Binde- mittel- Wert	Zusatzmittelart (-menge ¹⁾)	Estrich- dicke cm	Verlegung schwimmend (+) auf Trennschicht (o)
		GT	RT				
Anhydrit- estrich	1	1 : 3,5 ²⁾	≈ 1 : 2,5	0,41	-	4	o
	2	1 : 3,5 ²⁾	≈ 1 : 2,5	0,41	-	4	+
	3	1 : 3,5 ²⁾	≈ 1 : 2,5	0,46	-	4	o
	4	1 : 3,5 ²⁾	≈ 1 : 2,5	0,34	Anhydur (0,75 %)	4	o
	5	1 : 3,5 ²⁾	≈ 1 : 2,5	0,41	-	6	o
	6	1 : 3,5 ³⁾	≈ 1 : 2,5	0,47	-	4	o
	7	Fertigmischung		0,17 ⁴⁾	-	2	o
Zement- estrich	11	1 : 5 ²⁾	≈ 1 : 4,2	0,45	ZE plus (0,25 %)	3	o
	12	1 : 5 ²⁾	≈ 1 : 4,2	0,45	ZE plus (0,25 %)	4	+
	13	1 : 5 ²⁾	≈ 1 : 4,2	0,45	Glascolith (0,5 %)	4	o
	14	1 : 5 ²⁾	≈ 1 : 4,2	0,58	-	4	o
	15	1 : 5 ²⁾	≈ 1 : 4,2	0,45	ZE plus (0,25 %)	4	o
	16	1 : 3 ²⁾	≈ 1 : 2,5	0,37	ZE plus (0,25 %)	4	o
	17	1 : 5 ²⁾	≈ 1 : 4,2	0,45	ZE plus (0,25 %)	6	o
	18	1 : 5 ³⁾	≈ 1 : 4,2	0,61	ZE plus (0,25 %)	4	o

¹⁾ bezogen auf das Bindemittelgewicht

²⁾ Zuschlag nahe Sieblinie B nach DIN 1045

³⁾ Zuschlag nahe Sieblinie C nach DIN 1045

⁴⁾ Wassermenge bezogen auf Trockengemisch

Tabelle 1 Mischungsverhältnis, Zusatzmittel, Estrichdicke und Verlegeart

1	2	3	4	5	6
Estrichart	Mischung Nr.	Mischungsverhältnis Bindemittel : Zuschlag Masse-Teile	Wasser-Binde- mittel-Wert	Estrichdicke cm	Verlegung schwimmend (+) auf Trennschicht (o)
Magnesia- estrich	21	1 : 2	1,20 ¹⁾	2	o
	22	1 : 4,2	1,12 ²⁾	4	+
	23	1 : 4,2	1,12 ²⁾	2,5	o
	24	1 : 2	1,20 ¹⁾	2	o
	25	1 : 3,2	1,31 ³⁾	3,5	+

¹⁾ MgCl₂-Lösung (26°Bé) : Magnesit (wasserfreies MgCl₂ : MgO = 1 : 2,3 GT)

²⁾ MgCl₂-Lösung (26°Bé) : Magnesit (wasserfreies MgCl₂ : MgO = 1 : 2,5 GT)

³⁾ MgCl₂-Lösung (18°Bé) : Magnesit (wasserfreies MgCl₂ : MgO = 1 : 3,5 GT)

Tabelle 2 Mischungsverhältnis, Estrichdicke und Verlegeart

Diese Artikel dienen nur zur Information und unter Verweis auf das IBF verwendet werden.

2. Definition Belegreife

Nach DIN 18365 - Bodenbelagarbeiten - muss der Untergrund hinsichtlich seiner Eignung zur Verlegung von Oberbelägen überprüft werden. Besonders wichtig ist die Prüfung des Feuchtigkeitsgehalts. Unterschreitet der gemessene Feuchtigkeitsgehalt des Estrichs einen Grenzfeuchtigkeitsgehalt, so gilt der Estrich als belegreif. In Literatur und Verlegevorschriften wurden bis zum Beginn unserer Untersuchungen in der Regel folgende Grenzfeuchtigkeitswerte angegeben:

Anhydritestrich	≤ 1 Gew.-%
Magnesiaestrich	≤ 12 Gew.-% bis ≤ 14 Gew.-%
Zementestrich	≤ 2 Gew.-% bis ≤ 4 Gew.-%

Die in [1] aus Festigkeitsgründen empfohlene Abminderung des Feuchtigkeitsgehalts bei Anhydritestrichen auf 0,5 Gew.-% wurde in der Praxis nicht aufgenommen und war bis zur Herausgabe des Merkblatts [2] nicht Stand der Technik. Die ersten Ergebnisse der nachfolgend berichteten Untersuchungen waren Grundlage für das Merkblatt [2], das folgende Feuchtigkeitsgehalte, gemessen mit dem CM-Gerät, für die Belegreife angibt:

Anhydritestrich	≤ 1 M-%, bei dampfdichten Belägen $\leq 0,5$ M-%
Magnesiaestrich	≤ 3 bis 12 M-%, je nach Anteil der organischen Bestandteile Erfahrungswerte bei Herstellern erfragen
Zementestrich	≤ 2 bis 3 M-%, bei dampfdichten Belägen unteren Bereich anstreben

3. Definition Ausgleichsfeuchte und praktischer Feuchtigkeitsgehalt

Mineralisch gebundene Estriche gehören zu den porösen Baustoffen. Sie sind von einem Netzwerk aus Poren unterschiedlicher Art, Form und Größe durchzogen. An den Wandungen der Poren wirken Bindungskräfte, sogenannte Adsorptionskräfte, die das Wasser in den Poren binden. Für den Transport des Wassers in den Poren sind neben diesen Adsorptionskräften „Meniskus-Kräfte“, die aus Oberflächenspannungen gekrümmter Flüssigkeitsoberflächen resultieren, und gegebenenfalls äußere mechanische oder thermische Kräfte maßgebend. Klopfer [3] sowie Gertis u.a. [4] haben die komplizierten Feuchtetransportvorgänge beschrieben.

Obwohl die theoretischen Zusammenhänge für das Verständnis der Vorgänge bedeutsam sind, sind sie für den Praktiker nur dann interessant, wenn daraus Schlussfolgerungen für seine Arbeit abgeleitet werden. In diesem Bericht wird für den Bereich der Feuchtigkeitsmessung bei Estrichen u.a. auch der Versuch unternommen, mit Hilfe der bekannten theoretischen Zusammenhänge Hinweise für das praktische Vorgehen zu geben.

Bei mineralisch gebundenen Estrichen liegen die Porenradien der geschlossenen Poren zwischen etwa 10^{-9} m und 10^{-3} m. Poren mit Radien $>10^{-7}$ m bezeichnet man als Makroporen, Poren mit Radien $<10^{-7}$ m als Mikroporen. Letztere berühren die Feuchtemessung bei Estrichen nur wenig. Erfasst wird größtenteils nur die Feuchte in den Poren mit Radien über 10^{-8} m bis 10^{-7} m.

Die Feuchte des Estrichs ist von der Zusammensetzung des Estrichs und dem Umgebungsklima abhängig. Hält man die Temperatur konstant, so stellt sich zwischen dem Feuchtegehalt des Estrichs und der relativen Luftfeuchtigkeit der angrenzenden Luft ein Gleichgewicht ein. Den Zusammenhang zwischen der Estrichfeuchte und unterschiedlichen Luftfeuchtigkeiten der angrenzenden Luft bei einer bestimmten Temperatur geben die Sorptionsisotherme wieder

(siehe Bild 1). Der Zusammenhang gilt auch für das Innere des Estrichs, wenn in den Poren feuchte Luft anwesend ist. Die Sorptionsisotherme haben einen Desorptionsast (Entwässerung) und einen Adsorptionsast (Befeuchtung). Die Werte bei erstmaliger Trocknung eines Estrichs liegen höher als bei der Befeuchtung eines trockenen Estrichs.

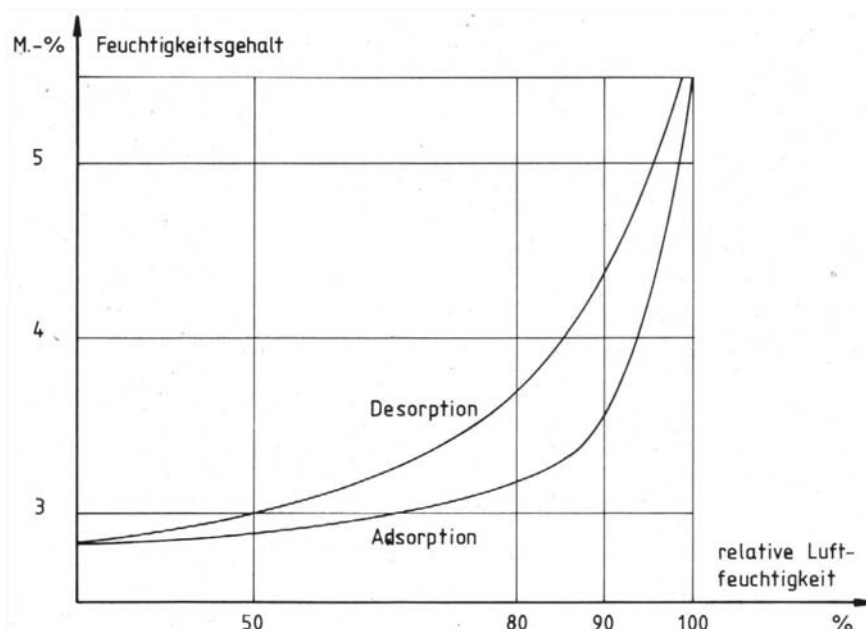


Bild 1 Sorptionsisotherme eines Zementestrichs

Der Skizze des Bildes 1 ist zu entnehmen, dass die Feuchte eines Estrichs bestimmter Zusammensetzung je nach relativer Feuchte der Umgebungsluft schon bei gleicher Temperatur unterschiedlich sein kann. Ändert sich auch die Temperatur oder die Zusammensetzung des Estrichs, sind noch größere Streubreiten im Feuchtigkeitsgehalt eines Estrichs möglich. Die Angabe eines Feuchtigkeitsgehalts gilt also streng genommen nur für ein bestimmtes Umgebungsklima und eine bestimmte Estrichzusammensetzung.

Der bei den Verlegebetrieben bisher übliche und in [5] auch von mir verwendete Begriff „Haushaltsfeuchte“ gibt zu Missverständnissen Anlass, weil er vorgibt, dass bei jeder Estrichart sich unabhängig von der Zusammensetzung und dem Umgebungsklima ein und derselbe Feuchtigkeitsgehalt einstellt. Der im Rahmen der nachfolgend berichteten Untersuchungen eingeführte Begriff Ausgleichsfeuchte (bzw. Gleichgewichtsfeuchte) trifft den tatsächlichen Zusammenhang besser, vor allem wenn das herrschende Klima hinzugefügt wird (z.B. Ausgleichsfeuchte bei 20°C und 65 % relativer Luftfeuchtigkeit).

In der neuen DIN 4108 Teil 4 - Wärmeschutz im Hochbau; wärme- und feuchteschutztechnische Kennwerte - Ausgabe August 1981, sind im Anhang A „praktische Feuchtegehalte“ zusammengestellt. Unter dem praktischen Feuchtegehalt versteht man den Feuchtegehalt, der bei der Untersuchung genügend ausgetrockneter Bauten, die zum dauernden Aufenthalt von Menschen dienen, in 90 % aller Fälle überschritten wurde. Er wird volumenbezogen angegeben. Der Einfluss der Zusammensetzung ist über die Rohdichte enthalten. Für Beton mit geschlossenem Gefüge mit dichten oder porigen Zuschlägen wird ein praktischer Feuchtegehalt von 5 Vol-% (Volumenprozent) genannt, der durch Versuche ermittelt wurde. Offensichtlich stellt sich trotz jahreszeitlich bedingter Schwankungen im Klima im Laufe der Zeit ein Feuchtigkeitsgehalt ein, der der Ausgleichsfeuchte bei einem mittleren Wohnraumklima entspricht. Aus früheren Untersuchungen weiß man, dass das mittlere Wohnraumklima im Winter bei etwa 22°C und 50 % relativer Luftfeuchtigkeit liegt. Das Klima während des Baues (im folgenden Bauklima genannt) weicht davon ab. Nicht selten beträgt es 10°C bis 15°C und 75 %

bis 80 % relativer Luftfeuchtigkeit. Die Ausgleichsfeuchte bei diesem Bauklima ist in der Regel höher als die Ausgleichsfeuchte bei Wohnraumklima.

In die nachfolgend beschriebenen Untersuchungen wurden deshalb beide Klimate einbezogen. Der Grenzfeuchtigkeitsgehalt für die Belegreife liegt nahe der Ausgleichsfeuchte bei Wohnraumklima. Da alle üblichen Messverfahren den Feuchtigkeitsgehalt in Masse-% erfassen und Vergleichswerte existieren, wurde auch bei diesen Untersuchungen diese Maßeinheit beibehalten.

4. Messverfahren

Der Feuchtigkeitsgehalt eines Estrichs wird in der Regel mit folgenden Messverfahren ermittelt:

- a) CM-Gerät
In einer Stahlflasche mit Manometer wird die feuchte Probe mit Calciumcarbid vermischt und dadurch Azetylen-Gas erzeugt. Aus dem Druckanstieg am Manometer und einer Eich-tabelle wird der Feuchtigkeitsgehalt des Estrichs ermittelt.
- b) Elektrische Verfahren (bekannte Messgeräte, z.B. Aqua-Boy BM I, Gann-Gerät)
Messung der Leitfähigkeit, die bei Anwesenheit von Wasser zunimmt. Ermittlung des Estrichfeuchtigkeitsgehalts über eine Eich-tabelle
- c) Darr-Methode
Estrichproben werden in einem Trockenschrank mit Umluft bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Aus der Gewichts-differenz zwischen feuchter und trockener Probe und aus dem Trockengewicht errechnet sich der Feuchtigkeitsgehalt

Trocknungstemperatur:

- bei Anhydritestrichen 40°C
- bei Magnesiaestrichen 105°C
- bei Zementestrichen 105°C.

Die Vor- und Nachteile der genannten und weiterer bei Estrichen nicht üblichen Messverfahren werden in [1] und [5] ausführlich beschrieben. Die neuere Zusammenstellung der Messmethoden in [6] zeigt, dass in den letzten Jahren keine Neuerungen hinzukamen. Verfeinert wurde die elektrische Meßmethode bei dem neuen Gerät Aqua Boy EFM 1 System Kraftt, das auch eine bessere und einfache Kontaktierung mittels Messingspreizdübel und Graphitpulver anbietet.

5. Versuchsprogramm

Im Rahmen der beschriebenen Versuche wurde der Austrocknungsverlauf und die Ausgleichsfeuchte von

- Anhydritestrichen
- Magnesiaestrichen
- Zementestrichen

unterschiedlicher Zusammensetzung bei feuchtem Bauklima und trockenem Wohnraumklima ermittelt. Untersucht wurden 7 Anhydritestriche, 5 Magnesiaestriche und 8 Zementestriche. Die

Tabellen 1 und 2 enthalten Angaben über das Mischungsverhältnis Bindemittel : Zuschlag, den Wasser-Bindemittel-Wert, ggf. Zusatzmittelart und -menge, Estrichdicke und Verlegeart.

Bei den Anhydrit- und Zementestrichen wurde ausgehend von einer üblichen Zusammensetzung (Mischungen 1 und 11), die Verlegeart (Mischungen 2 und 12), das Zusatzmittel (Mischungen 4 und 13), der Wasser-Bindemittel-Wert (Mischungen 3 und 14), der Bindemittelanteil (Mischungen 7 und 16), die Estrichdicke (Mischungen 5, 15 und 17) und die Kornzusammensetzung des Zuschlags (Mischungen 6 und 18) variiert. Bei den Magnesiaestrichen wurden mit einer Ausnahme (Mischung 25) Trockenmischungen verwendet und die Estrichdicke und Verlegeart variiert. Die Mischungen 21 und 24 sind Industrieestriche, die Mischungen 22, 23 und 24 Unterestriche für Beläge. Sie enthielten alle teilweise Holz als Füllstoff.

Zur Ermittlung einer allgemeingültigen Aussage über die Ausgleichsfeuchte wurden auch zahlreiche Messungen an anderen im Institut ausgeführten bzw. in Bauvorhaben verlegten Magnesiaestrichen auch ohne Holzfüllstoff mit herangezogen. Von jedem Estrich wurden sieben fünfseitig abgedichtete Probekörper mit einer freien Oberfläche von 400 cm² und 2 Platten mit den Abmessungen 50 cm x 50 cm hergestellt. Die Probekörper und Platten wurden in der Regel etwa 30 Tage bis 37 Tage bei 10°C bis 13°C und 75 % bis 80 % relativer Luftfeuchtigkeit und anschließend 22 Tage bis 33 Tage bei 20°C bis 23°C und 45 % bis 50 % relativer Luftfeuchtigkeit gelagert. Nur die Probekörper und Platten eines Magnesiaestrichs (Mischung 24) wurden nach der Herstellung sofort einem trockenen Klima ausgesetzt. An den Probekörpern wurde bei jedem der über die Lagerungszeit verteilt liegenden Messtermine der Feuchtigkeitsgehalt des Estrichs mit dem

- CM-Gerät
- der Darmmethode und
- teilweise mit dem elektrischen Messgerät Aqua Boy BM I

festgestellt. Mit der Darmmethode wurden sowohl die ganze Dicke als auch die obere und untere Zone des Estrichs getrennt untersucht. Außerdem wurde jeweils eine auf dem Prüfsieb 2 mm abgesiebte Probe mit dem CM-Gerät überprüft. Damit sollte festgestellt werden, ob sich die Streubreite in den Messwerten durch ein Absieben der groben Zuschlagkörner eingrenzen lässt. Das neue elektrische Messgerät Aqua Boy EFM 1 System Krafft wurde an zahlreichen Zementestrichen durch Vergleich mit der Darmmethode getestet. Die Frischmörtel der Estriche wurden durch Ausbreitmaß, Eindringmaß, Rohdichte und Luftgehalt gekennzeichnet. An je 3 Prismen 4 cm x 4 cm x 16 cm aus den Mörteln wurde die Rohdichte, Biegezug- und Druckfestigkeit im Alter von 28 Tagen bestimmt. An Streifen aus den Estrichplatten wurde die Biegezugfestigkeit bei dem nach der Feuchtlagerung (Bauklima) bzw. nach der Trockenlagerung (Wohnraumklima) vorhandenen Feuchtigkeitsgehalt festgestellt.

6. Frisch- und Festmörteleigenschaften der Estriche

Die Frischmörteleigenschaften der Estriche wurden nach DIN 18 555 Teil 2 - Prüfung von Mörteln mit mineralischen Bindemitteln; Frischmörtel mit dichten Zuschlägen; Bestimmung der Konsistenz, der Rohdichte und des Luftgehalts - bestimmt. Die Ergebnisse der Prüfungen sind in Tabelle 3 zusammengestellt. Die meisten Estriche hatten eine steifplastische Konsistenz, 2 Anhydritestriche waren plastisch, 1 Anhydritestrich und 2 Magnesiaestriche fließfähig eingestellt.

1	2	3	4	5	6	7
Estrichart	Mischung Nr.	Wasser-Binde-mittel-Wert	Ausbreitmaß cm	Eindringmaß mm	Rohdichte kg/dm ³	Luftgehalt %
Anhydrit-estrich	1	0,41	12,9	42	2,34	2,2
	2	0,41	12,9	42	2,34	2,2
	3	0,46	15,9	>60	2,33	2,1
	4	0,34	12,9	42	2,38	2,9
	5	0,41	12,9	42	2,34	2,2
	6	0,47	15,9	48	2,28	3,1
	7	-	fließf.	fließf.	2,18	1,2
Magnesia-estrich	21	1,20 ¹⁾	fließf.	>70	1,81	5,0
	22	1,12 ²⁾	10,1	22	1,47	21
	23	1,12 ²⁾	10,1	22	1,47	21
	24	1,20 ¹⁾	fließf.	>70	1,81	5,0
	25	1,31 ³⁾	11,7	36	1,68	16,2
Zement-estrich	11	0,45	11,9	30	2,21	6,7
	12	0,45	11,9	30	2,21	6,7
	13	0,45	11,8	30	2,17	8,9
	14	0,58	11,9	30	2,35	2,7
	15	0,45	11,9	30	2,21	6,7
	16	0,37	11,9	31	2,34	3,6
	17	0,45	12,8	36	2,20	7,2
	18	0,61	13,0	40	2,13	8,5

¹⁾ MgCl₂-Lösung (26°Bé) : Magnesit (wasserfreies MgCl₂ : MgO = 1 : 2,3 GT)

²⁾ MgCl₂-Lösung (26°Bé) : Magnesit (wasserfreies MgCl₂ : MgO = 1 : 2,5 GT)

³⁾ MgCl₂-Lösung (18°Bé) : Magnesit (wasserfreies MgCl₂ : MgO = 1 : 3,5 GT)

Tabelle 3 Frischmörteleigenschaften

Die Ergebnisse der nach DIN 18 555 Teil 3 - Prüfung von Mörteln mit mineralischen Bindemitteln; Festmörtel, Bestimmung der Biegezugfestigkeit, Druckfestigkeit und Rohdichte - festgestellten Festigkeiten und die Rohdichten der Prismen sind in Tabelle 4 wiedergegeben.

1	2	3	4	5
Estrichart	Mischung	Rohdichte ²⁾	Biegezug- ²⁾ festigkeit	Druck- ³⁾
	Nr.	kg/dm ³	N/mm ²	N/mm ²
Anhydrit- estrich	1	2,26	7,4	49
	2	2,26	7,4	49
	3	2,23	6,7	39
	4	2,31	11,3	68
	5	2,26	7,4	49
	6	2,16	6,3	30
	7	2,09	11,1	45
Magnesia- estrich	21	1,76	11,4	48
	22	1,59	9,7	28
	23	1,59	9,7	28
	24	1,75	12,4	49
	25	1,63	5,9	18
Zement- estrich	11	2,14	7,8	37
	12	2,14	7,8	37
	13	2,11	6,6	34
	14	2,24	7,8	39
	15	2,14	7,8	37
	16	2,31	11,0	75
	17	2,14	7,8	37
	18	2,03	5,9	26

¹⁾ Lagerung bei:

- Anhydrit- und Zementestrich nach DIN 4109 Blatt 4:
2 Tage in feuchter Luft bei etwa 20°C und anschließend in Normalklima DIN 50 014-20/65
- Magnesiaestrich nach DIN 272: 28 Tage in Normalklima DIN 50 014-20/65

²⁾ Mittel aus 3 Werten

³⁾ Mittel aus 6 Werten

Tabelle 4 Rohdichte, Biegezug- und Druckfestigkeit von Prismen 4 cm x 4 cm x 16 cm

Beim Anhydritestrich waren die Festigkeitsklassen AE 20 bis AE 40 und AE 60, beim Magnesiaestrich die Festigkeitsklassen ME 12, ME 20 und ME 40 und beim Zementestrich die Festigkeitsklassen ZE 20 bis ZE 30 und ZE 60 vertreten. Die Rohdichten der Estriche waren je nach Wasser-Bindemittel-Wert, Luftgehalt und Kornzusammensetzung unterschiedlich. Bei den Zementestrichen trugen die Zusatzmittel zusätzliche Luftporen ein und verkleinerten dadurch die Rohdichte. Die Rohdichte der verdichteten Estriche lag im lufttrockenen Zustand bei den

- Anhydritestrichen zwischen 2,09 kg/dm³ und 2,31 kg/dm³
- Magnesiaestrichen zwischen 1,59 kg/dm³ und 1,76 kg/dm³
- Zementestrichen zwischen 2,03 kg/dm³ und 2,31 kg/dm³

Mischung Nr.	Ausgleichsfeuchte bei ≈ 13/80				Belegreife			
	Darren ²⁾ M-%	CM-Gerät %	Darren ²⁾ M-%	CM-Gerät %	allgemein Darren ²⁾ M-%	allgemein CM-Gerät %	bei dampfdichten Belägen ¹⁾ Darren ²⁾ M-%	bei dampfdichten Belägen ¹⁾ CM-Gerät %
Anhydritestriche								
1	0,6		0,2					
2	0,6		0,2					
3	0,6		0,2					
4	0,6		0,2		≤ 1	≤ 1	≤ 0,5	≤ 0,5
5	0,7		0,2					
6	0,9		0,2					
7	0,8		0,2					
Magnesiaestriche								
21	14,0	8	9,0	3,2	mit Holz als Füllstoff		mit Holz als Füllstoff	
22	9,5	4	7,0	2,5				
23	9,5	4	7,5	3,0	≤ 10 ³⁾	≤ 4 ⁴⁾	≤ 9	≤ 3,5
24	-		8,5	2,3	ohne Holz als Füllstoff		ohne Holz als Füllstoff	
25	-		5,4	0,8	≤ 7	≤ 2	≤ 6	≤ 1
Zementestriche								
11	3,5	1,8	2,5	1,4	bei feuchtigkeits- empfindlichen Belägen			
12	3,7	2,4	2,9	1,5				
13	3,4	2,1	2,6	1,3				
14	4,2	2,6	3,1	1,7	≤ 4	≤ 2,5		
15	3,5	2,0	2,7	1,1	bei feuchtigkeitsun- empfindlichen Belägen		≤ 3,5	≤ 2,0
16	4,4	2,9	3,6	1,3				
17	4,5	2,6	3,1	1,7	≤ 4,5	≤ 3,0		
18	4,8	2,7	3,3	1,9				

¹⁾ bei Verbundestrichen auf Abdichtung von unten achten

²⁾ bei Anhydritestrichen 40°C, bei Magnesia- und Zementestrich 105°C

³⁾ bei ausschließlicher Verwendung von Holz als Füllstoff ≤ 12 Masse-%

⁴⁾ bei ausschließlicher Verwendung von Holz als Füllstoff ≤ 5 %

Tabelle 5 Ausgleichsfeuchtigkeitsgehalt und Belegreife

7. Austrocknungsverlauf der Estriche

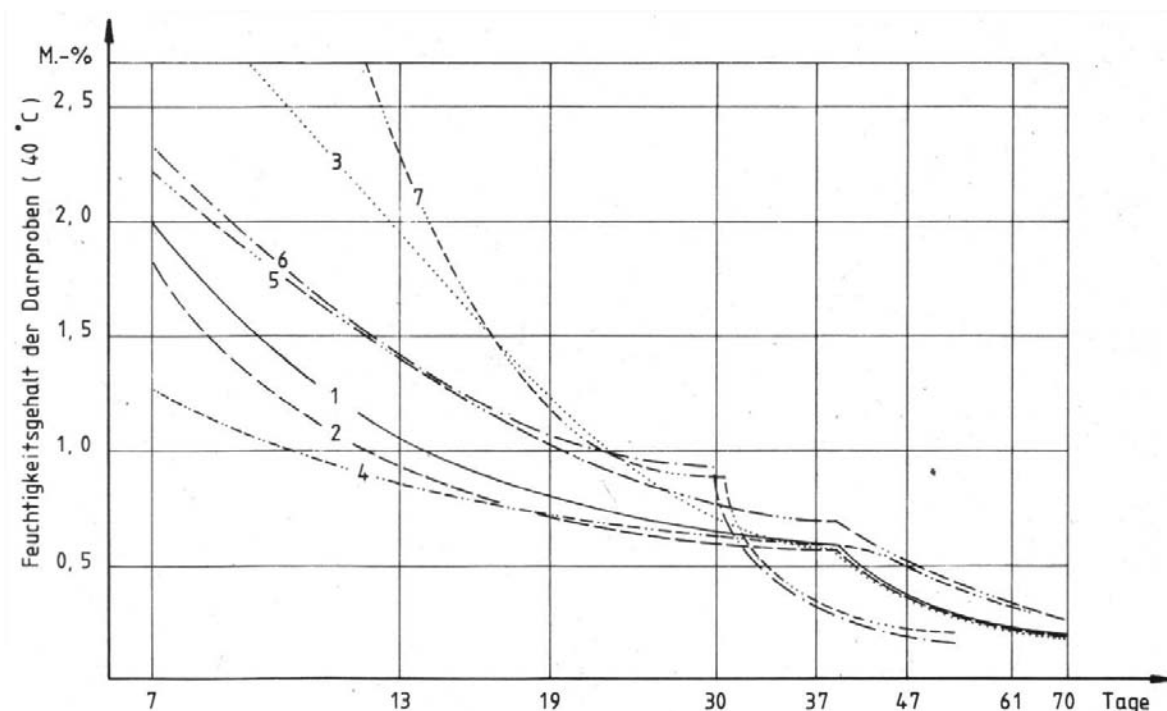


Bild 2 Austrocknungsverlauf der Anhydritestriche bei Lagerung in feuchtem (10/75) und anschließend in trockenem (20/50) Klima

Der Austrocknungsverlauf der untersuchten Estriche ist in den Bildern 2 bis 4 in logarithmischem Maßstab dargestellt. Durch den Maßstab wird die anfängliche Austrocknung beim Bauklima in die Breite gezogen und der Kurvenverlauf bei der Austrocknung während des Wohnraumklimas zusammengedrängt. In Wahrheit gleichen sich die Kurven bei Austrocknung während des Bauklimas und während des Wohnraumklimas. Den Kurven ist zu entnehmen, dass der früher in Richtlinien festgelegte Feuchtigkeitsgehalt bei Anhydritestrichen von 1 Masse-% beim Bauklima nach etwa 3 Wochen erreicht ist. Bei der Weiterlagerung im Wohnraumklima trocknet der Estrich weiter aus. Der Feuchtigkeitsgehalt wird um bis zu 0,6 Masse-% reduziert. Trotz unterschiedlicher Zusammensetzung liegen die Kurven der Anhydritestriche nach etwa 30 Tagen nahe beieinander und unterscheiden sich nach der Trockenlagerung kaum.

Völlig andersartig war der Kurvenverlauf bei den Zementestrichen. Zwar wurde auch hier durch Hydratation und Austrocknung beim Bauklima mit Ausnahme von Mischung 18 schon nach 7 Tagen ein relativ niedriges Feuchtigkeitsniveau erreicht. Der Feuchtigkeitsgehalt änderte sich dann aber in den folgenden 27 Tagen nur noch wenig. Auch der Abstand zwischen den Austrocknungskurven blieb nahezu gleich. Erst die Weiterlagerung im trockenen Wohnraumklima bewirkte eine deutliche weitere Feuchtigkeitsabnahme und eine geringe Annäherung der Kurven. Auffallend ist, dass der Zementestrich Nr. 16 mit der größten Dichte beim trockenen Wohnraumklima wesentlich langsamer als die übrigen Estriche austrocknete und offensichtlich eine höhere Ausgleichsfeuchte hatte. Dagegen glich sich der mit hohem Wasser-Zement-Wert hergestellte Estrich Nr. 18 im trockenen Wohnraumklima rasch den übrigen Estrichen an.

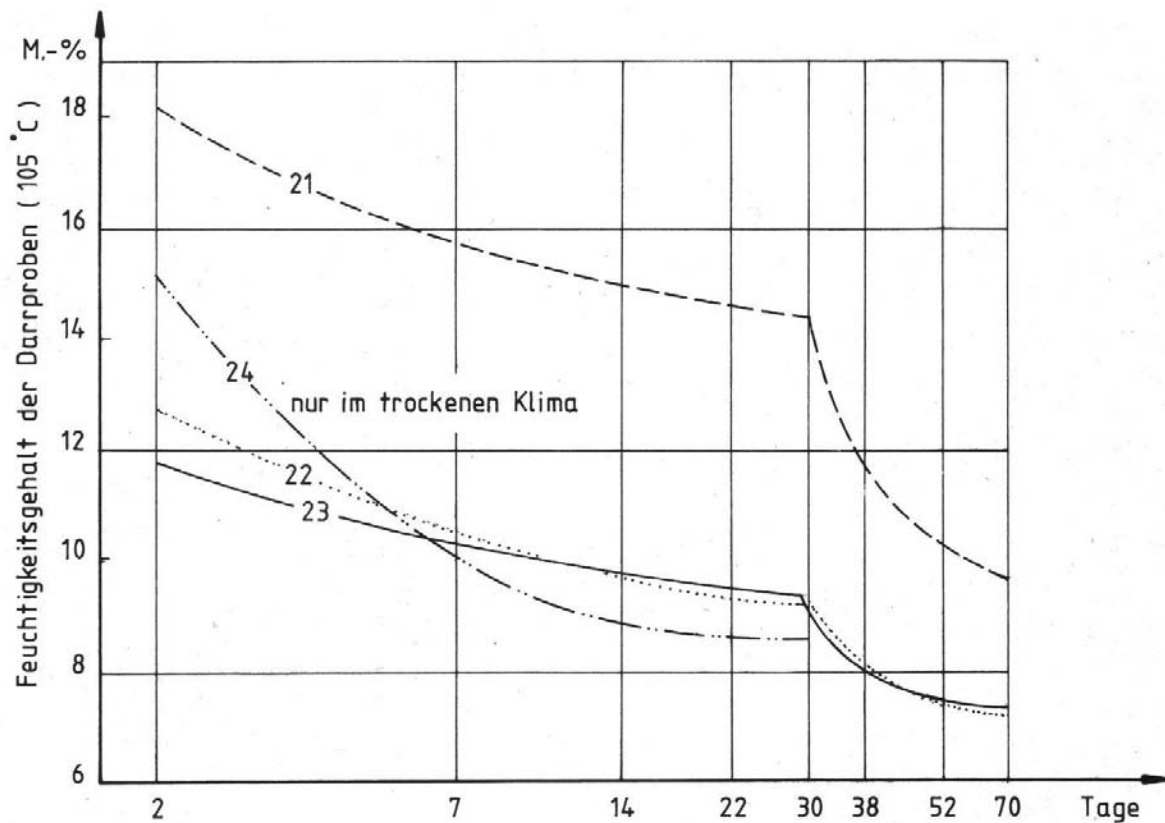


Bild 3 Austrocknungsverlauf der Magnesiaestriche bei Lagerung in feuchtem (13/80) und anschließend in trockenem (22/45) Klima

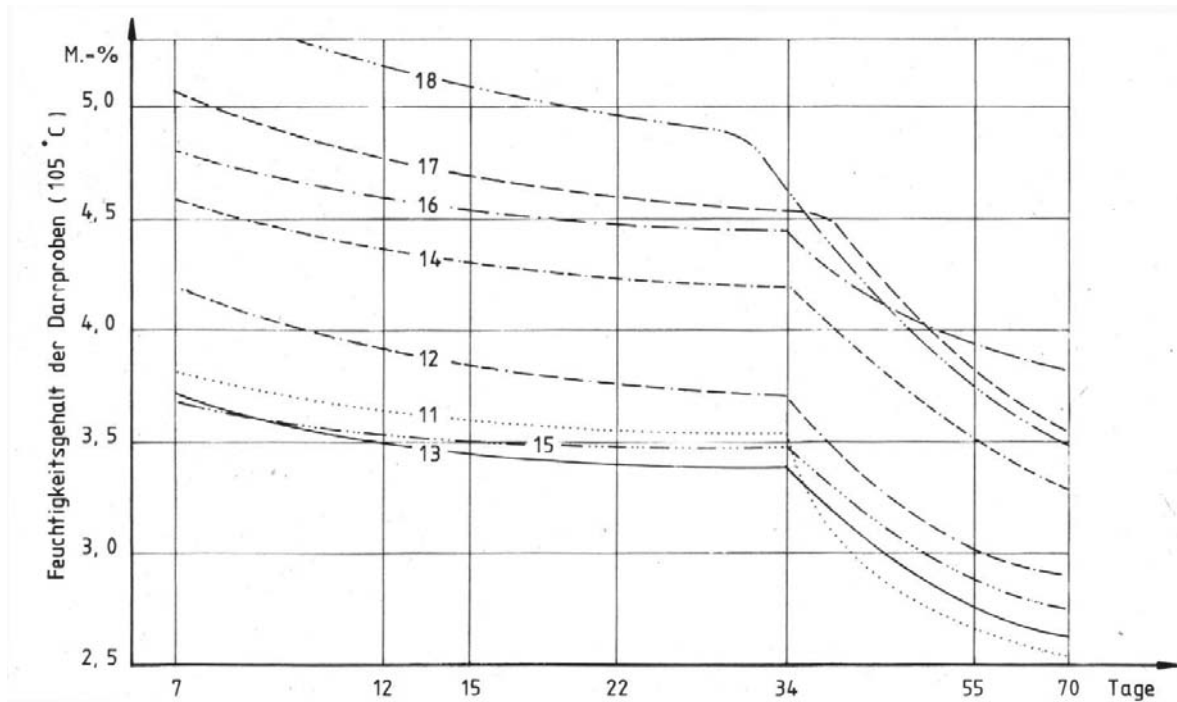


Bild 4 Austrocknungsverlauf der Zementestriche bei Lagerung in feuchtem (13/80) und anschließend in trockenem (22/50) Klima

Der Austrocknungsverlauf der Magnesiaestriche war während des Bauklimas ähnlich wie beim Zementestrich. Nach anfänglich schneller Trocknung sank der Feuchtigkeitsgehalt in der Folgezeit nur wenig. Die anschließende Trockenlagerung bewirkte dann vor allem bei dem bindemittelreichen Estrich Nr. 21 eine große weitere Reduzierung des Feuchtigkeitsgehalts. Der Austrocknungsverlauf wurde beim Magnesiaestrich sehr stark vom Holzanteil im Estrich beeinflusst.

8. Ausgleichsfeuchte und Belegreife der Estriche

Aus dem Kurvenverlauf wurde die Ausgleichsfeuchte der Estriche beim Bauklima und Wohnraumklima abgeschätzt. Die in Tabelle 5 zusammengestellten Werte zeigen, dass die Ausgleichsfeuchte, festgestellt mit der Darmmethode,

bei feuchtem Bauklima

- bei Anhydritestrich zwischen 0,6 Masse-% und 0,9 Masse-%
- bei holzreichem Magnesiaestrich zwischen 9,5 Masse-% und 14 Masse-% und
- bei Zementestrich zwischen 3,4 Masse-% und 4,8 Masse-%

bei trockenem Wohnraumklima

- bei Anhydritestrich bei 0,2 Masse-%
- bei Magnesiaestrich zwischen 5,4 Masse-% und 9,0 Masse-% und
- bei Zementestrich zwischen 2,5 Masse-% und 3,6 Masse-%

lag. Das CM-Gerät liefert bei Magnesia- und Zementestrichen durchweg kleinere Werte. Auch nach etwa 22- bis 30-tägiger Trockenlagerung im Wohnraumklima war in den meisten Estrichen noch ein Feuchtigkeitsgefälle vorhanden. Die Differenz im Feuchtigkeitsgehalt zwischen oberer und unterer Estrichzone betrug bei 4 cm dicken Estrichen nach dieser Zeit beim

- Anhydritestrich 0,05 bis 0,3 Masse-%
- Magnesiaestrich 0,1 bis 0,9 Masse-%
- Zementestrich 0,1 bis 0,7 Masse-%.

Bei den 6 cm dicken Estrichen war die Differenz nur beim Zementestrich mit 1,3 Masse-% größer. Bei diesem dicken Estrich war offensichtlich die Ausgleichsfeuchte noch nicht erreicht. Auch bei den übrigen Estrichen deutet das Feuchtigkeitsgefälle darauf hin, dass mit einer weiteren Austrocknung in der Folgezeit zu rechnen ist. Die weitere Entwässerung geht aber bei diesen Estrichen auch bei trockenem Wohnraumklima so langsam vor sich, dass die Feuchtigkeit auch bei nahezu dampfdichten Belägen in die Raumluft gelangt, ohne Schäden am Oberbelag zu verursachen. Bei 6 cm dicken Zementestrichen muss der Estrich vor der Verlegung des Oberbelages länger als 30 Tage bei trockenem Wohnraumklima gelagert werden. Dies gilt vor allem auch für dickere, dichte Fließestriche.

Die Ausgleichsfeuchte nach mehrjähriger Nutzung bei Wohnraumklima liegt bei üblichen Estrichen wie folgt:

	Darmmethode Masse-%	CM-Gerät %
Anhydritestriche	0,2	0,2
Magnesiaestriche	4 – 8	0,5 – 3
Zementestriche	2,5	1 bis 1,5

Hochwertige Zementestriche weisen bei diesem Klima einen um etwa 0,5 Masse-% höheren Feuchtigkeitsgehalt auf. Der praktische Feuchtigkeitsgehalt beträgt bei Anhydritestrichen etwa 0,5 Vol-%, bei üblichen Zementestrichen wie bei Beton 5 Vol-%. Für Magnesiaestriche lässt sich wegen der unterschiedlichen Füllstoffe kein Einzelwert für den praktischen Feuchtigkeitsgehalt angeben.

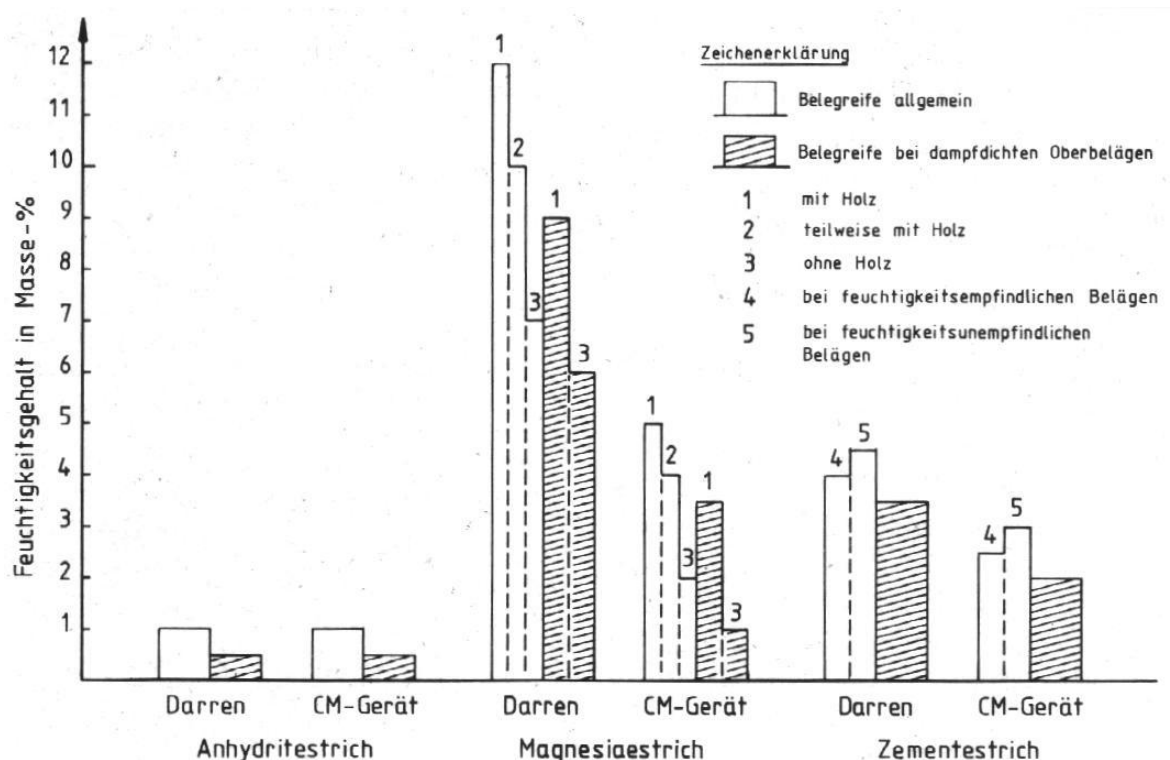


Bild 5 Grenzfeuchtigkeitsgehalte für die Belegreife

Die Grenzfeuchtigkeitsgehalte für die Belegreife, die ebenfalls in Tabelle 5 zusammengestellt und in Bild 5 dargestellt sind, wurden aus den Ausgleichsfeuchten bei feuchtem Bauklima und trockenem Wohnraumklima abgeleitet. Bei dampfdurchlässigen Belägen (allgemein) wurden die Grenzfeuchtigkeitsgehalte mehr an der Ausgleichsfeuchte des Bauklimas, bei dampfdichten Belägen mehr an der des Wohnraumklimas orientiert. Während bei Anhydritestrichen die Unterscheidung nach der Durchlässigkeit der Oberbeläge getroffen werden muss, ist bei

Magnesiaestrichen besonders der Holzanteil im Estrich zu berücksichtigen. Bei den Zementestrichen sollte der Grenzfeuchtigkeitsgehalt für die Belegreife bei dampfdurchlässigen, aber feuchtigkeitsempfindlichen Belägen zwischen den Werten bei dampfdichten und denen bei durchlässigen und feuchtigkeitsunempfindlichen Belägen liegen, damit nicht eine Feuchtigkeitserhöhung im Belag zu dessen Zerstörung führt.

Bei Beachtung der angegebenen Grenzfeuchtigkeitswerte wird verhindert, dass sich bei trockenem Wohnraumklima freiwerdendes Wasser unter dem dampfdichten Belag ansammelt und dort zu Schäden führt. Besonders muss darauf hingewiesen werden, dass der Grenzfeuchtigkeitsgehalt für dampfdichte Beläge bei feuchtem Bauklima auch bei langer Trocknungszeit nicht zu erreichen ist. Im Herbst und Winter sollten deshalb die Räume vor der Bodenbelagsverlegung mehrere Tage beheizt werden, damit sich der Sollwert einstellen kann. Dasselbe gilt für dicke Estriche, in denen nach Lagerung im feuchten Bauklima ein hohes Feuchtigkeitsgefälle verbleibt.

9. Biegezugfestigkeit der verlegten Estriche

Die Biegezugfestigkeit des verlegten Estrichs wurde an Streifen nach DIN 4109 Blatt 4 bzw. DIN 18 560 Teil 2 - Estriche im Bauwesen; Estriche auf Dämmschichten (schwimmende Estriche) - nach Lagerung im feuchten Bauklima und gesondert nach Lagerung im trockenen Wohnraumklima bestimmt. Die Ergebnisse der Prüfungen sind in den Tabellen 6 bis 8 zusammengestellt. Angegeben wurde jeweils auch der bei der Prüfung vorhandene Feuchtigkeitsgehalt.

1	2	3	4	5	6
Estrichart	Mischung Nr.	Biegezugfestigkeit ¹⁾ Lagerung: 37 Tage bei etwa 10/75 ²⁾ N/mm ²	Feuchtigkeitsgehalt Gew.-%	Biegezugfestigkeit ¹⁾ Lagerung: 37 Tage bei etwa 10/75 ²⁾ anschließend 33 Tage bei etwa 20/50 ³⁾ N/mm ²	Feuchtigkeitsgehalt Gew.-%
Anhydrit- estrich	1	4,0	0,6	6,2	0,2
	2	3,5	0,6	5,7	0,2
	3	3,6	0,6	6,0	0,2
	4	4,3	0,6	6,2	0,2
	5	3,2	0,7	5,0	0,2
	6	3,1 ⁴⁾	0,9 ⁴⁾	6,0 ⁵⁾	0,2 ⁵⁾
	7	4,6 ⁴⁾	0,9 ⁴⁾	11,4 ⁵⁾	0,1 ⁵⁾

1 N/mm² = 10 kp/cm²

¹⁾ Mittel aus 4 Werten

²⁾ 10°C und 75 % relative Luftfeuchtigkeit

³⁾ 20°C und 50 % relative Luftfeuchtigkeit

⁴⁾ Prüfung nach 30 Tagen

⁵⁾ Prüfung nach 52 Tagen

Tabelle 6 Mittlere Biegezugfestigkeit und Feuchtigkeitsgehalt von Streifen aus Platten
50 cm x 50 cm

1	2	3	4	5	6
Estrichart	Mischung Nr.	Biegezugfestigkeit ¹⁾ Lagerung: 31 Tage bei etwa 13/80 ²⁾ N/mm ²	Feuchtigkeitsgehalt Masse-%	Biegezugfestigkeit ¹⁾ Lagerung: 31 Tage bei etwa 13/80 ²⁾ anschließend 21 Tage bei etwa 22/45 ³⁾ N/mm ²	Feuchtigkeitsgehalt Masse-%
Magnesia- estrich	21	9,2	13,5	9,8	10,2
	22	4,1	9,3	5,7	7,4
	23	5,4	9,1	7,7	7,6
	25	-	-	3,5 ¹⁾	5,4

¹⁾ 43 Tage bei etwa 15°C und 60 % relativer Luftfeuchtigkeit

²⁾ 13°C und 80 % relative Luftfeuchtigkeit

³⁾ 22°C und 45 % relative Luftfeuchtigkeit

Tabelle 7 Mittlere Biegezugfestigkeit und Feuchtigkeitsgehalt von Streifen aus Platten
50 cm x 50 cm

1	2	3	4	5	6
Estrichart	Mischung Nr.	Biegezugfestigkeit ¹⁾ Lagerung: 34 Tage bei etwa 13/80 ²⁾ N/mm ²	Feuchtigkeitsgehalt Gew.-%	Biegezugfestigkeit ¹⁾ Lagerung: 34 Tage bei etwa 13/80 ²⁾ anschließend 21 Tage bei etwa 22/45 ³⁾ N/mm ²	Feuchtigkeitsgehalt Gew.-%
Zement- estrich	11	4,4	3,5	4,1	2,5
	12	4,0	3,7	3,2	2,9
	13	2,9	3,4	3,0	2,6
	14	4,5	4,2	5,4	3,3
	15	3,8	3,5	4,1	2,8
	16	5,2	4,5	5,6	3,7
	17	4,2	4,5	4,6	3,3
	18	4,4 ⁴⁾	4,9 ⁴⁾	5,1 ⁵⁾	3,9 ⁵⁾

1 N/mm² = 10 kp/cm²

¹⁾ Mittel aus 4 Werten

²⁾ 13°C und 80 % relative Luftfeuchtigkeit

³⁾ 22°C und 50 % relative Luftfeuchtigkeit

⁴⁾ Prüfung nach 30 Tagen

⁵⁾ Prüfung nach 52 Tagen

Tabelle 8 Mittlere Biegezugfestigkeit und Feuchtigkeitsgehalt von Streifen aus Platten
50 cm x 50 cm

Die Tabellen zeigen, dass der Feuchtigkeitsgehalt die Biegezugfestigkeit besonders bei den feuchtigkeitsempfindlichen Anhydrit- und Magnesiaestrichen beeinflusst. Beim Anhydritestrich

betrug die Festigkeitssteigerung bei einer Feuchtigkeitsabnahme von 0,6 Masse-% auf 0,2 Masse-% über 50 %. Beim Anhydritfließestrich wurde die Biegezugfestigkeit durch eine Entwässerung um 0,8 Masse-% um das 2 ½-fache gesteigert. Beim Magnesiaestrich bewirkte die Trocknung von 9,1 Masse-% auf 7,6 Masse-% eine Festigkeitssteigerung um nahezu 50 %. Dagegen war die Zunahme der Biegezugfestigkeit beim Zementestrich gering und sicherlich vorwiegend auf Überlagerungen von Biegezugspannungen und Schwindspannungen bei der Prüfung zurückzuführen.

10. Beurteilung der Messverfahren

Die Bestimmung des Feuchtigkeitsgehalts des Estrichs mit dem CM-Gerät wurde im wesentlichen nach der neuesten Gebrauchsanweisung der Firma Riedel-de Haen (Seelze) in Räumen mit relativen Luftfeuchtigkeiten ≈ 65 % vorgenommen. Entgegen der Anweisung wurde die über den ganzen Estrichquerschnitt entnommene Probe allerdings außerhalb der Druckflasche nicht fein zerkleinert, sondern nur so weit, dass durch die Kugeln in der Druckflasche eine vollkommene Restzerkleinerung möglich war. Dazu wurde die Druckflasche mit der Probe und den Kugeln etwa 2 min in horizontaler Richtung (nicht in Richtung des Manometers) geschüttelt. Nach einer Stellpause von etwa 6 min wurde die Probe nochmals 1 min durchgeschüttelt und der Manometerwert nach einer weiteren Minute, also 10 min (bei Magnesiaestrichen eine Stunde) nach dem Einfüllen der Probe, abgelesen.

Mit dem Manometerdruck in bar wird aus der beiliegenden Eich-tabelle der Feuchtigkeitsgehalt ermittelt, der auf die Einwaage bezogen ist. Obwohl also ein Gewichtsverhältnis festgestellt wird, sollte die Maßeinheit beim CM-Gerät nicht in "Masse-%", sondern in % angegeben werden, um Verwechslungen mit dem bei der Darmethode festgestellten Masse-% auszuschließen.

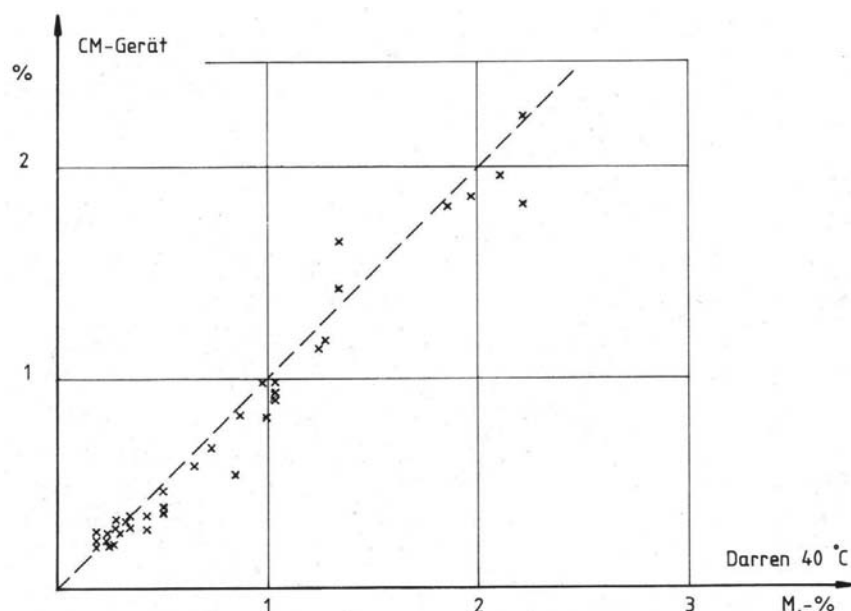


Bild 6 Vergleich CM-Gerät und Darrversuch (40°C) bei Anhydritestrichen

In den Bildern 6 bis 8 sind die mit dem CM-Gerät ermittelten Werte in Abhängigkeit von den Darrwerten dargestellt. Den Bildern ist zu entnehmen, dass die Werte beim

- Anhydritestrich weitgehend übereinstimmen
- Magnesiaestrich um 5 % bzw. 6 % abweichen
- Zementestrich um etwa 1,5 % abweichen.

Die Darrwerte lassen sich also aus den mit dem CM-Gerät ermittelten Werten im maßgebenden Feuchtigkeitsbereich näherungsweise mit folgenden Korrekturwerten bestimmen:

- Anhydritestrich: $\approx$ CM-Wert
- Magnesiaestrich: $\approx$ CM-Wert + 5 % bzw. 6 %
- Zementestrich: $\approx$ CM-Wert + 1,5 %.

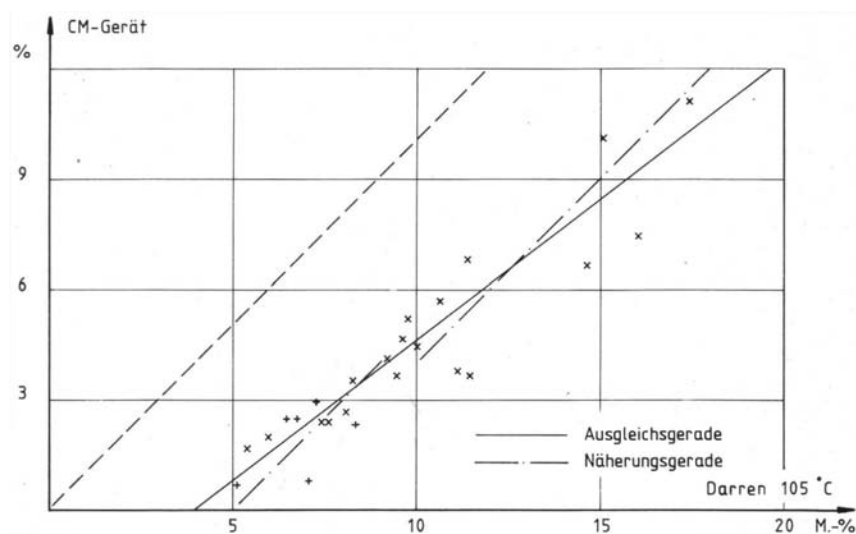


Bild 7 Vergleich CM-Gerät und Darrversuch (105°C) bei Magnesiaestrichen

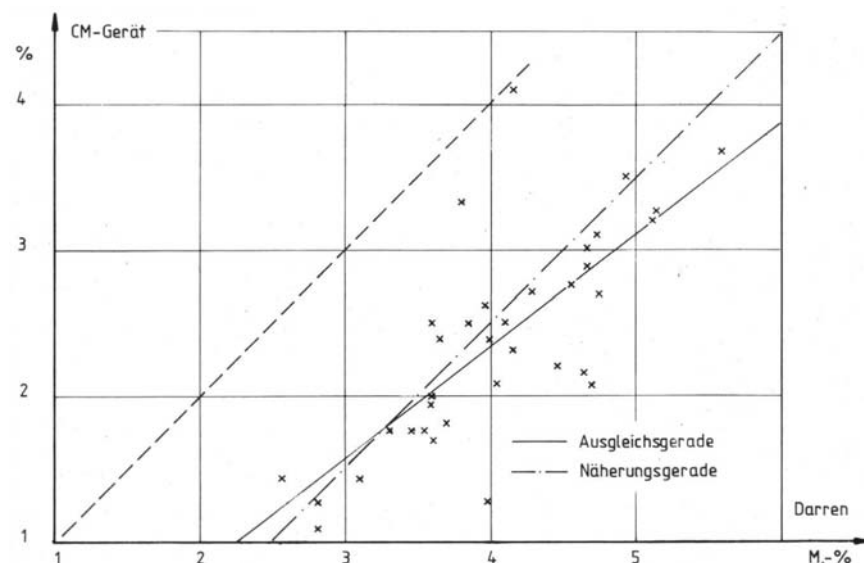


Bild 8 Vergleich CM-Gerät und Darrversuch (105°C) bei Zementestrichen

Die Streubreite der Werte im maßgebenden Feuchtigkeitsbereich ist bei Magnesia- und besonders bei Zementestrichen groß, bei Anhydritestrichen dagegen vernachlässigbar klein. Das Absieben der gröberen Zuschlagkörner auf dem 2-mm-Sieb brachte nur vereinzelt bei Zementestrichen eine Eingrenzung der Streubreite. Dieses unerwartete Ergebnis ist darauf zurückzuführen, dass durch das Absieben nicht immer die gleiche Menge an groben Zuschlagkörnern abgesiebt wurde und das Ergebnis damit durch weitere Unregelmäßigkeiten beeinflusst wurde. Zwischen den bisher üblichen elektrischen Messgeräten und der Darmmethode ließ sich keine Abhängigkeit herstellen. Dagegen entsprachen die Werte des elektrischen Messgerätes Aqua Boy EFM 1 System Krafft bei unbewehrten Zementestrichen weitgehend den Darmwerten. Bei Anhydritestrichen und Magnesiaestrichen fehlen bei diesem Gerät allerdings entsprechende Vergleichstabellen.

Die üblichen elektrischen Messgeräte eignen sich für schnelle qualitative Messungen, bei denen der Absolutwert des Feuchtigkeitsgehalts keine Rolle spielt. Besonders geeignet sind sie, um Feuchtigkeitsanreicherungen in der oberen Estrichzone festzustellen. Das genaueste Verfahren, das auch reproduzierbare Ergebnisse liefert, ist die Darmmethode. Deshalb sollten Vergleichsmessungen immer auf dieses Verfahren bezogen werden. Das CM-Gerät wird auch in Zukunft **das** Baustellengerät bleiben, weil es robust und in der Handhabung einfach ist. Mit den angegebenen Korrekturwerten lässt sich aus den Werten des CM-Geräts der Darmwert abschätzen. Das elektrische Messgerät Aqua Boy EFM 1 System Krafft kann bei unbewehrten Zementestrichen ohne umfangreiche Zerstörung eingesetzt werden.

11. Folgerungen für die Praxis

Mängel an Belägen treten häufig dadurch auf, dass sich Feuchtigkeit aus dem Untergrund oder aus dem Estrich unter dem dampfbremsenden oder dampfdichten Belag anreichert und dort zur Verseifung des Klebers und bei den feuchtigkeitsempfindlichen Estrichen zur Erweichung der oberen Estrichzone führt. Diese Erscheinung ist auch in den Bereichen zu beobachten, in denen der Feuchtetransport nicht durch Wasserdampfdiffusion aus Feuchträumen begünstigt wird. Bekannt sind Mängel an dampfdichten Belägen auf Verbundestrichen über dicken Rohdecken oder Unterzügen. Die Austrocknungszeit dieser Rohdecken beträgt nicht selten mehr als 1 Jahr. Ist die Rohdecke an der Oberseite trocken, spricht augenscheinlich nichts dagegen, den Verbundestrich aufzubringen, da der Verbundestrich in der Regel wasserdampfdurchlässig ist und die weitere Austrocknung der Rohdecke nicht behindert. Anders ist der Aufbau zu bewerten, wenn der Estrich oberseitig mit einem dampfdichten Belag abgeschlossen wird. Das Feuchtigkeitsgefälle zwischen dem Betonkern und der Estrichoberfläche, das durchaus 3 bis 4 Masse-% betragen kann, gleicht sich unter dem dichten Belag aus. Die Estrichoberseite wird feuchter, der Betonkern trockener. Da in jeder Betondecke ein geringes Temperaturgefälle herrscht, weil die Unterseite meist 1°C bis 3°C wärmer ist als die Oberseite und zudem Heizrohre in den Hohlräumen unter der Decke untergebracht sind, wird weiteres Wasser nach oben transportiert, das zu einer wesentlichen Erhöhung der Porenfeuchtigkeit im Estrich führt. Bei geringen Temperaturabsenkungen an der Belagoberseite kondensiert dann das Wasser im Estrich unter dem Belag.

Sichere Abhilfe gegen Feuchtigkeit aus dem Untergrund lässt sich bei diesen Konstruktionen nur schaffen, wenn anstelle des Verbundestrichs ein schalltechnisch gleichwertiger Estrich auf Trennschicht verlegt und die Trennschicht als dampfbremsende Schicht ausgebildet wird. Vorsicht ist allerdings geboten, wenn, wie bei erdberührten Fußböden, ein Temperaturgefälle von oben nach unten besteht. Solche Fälle können nur bei Kenntnis aller Randbedingungen beurteilt werden.

Auch wenn der Untergrund durch eine Dampfbremse oder -sperre vom Estrich getrennt ist, muss der Estrich vor der Verlegung des dampfdichten Belages soweit ausgetrocknet sein, dass das oberseitige Absperren nicht ähnliche Kondensationserscheinungen unter dem Belag hervorruft.

Die Tabelle 5 zeigt, dass bei Trockenlagerungen (Wohnraumklima) nach einer Lagerung bei feuchterem Klima (Bauklima) - auch wenn diese langandauernd war - eine weitere Entwässerung des Estrichs stattfindet, die

- bei Anhydritestrichen etwa 0,5 M-%,
- bei Magnesiaestrichen etwa bis 3 M-% und
- bei Zementestrichen bis 1,5 M-%

betragen kann. Bei einem üblichen 4 cm dicken Estrich mit einer Rohdichte von $2,0 \text{ kg/dm}^3$ werden bei einer Feuchtigkeitsabnahme um 1 Masse-% 0,8 l Wasser auf 1 m^2 Fläche frei. Diese Wassermenge reicht aus, um Schäden unter dichten Belägen zu verursachen, vor allem dann, wenn diese Wassermenge bei erstmaliger Beheizung relativ schnell anfällt. Die Räume sollten also immer vor der Verlegung eines dampfdichten Belages vorgeheizt werden, wenn vorher ein relativ feuchtes Klima herrschte. Bei feuchtem Baustellenklima wird nämlich der Grenzfeuchtigkeitsgehalt für die Belegreife selten erreicht.

Die Austrocknungszeit wächst mit der Dicke des Estrichs überproportional. Auch Fließestriche trocknen nur langsam aus. Bei dicken und dichten Estrichen ist deshalb besonders lange vorzuheizen.

Bei den feuchtigkeitsempfindlichen Anhydrit- und Magnesiaestrichen wird die Festigkeit durch den Feuchtigkeitsgehalt beeinflusst. Bei Anhydritestrichen kann die Biegezugfestigkeit auch bei Feuchtigkeitsgehalten unter 1 Masse-% unter die Normfestigkeit absinken. Bei diesen Estrichen ist deshalb besonders sorgfältig auf ausreichende Austrocknung vor der Verlegung des dampfdichten Oberbelages zu achten, damit die obere Estrichzone nicht durch nachträgliche Feuchtigkeitsanreicherung in dieser Zone erweicht. Die Zusammensetzung des Anhydritestrichs sollte unter dampfdichten Belägen bindemittelreicher gewählt werden, damit das Vorhaltemaß die eventuelle Festigkeitsminderung ausgleicht. Der Planer sollte deshalb in diesen Fällen eine höhere Festigkeitsklasse ausschreiben.

Am Bau ist das CM-Gerät wegen seiner Robustheit das bevorzugt verwendete Gerät. Die möglichen Streubreiten der Messwerte dieses Gerätes sind aus den Bildern 6 bis 8 ersichtlich. Besonders beachtet werden sollte beim CM-Gerät, dass die Probe auf der Reibeschale nicht vollständig zerkleinert und die Messung nicht bei trockenem Klima vorgenommen wird. Mit der entnommenen Probe sollten feuchtere Innenräume eines Gebäudes oder Kellerräume aufgesucht werden.

Bei unbewehrten Zementestrichen liefert das neue elektrische Gerät Aqua Boy EFM 1 System Krafft der Darmmethode vergleichbare Werte. Der Estrich muss bei dieser Methode im Gegensatz zur Prüfung mit dem CM-Gerät nur angebohrt werden.

12. Zusammenfassung

An 7 Anhydritestrichen, 5 Magnesiaestrichen und 8 Zementestrichen wurde der Austrocknungsverlauf bei feuchtem Bauklima und trockenem Wohnraumklima ermittelt. Aus dem Austrocknungsverlauf wurden die Ausgleichsfeuchte bei diesen Klimaten und der Grenzfeuchtigkeitsgehalt für die Belegreife abgeleitet.

Die Zusammenhänge zwischen den bei den Untersuchungen gewählten Messverfahren mit CM-Gerät, Darren und elektrischem Messgerät wurden aufgezeigt und Hinweise für die praktische Anwendung gegeben. Den Abschluss bilden Hinweise für die Praxis bei Verlegung unter dampfdichten Oberbelägen und das zweckmäßige Vorgehen bei dicken und dichten Estrichen sowie bei feuchtigkeitsempfindlichen Anhydritestrichen.

Literaturverzeichnis

- [1] Schneider, H., Schnell, W. und Diem, P.: Untersuchungen über den Austrocknungsverlauf von Estrichen. Berichte aus der Bauforschung, Heft 61; Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin-München-Düsseldorf (1972)
- [2] Merkblatt: Beurteilen und Vorbereiten von Untergründen, Verlegen von elastischen Bodenbelägen, textilen Bodenbelägen und Parkett - Stand Januar 1982. Hrsg. vom Zentralverband des Deutschen Baugewerbes e.V.; Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln
- [3] Klopfer, H.: Wassertransport durch Diffusion in Feststoffen. Bauverlag Wiesbaden und Berlin (1974)
- [4] Genis, K., Kießl, K., Werner, H. und Woltseher, U.: Hygrische Transportphänomene in Baustoffen. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Heft 258; Verlag Wilhelm Ernst & Sohn KG, Berlin-München-Düsseldorf (1976)
- [5] Schnell, W.: Zur Haushaltsfeuchtigkeit von Estrichen und ihrer Messung; boden-wand-decke 23 (1977), Heft 8
- [6] Achtziger, Joachim: Meßmethoden - Feuchtigkeitsmessungen an Baumaterialien. Bericht über Aachener Bausachverständigentage 1983; Bauverlag Wiesbaden und Berlin (1983)