

Fachreferat von **Gerhard Gasser** anlässlich der Fachtagung am 12. November 1998 der Fachgruppe Estrich und Belag, Berlin und Brandenburg, bei der Fachgemeinschaft Bau.

Nachstoßende Restfeuchte aus Betondecken

Märchen oder Wahrheit?

SONDERDRUCK

Institut für Beton- und Fußbodentechnik
IBF



Zur Person

Gerhard Gasser

Jahrgang 1946



Von den **Handwerkskammern Berlin und Wiesbaden** öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger. Als solcher bundesweit tätig.

Estrich-, Fliesen-, Platten-, Mosaik- und Parkettlegermeister sowie staatlich geprüfter Bodenleger. Bionotechnologe (E-Schein, SIVV-Schein).

Tätigkeitsbereich: Berufssachverständiger für Estriche, Industrieböden, Kunstharzbeschichtungen, Fliesen-, Platten-, Parkett-, Betonwerkstein- und Natursteinarbeiten, PVC-, Teppich-, Linoleum- und Gummibeläge sowie für Sanierungskonzepte und Abdichtungsarbeiten.

Bereits im Vorfeld sollten alle relevanten Fragen und Zusammenhänge geklärt werden. Die Planung und die einzelnen Fachgewerke sollten besser zusammen arbeiten. Die Auftragsnehmer und der Architekt schulden gemeinsam ein mangelfreies Werk. Erfolgshaftung!

Mit diesem Fachreferat soll ein weiterer Versuch unternommen werden dem Ziel der Schadensverhinderung ein Stück näher zu kommen. Die Fachgruppe Estrich und Belag bei der Fachgemeinschaft Bau, Berlin und Brandenburg e.V. unterstützt die weitere Fort- und Weiterbildung.



Nachstoßende Restfeuchte aus Betondecken – Märchen oder Wahrheit?

Das Thema "Schäden an Bodenbelägen durch nachstoßende Restfeuchte aus Betondecken" wird kontrovers diskutiert. Welchen Einfluss hat Restfeuchte in Betondecken tatsächlich auf die Oberbelagskonstruktion?

Nachschiebende Restfeuchte gehört mittlerweile zu den Standarderklärungen für Schäden an Bodenbelägen, auch wenn bei den entsprechenden Bodenkonstruktionen eine Fußbodenheizung alu-kaschierte PU-Dämmplatten und eine PE-Folie zwischen Dämmplatten und Estrich vorhanden ist. Das Thema ist vor allem durch den Fachbeitrag "Experimentielle Untersuchung nachstoßender Feuchte aus jungen Betondecken von Dipl.-Holzwirt Rapp" populär geworden. Damit nachschiebende Restfeuchte nicht zu einer allgemeinen Entschuldigung für alle Schäden an Bodenbelägen wird, ist dringend eine Versachlichung dieses ernstzunehmenden Themas nötig. Von 1970 bis 1988 sind mir 7 Fälle bekannt geworden, wo nachweisbar nachschiebende Feuchte aus Betondecken als Schadensursache an Parkett- oder dampfdichten Belägen nachgewiesen werden konnte. Demgegenüber gibt es seit 1996 sehr viele Fälle, wo der Versuch gemacht wurde, die mangelhafte Verlegung des Belages auf Restfeuchte zu schieben. In den letzten 25 Jahren wurden Millionen von Quadratmetern Bodenbeläge z. B. im Schul- oder Krankenhausbau auf dicken Betondecken verlegt, ohne dass es wegen nachschiebender Restfeuchte zu Schäden gekommen wäre.

In der Praxis hat sich gezeigt, dass der Einbau einer Dampfsperrfolie (Abdichtungsbahn) auf der Betondecke tatsächlich zu neuen Problemen führen kann. Es ist nicht ausgeschlossen und es kommt offensichtlich häufiger vor als man meint, dass sich unmittelbar nach dem Einbau des Estrichs oberhalb z. B. einer PE-Folie Tauwasser bildet und zwar in einer Menge, die in der Lage ist, die untersten Millimeter des Dämmstoffes erheblich anzufeuchten. Eine PE-Folie, verlegt auf einer Betondecke, hat auch einen weiteren entscheidenden Nachteil beim Verlegen von Wärme- und Trittschalldämmplatten, ganz

davon abgesehen, dass Rohrleitungen auf Deckenflächen eine sachgemäße Folienverlegung gar nicht zulassen. Verlegt man auf einer PE-Folie Wärme- oder Trittschalldämmplatten, dann haben diese keinen ausreichenden Halt mit der Folge, dass beim Einbringen des Estrichs sich sehr leicht die Dämmplatten verschieben.

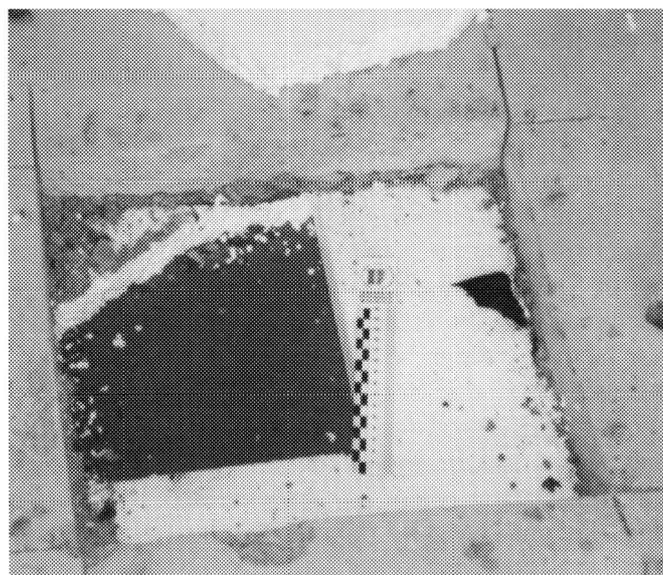


Bild 1: Eine Folie auf einer Betondecke verlegt, führt zu neuen Problemen.

Nach DIN 18 353, Abschnitt 3.1.1, in Verbindung mit der VOB Teil B, § 4, Nr. 3 muss der Auftragnehmer Bedenken insbesondere geltend machen bei ungeeigneter Beschaffenheit des Untergrundes, z. B. zu feuchte Flächen.

Wenn aus Nutzungsgründen (DIN 4108) und mit hin aus bauphysikalischen Gründen eine Dampfsperrbahn angeordnet werden muss, dann ist diese Entscheidung vom Architekten zu treffen und hat mit dem Themenkomplex, der in diesem Beitrag behandelt wird, nichts zu tun. Vielmehr geht es darum, einem nachfolgenden Auftragnehmer die Möglichkeit zu nehmen, im Reklamationsfall am Belag darauf zu verweisen, es läge nachschiebende Feuchte aus der Betondecke vor. Begegnet werden muß auch der Fra-

ge an den Sachverständigen im Reklamationsfall, ob ein Feuchtetransport aus der Betondecke auszuschließen sei.



Bild 2: Wegen Rohrleitungen und dem fehlenden Halt für die sichere Verlegung von Dämmplatten ist eine Folie unzweckmäßig.

Eines hat jedenfalls die bisherige Diskussion gezeigt, dass einem Fußbodenleger, der einen dampfdichten Bodenbelag auf einem Estrich verlegt hat, oder einem Parkettleger, der auf einem zu feuchten Estrich gearbeitet hat, der Hinweis, es läge nachschiebende Restfeuchte aus der Betondecke vor, nicht weiterhilft, denn eine Prüfungspflicht/Hinweispflicht endet nicht auf Oberkante Abdeckschicht der Dämmplatten. Wenn die Möglichkeit der nachschiebenden Feuchte aus Betondecken besteht, dann muss der nachfolgende Auftragnehmer sich rechtzeitig vor Ausführungsbeginn seiner Leistung beim Auftraggeber, dem Architekten oder gegebenenfalls beim Estrichleger erkundigen wie der Schichtenaufbau tatsächlich ausgeführt worden ist.

In dem Kommentar zur DIN 18 356 und DIN 18 367 heißt es auf der Seite 161 und 162 unter anderem wie folgt:

“Der Verarbeiter von Parkett muss sich ohne Vorbehalte darauf verlassen können, dass die tragenden Unterlagen (z. B. Betondecken), auf denen der Unterboden für das Parkett hergestellt worden ist, so “trocken” sind und auch bleiben, und zwar zum Zeitpunkt der Herstellung des Unterbodens und danach, dass daraus keine Mängel oder Schäden an dem von ihm aufzubringenden Parkett verursacht werden können. Die Erstellung (Verlegung) von Unterböden unterliegen der gleichen Sorgfaltsverpflichtung, die vorhandenen Untergründe vor der Verlegung von Unterböden aller Art (DIN 18 353 “Estricharbeiten”, DIN 18 354 “Asphaltbelagsarbeiten”) auf Feuchtegehalt

zu prüfen. Dabei kann von diesen die gleiche Sorgfaltspflicht erwartet werden wie diese vom Auftragnehmer der Parkettarbeiten verlangt wird. Da es jedoch keine gewerbeübliche Messgeräte für eine aussagefähige Messung des Feuchtegehaltes bei Betondecken gibt, ist eine solche Prüfung auf den optischen Eindruck begrenzt.”

An anderer Stelle heißt es:

“Geeignete Maßnahmen zur Verwendung von Schäden und daraus resultierenden Mängeln am Parkett aus nachstoßender Restfeuchte, die sich in der Rohdecke befinden (durch Dampfdruckgefälle), sind beispielsweise eine Verlegung von einer Lage PVC-Folie, 0,5 mm dick, auf den Betondecken. In DIN 18 560-2 “Estriche auf Dämmschichten (Schwimmende Estriche)” sowie DIN 18 560 Teil 4 “Estriche auf Trennschicht” Abschnitt 3 wird auf Ausführung und Verwendung von Polyäthylenfolien hingewiesen. Die ausgeführte Abdeckung von mindestens 0,1 mm Dicke ist für solche Dampfsperren nicht ausreichend. Wenn PE-Folien verwendet werden sollen, müssen sie 0,2 mm Dicke aufweisen. Besser sind 2 Lagen 0,2 mm dicke PE-Folien, da sie nach dem Einbau leicht perforiert werden können.”

“Es ist nicht akzeptabel, wenn die einzelnen Gewerke sich gegenseitig die Verantwortung zuschieben oder der eine sich auf Kosten des anderen entlasten will.”

Einfluss der Betonzusammensetzung

Entscheidend für die Betrachtung der Betonzusammensetzung ist die Regel vom w/z-Wert. Das Wasser kommt auf 2 Wegen in den Beton: als Zugabewasser und als Wasser, das dem Zuschlag anhaftet.

In einem Beton der Güte B 25, der z. B. 300 kg/m³ Zement enthält und mit einem w/z-Wert von 0,68 hergestellt worden ist, befinden sich 204 l Wasser/m³.

Zement kann ca. 23 - 25 % seines Eigengewichtes in Form von Wasser chemisch binden, so dass bei 24 % 72 l/m³ Wasser überhaupt nicht für eine Austrocknung zur Verfügung stehen.

Bei der Hydratation bindet der Zement eine gewisse Menge Wasser chemisch, das sind rund 23 - 25 %. Das restliche Anmachwasser in den Zement-

steinporen liegt nur zum Teil in flüssiger Form vor. Teilweise haften die Wassermoleküle adsorptiv an der Oberfläche der Hydratationsprodukte oder befinden sich als geordnete Zwischenschichten Wasser innerhalb der Calciumsilikathydrate. Eine zuverlässige Trennung zwischen dem chemisch gebundenen Wasser und dem Porenwasser ist bislang nicht möglich. Das Wasser, das bei 105 bis 110° C nicht verdampft und erst durch Glühen bei etwa 600° C ausgetrieben werden kann, ist auf jeden Fall chemisch gebundenes Wasser gewesen. Vollständig hydratisierter Portlandzement enthält weitestgehend, unabhängig von seiner Zusammensetzung, etwa 25 % seiner ursprünglichen Masse an verdampfbarem Wasser. Der Anteil des Zwischenschichtwassers, das bei scharfen Trocknungsbedingungen zwar verdampft, aber im Allgemeinen aufgrund seiner Anordnung im Zementstein ebenso wie das chemisch gebundene Wasser dem Feststoff zugeordnet wird, lässt sich bislang nur grob auf etwa 10 ± 5 Masse-%, bezogen auf den Zement, abschätzen.

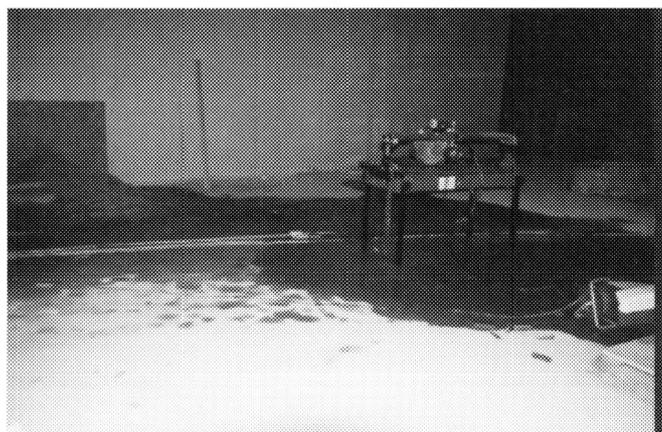


Bild 3: Die Baufeuchte und die erforderliche Möglichkeit einer nachträglichen Bautrocknung muß auch beachtet werden.

Ein w/z-Wert von 0,40 ist der ideale Wasserzementwert. Das Wasser, was über einen w/z-Wert von 0,40 hinausgeht, wird für die Hydratation nicht benötigt. Auch beim Vorliegen von einem w/z-Wert von 0,40 wird Wasser austrocknen. Es ist keinesfalls so, dass ca. 40 % Wasser vom Zementanteil chemisch und physikalisch gebunden werden würde. Ein Mehr an Überschusswasser bedeutet nicht, dass bei gleichen Bedingungen eine längere Austrocknung vorliegen würde.

Niemand wird bestreiten, dass vom Zeitpunkt nach dem Betoneinbau (Frischbeton) bis zur Estrichverlegung (Festbeton) eine gewisse Menge an Überschusswasser aus der Betondecke ausgetrocknet ist. Für die Praxis ist jedenfalls entscheidend, dass es

für den Estrichhersteller kaum möglich ist, konkret festzustellen, welcher Restfeuchtewert noch innerhalb des Betons vorhanden ist, wenn der Estrich verlegt wird. Schließlich muss auch berücksichtigt werden, dass durch Vorgewerke eine Anfeuchtung der oberen Betonrandzone vor Verlegung des Estrichs nicht auszuschließen ist.

Betonzusammensetzung B 25

Vereinfachte Darstellung

	kg/m ³	M-%	l/m ³	Vol-%
Zement	300,00	12,83	96,77	9,68
Wasser (068)	204,00	8,73	204,00	20,40
Luft (1,5%)	---	---	15,00	1,50
Zuschlag	1.833,74	78,44	684,23	68,42
kg/m ³ nass	2.337,74	100%	1.000,00 l/m ³	100 %

Eine Vorstellung von der Größenordnung der Wasserverdunstung je m² Betonoberfläche bei unterschiedlichen Bedingungen vermittelt das folgende Diagramm der Bauberatung Zement.

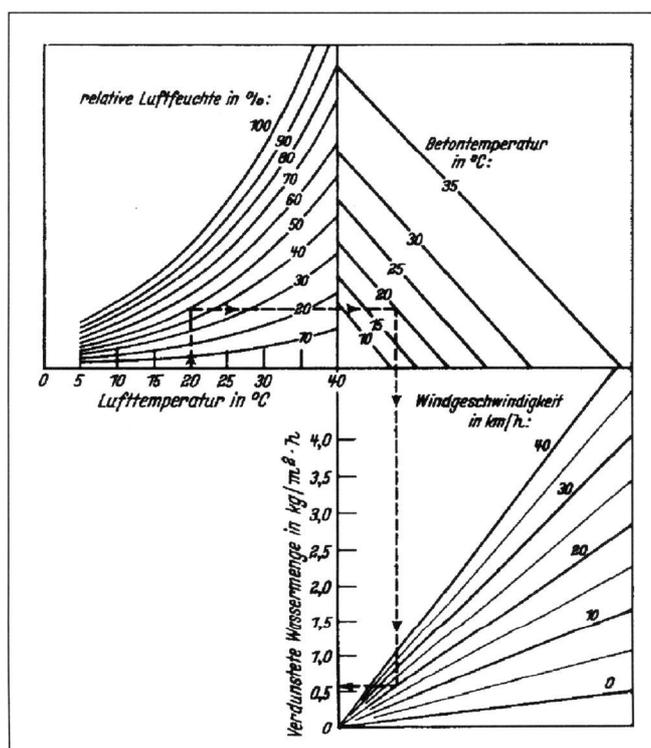


Bild 4: Das Austrocknungsverhalten von Beton in Abhängigkeit von Windgeschwindigkeit, Luftfeuchtigkeit und Temperatureinfluß.

Ein Beispiel verdeutlicht die Bedeutung dieser Zahlen für die Praxis:

Ein Frischbeton mit 180 l/m³ Wasser enthält je Quadratmeter in einer 1 cm dicken Schicht 1,8 l Wasser. Die Verdunstungsrate von 0,6 l/m² und h bedeutet, dass dem Beton innerhalb von 3 Stunden bereits eine Wassermenge entzogen wird, die dem Gesamtwassergehalt einer 1 cm, nach 9 Stunden dem einer 3 cm dicken Betonschicht entspricht.

Feuchtebetrachtung in Masse- oder Volumen-%

Wenn zu einem Zeitpunkt X eine Feuchtebestimmung mittels dem bekannten CM-Messgerät durchgeführt wird, dann ergibt sich, unabhängig von einem möglichen Messfehler, zur gravimetrischen Feuchtermittlung ein unterschiedliches Ergebnis. Klar ist, dass die gravimetrische Feuchtebestimmung (Darren) die genaueste Feuchtebestimmung ist. Fakt ist, dass beispielsweise ein festgestellter Wert = 4,5 Masse-% nur bedeutet, dass am Prüfzut eine Gewichts-

reduzierung von 4,5 % eingetreten ist. Welche tatsächliche Feuchtemenge dabei, bezogen auf eine bestimmte Bauteildicke, beispielsweise eine 18 cm dicke Betondecke, vorlag, kann nur dann festgestellt werden, wenn man auch die Rohdichte des geprüften Baustoffes kennt und schließlich wird sich innerhalb einer Bauteilschicht der Feuchtegehalt unterschiedlich einstellen. Kennt man die Rohdichte, dann ist es auch möglich, den Feuchtegehalt in Vol-% anzugeben.

Wurde eine Rohdichte "trocken" von 2 254 kg/m³ festgestellt, so ergeben 4,5 M-% 10,14 Vol-%.

$$U_v = U_m \frac{P}{1000} \% = 4,5 \cdot \frac{2254}{1000} = 10,14 \%$$

$$U_m = \text{Massebezogener Feuchtegehalt} \quad [\%]$$

$$U_v = \text{Volumenbezogener Feuchtegehalt} \quad [\%]$$

Ausgehend von der gleichen Rohdichte, jedoch nur 2,5 M-%, errechnen sich 5,63 Vol-%.

Tabelle 1

Praktische Feuchtegehalte von Baustoffen nach DIN 4108 Anhang A1

Zeile	Stoffe	Praktischer Feuchtegehalt ¹⁾	
		volumenbezogen ²⁾ u _v %	massenbezogen u _m %
1	Ziegel	1,5	-
2	Kalksandsteine	5	-
3	Beton mit geschlossenem Gefüge mit dichten oder porigen Zuschlägen	5	-
4.1	Leichtbeton mit haufwerksporigem Gefüge mit dichten Zuschlägen nach DIN 4226 Teil 1	5	-
4.2	Leichtbeton mit haufwerksporigem Gefüge mit dichten Zuschlägen nach DIN 4226 Teil 2	4	-
5	Gasbeton	3,5	-
6	Gips, Anhydrit	2	-
7	Gußasphalt, Asphaltmastix	≈0	≈0
8	Anorganische Stoffe in loser Schüttung: Expandiertes Gesteinsglas (z.B. Blähperlit)	-	5
9	Mineralische Faserdämmstoffe aus Glas-, Stein-, Hochofenschlacken-(Hütten)- Fasern	-	5
10	Schaumglas	≈0	≈0
11	Holz, Sperrholz, Spanplatten, Holzfaserplatten, Holzwolle-Leichtbauplatten, Schilfrohrplatten und m-matten, Organische Faserdämmstoffe	-	15
12	Pflanzliche Faserdämmstoffe aus Seegras, Holz, Torf- und Kokosfasern und sonstige Fasern	-	15
13	Korkdämmstoffe	-	10
14	Schaumkunststoffe aus Polystyrol, Polyurethan (hart)	-	5

1) Unter praktischem Feuchtegehalt versteht man den Feuchtegehalt, der bei der Untersuchung genügend ausgetrockneter Bauten, die zum dauernden Aufenthalt von Menschen dienen, in 90% aller Fälle nicht überschritten wurde.

2) Der volumenbezogene Feuchtegehalt bezieht sich auch bei Lochsteinen, Hohlziegeln oder sonstigen Bauelementen mit Lufthohlräumen immer auf das Material allein ohne die Hohlräume.
Die Rechenwerte der Wärmeleitfähigkeit in Tabelle 1 der DIN 4108 sind u.a. aufgrund der praktischen Feuchtegehalte nach Tabelle A1 festgelegt worden.

In dem Beispiel der Betonzusammensetzung (Frischbeton) wurde ein Anteil von 20,4 Vol-% und 8,73 M-% für das Wasser bestimmt.

Es kann im Reklamationsfall nicht richtig sein, von einem Feuchtegehalt auszugehen, der bei einer Trocknung im Trockenofen bei 105 bis 110° C nachgewiesen worden ist. Im Trockenofen liegt eine relative Feuchte von unter 15 % vor. In den Baustoffen ist die Feuchte stets als relative Feuchte vorhanden, was bedeutet, dass bei unterschiedlichen Lufttemperaturen und vor allen Dingen relativen Luftfeuchtwerten unterschiedliche Ausgleichsfeuchten vorliegen.

Der praktische Feuchtegehalt von Baustoffen nach DIN 4108, Anhang A 1, wird je nach Baustoffart entweder in Vol-% oder M-% angegeben. (siehe Tabelle 1)

Für die praktische Überlegung ist es jedenfalls irreführend, pauschal zu argumentieren, dass bei einer 20 cm dicken Betondecke, ausgehend von der Frischbeton-Rohdichte, rund 24 kg Wasser/m³ austrocknen würden. Hier besteht die grundsätzliche Gefahr, dass suggeriert wird, dass eine solche Wassermenge zum Zeitpunkt der Estrichverlegung innerhalb einer Betondecke noch vorhanden sei. Es kommt daher bei allen Überlegungen darauf an festzustellen, bei welchen Voraussetzungen es an einem Belag zu einem Schaden kommen kann.

Konkretes Beispiel – Schadensfall

Auf einem Zementestrich waren innerhalb eines mehrgeschossigen Bürogebäudes PVC-freie Bodenbeläge verlegt. Nur in einem eng begrenzten Flächenbereich von ca. 60 m² im 1. OG kam es aufgrund von Feuchtigkeitseinwirkungen zu Belagsablösungen. Der Dispersionsklebstoff war verseift. Bei der Decke unter dem Schadensraum handelte es sich um die Eingangshalle. An der Decke waren 96 Halogen-Scheinwerfer vorhanden. Direkt unter der Betondecke wurde eine Lufttemperatur von 42° C gemessen. Die relative Luftfeuchte lag bei 18 %. Obwohl die Deckenflächen im 2. bis 4. OG viel später betoniert worden waren und auch dort ein dampfdichter Bodenbelag vorhanden ist, kam es hier nicht zu einem Reklamationsfall.

Dieser Fall soll verdeutlichen, dass es auf eine differenzierte Betrachtung ankommen muss. Häufig ist nach dem Hochnehmen des Belages erkennbare Oberflächenfeuchte

vorhanden. Wenige Minuten später ist die Feuchte optisch jedenfalls erkennbar "abgetrocknet". Weil der Feuchtegehalt in der Betondecke – und gleiches gilt auch für einen nass eingebauten Estrich – als relative Feuchte vorhanden ist, muss besonderes Augenmerk auf die weiteren Randbedingungen zum Aufklären eines Sachverhaltes gerichtet werden. Im Reklamationsfall und besonders auch in der theoretischen Betrachtung muss auch immer berücksichtigt werden, dass der Feuchtegehalt, z. B. innerhalb einer Betondecke, im Zusammenhang mit der rel. Luftfeuchte betrachtet werden muss. Erst wenn sich die rel. Luftfeuchte verändert, kann es zu einem weiteren Austrocknen kommen.

Feuchtegehalt

bei einer bestimmten Betonrohichte

Beispiel:

Betonrohichte "trocken"	2 254 kg/m ³
ermittelter Restfeuchtegehalt	3 % Masse-%
Wasser	= 67,60 l/m ³

Bei einer Lufttemperatur von 20° C und einer rel. Luftfeuchte von 90 % stellt sich der praktische Ausgleichsfeuchtwert bei 3,0 Masse-% ein.

Bei einer Lufttemperatur von 20° C und 50 % rel. Luftfeuchte stellt sich die Ausgleichsfeuchte mit rund 1,5 M-% ein. Bezogen auf die im Beispiel gewählte Betonrohichte, ergäbe sich somit ein Feuchtegehalt von 33,81 l/m³, so dass theoretisch lediglich die Differenz zwischen beiden Werten ausdiffundieren könnte; das wären dann 33,79 l/m³ an Wasser.

Bezogen auf eine übliche Betondeckendicke von 16 cm im Wohnungsbau wären das in der theoretischen Betrachtung rund 5,4 l/m² Wasser.

Bei der Betrachtung muss auch berücksichtigt werden, in welcher Geschwindigkeit zusätzliche Restfeuchte aus einem Untergrund in Richtung feuchtigkeitsempfindlicher Klebstoff und Belag diffundieren wird. Mit Sicherheit spielt auch die Estrichart und die Estrichvorbehandlung eine nicht zu unterschätzende Rolle.

Differenzierte Feuchtebetrachtung

Absolute Feuchte: Die in der Luft vorhandene Wasserdampfmenge g/m³ bezeichnet man als absolute Feuchte. Die Wasserdampfmenge kann ein bestimmtes Maß nicht überschreiten

Tabelle 2

Praktische Ausgleichsfeuchtwerte in Masse-%

Baustoffe	Masse-% bei 20° C			
	40% rel. Feuchte ca.	50% rel. Feuchte ca.	65% rel. Feuchte ca.	90% rel. Feuchte ca.
Zement-Estrich	1,2	1,5	1,7-1,8	3,1
Zementmörtel 1:3	1,2	1,5	1,7-1,8	3,2
Kalkmörtel 1:3	1,3	1,6	1,8-1,9	3,4
Gipsputz, Gipsplatten	0,3	0,5	0,6-0,7	1,0
Steinholzestrich	9,0	11,0	13,5-14,5	16,7
Gasbeton	6,5	8,5	11,0-12,0	18,0
Anhydrit-Estrich	0,2	0,5	0,6-0,7	0,9
Beton B25/B35	1,2	1,5	1,5-2,0	3,0

$$F_{\text{abs.}} = \frac{\text{Masse des Wassers (g)}}{\text{Luftvolumen (m}^3\text{)}}$$

Sättigungsfeuchte: Als Sättigungsfeuchte bezeichnet man die Wassermenge, die maximal in einem bestimmten Luftvolumen enthalten sein kann. Je höher die Temperatur, desto größer ist die Wassermenge in der Luft.

$$F_{\text{satt}} = \frac{\text{Max. Masse des Wassers (g)}}{\text{Luftvolumen (m}^3\text{)}}$$

Relative Feuchte: Die relative Luftfeuchte ist das Verhältnis zwischen dem tatsächlichen Wasserdampfgehalt (absolute Feuchte) und der Sättigungsfeuchte. Die relative Luftfeuchte ist stark temperaturabhängig.

$$F_{\text{rel. \%}} = \frac{F_{\text{abs}}}{F_{\text{satt}}} \times 100 \%$$

Wasserdampfdiffusion

Unter "Diffusion" versteht man die ungeordnete

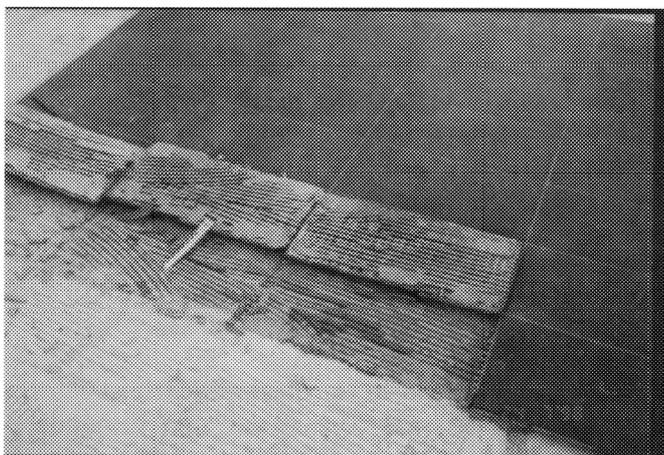


Bild 5: Auch dann wenn nachgewiesen ist das keine nachschiebende Feuchte für den Plattenschaden in Betracht kommt, hält der Betroffene an der Möglichkeit fest.

Bewegung von Gas- und Flüssigkeitsmolekülen. Gas- oder auch Flüssigkeitsmoleküle führen völlig unregelmäßige Hin- und Herbewegungen aus. Da sich von den Stellen mit hoher Konzentration mehr Teilchen fortbewegen als von den Stellen mit niedriger Konzentration, kommt

es zu einem allmählichen Ausgleich der Konzentration. Wasserdampfdiffusion bedeutet also: der Feuchtigkeitstransport von der Seite höheren Dampf-

Tabelle 3

Maximaler Feuchtigkeitsgehalt in der Luft f (g/m ³) in Abhängigkeit von der Temperatur t (° C)					
t ° C	f (g/m ³)	t ° C	f (g/m ³)	t ° C	f (g/m ³)
+ 5	6,825	+ 45	65,4	+ 85	353,4
+ 6	7,280	+ 46	68,5	+ 86	366,8
+ 7	7,760	+ 47	71,8	+ 87	380,5
+ 8	8,270	+ 48	75,3	+ 88	394,5
+ 9	8,820	+ 49	79,0	+ 89	408,8
+ 10	9,400	+ 50	83,0	+ 90	423,5
+ 11	10,000	+ 51	87,0	+ 91	438,8
+ 12	10,650	+ 52	91,0	+ 92	454,6
+ 13	11,350	+ 53	95,2	+ 93	470,8
+ 14	12,100	+ 54	99,6	+ 94	487,4
+ 15	12,850	+ 55	104,3	+ 95	504,5
+ 16	13,650	+ 56	109,3	+ 96	522,1
+ 17	14,500	+ 57	114,4	+ 97	540,2
+ 18	15,400	+ 58	119,6	+ 98	558,8
+ 19	16,300	+ 59	124,9	+ 99	578,0
+ 20	17,300	+ 60	130,2	+ 100	597,7

druckes zur Seite des geringeren Dampfdruckes. Die Diffusionsrichtung wird stets durch den absoluten Gehalt an Wasserdampf bestimmt. Zwischen Bereichen, die unterschiedliche Wasserdampfmen gen enthalten, kommt es zu einem Ausgleich. Auch gegen die Schwerkraft bewegt sich der Wasserdampf immer in Richtung der geringeren Konzentration. Der Wasserdampfdruck ist in Räumen im Allgemeinen größer als im Außenbereich. Die Wasserdampfdiffusion findet deshalb meistens von innen nach außen statt, also von der warmen zur kalten Seite. Im Hochsommer bei hoher relativer Luftfeuchte kann es allerdings auch umgekehrt sein. Die Diffusionsrichtung ist nicht von der Richtung des Wärmestroms abhängig. Sie kann auch entgegen dem Wärmestrom liegen.

Tauwasserbildung

Warme Luft kann mehr Feuchtigkeit aufnehmen als kalte Luft. Beim Abkühlen feuchter Luft erhöht sich die rel. Luftfeuchtigkeit. Erreicht die rel. Luftfeuchtigkeit 100 % scheidet sich bei weiterer Abkühlung Wasserdampf aus. Der Wasserdampf schlägt sich auf festen Gegenständen als Tauwasser nieder. Im Bauwesen ist die Abkühlung von Luft an kalten Bauteilen vor allem an der Innenseite von Außenbauteilen besonders interessant, weil dort die Gefahr von Tauwasserbildung am größten ist. So lange das Wasser in den Baustoffen als Wasserdampf vorliegt, ist es unschädlich. Erst wenn Wasser in flüssiger Form austritt bzw. entsteht, kommt es zum Bauschaden, beispielsweise an dampfdichten Belägen. In der Regel kann man ohne Messgeräte eine Tauwasserbildung gar nicht erkennen. Anders ist es, wenn an geschlossenen Fensterscheiben eine Tauwasserbildung vorhanden ist, was man an dem abfließenden Wasser erkennen kann.

Die Taupunkttemperatur ist die Temperatur, bei der der Sättigungsgehalt der Luft erreicht ist und die Tauwasserbildung beginnt. Die Taupunkttemperatur bildet, bis die Luft an der Taupunktfläche abgekühlt werden darf, bevor die Tauwasserbildung beginnt.

Unter bauphysikalischen Gesichtspunkten muss man grundsätzlich zwischen 3 zentralen Begriffen unterscheiden:

**Baufeuchte,
Bodenfeuchte,
Wohnfeuchte (Nutzungsfeuchte).**

Unter **Baufeuchte** versteht man das Wasser, das beim Einbau der Baustoffe in die Bauwerke eingeführt worden ist und das Wasser, das während der Baumaßnahme als Niederschlagswasser hinzukommt.

Der Begriff **Bodenfeuchte** betrifft die aufsteigende Bodenfeuchtigkeit im Sinn der DIN 18 195 Teil 4.

Wohnfeuchte meint die Feuchtigkeit, die bei der Nutzung entsteht, beispielsweise beim Kochen, Duschen usw.

Aufgabe der Dampfsperre

Eine Dampfsperre verringert die Wasserdampfdiffusion durch das Bauteil und senkt damit auch die Tauwasserbildung. Durch den Einbau einer Dampfsperre in den Bereich des Bauteils, der von einem zu hohen Wasserdampfstrom zu schützen ist, wird der Dampfdruck erniedrigt.

Die DIN 4108 "Wärmeschutz im Hochbau" verwendet den Begriff "Dampfsperre". Damit ist nicht ausgesagt, dass ein bestimmtes Produkt, was als Dampfsperre verwendet werden soll, absolut dampfdicht sei. Es wäre durchaus möglich, auch den Begriff "Dampfbremse" einzuführen bzw. zu verwenden, nur muss es auch hier auf eine differenzierte Betrachtung ankommen, z. B. dass man den Begriff "Dampfsperre" dann verwendet, wenn ein s_d -Wert ($\mu \times s$) von mehr als 10 m vorhanden ist und der Begriff "Dampfbremse" sollte verwendet werden bei einem s_d -Wert ($\mu \times s$) von < 10 m, damit Missverständnisse vermieden werden. Bei der Bestimmung des Diffusionswiderstandswertes wird die Diffusionswiderstandszahl des Stoffes (μ) mit der Schichtdicke des Materials in Metern (m) multipliziert.

Beispiele:

Beton B 25	$\mu = 70 \times 0,16 \text{ m} = 11,20 \text{ m}$
Polyäthylenfolie	$\mu = 100\,000 \times 0,0002 \text{ m} = 20,00 \text{ m}$
Polyäthylenfolie	$\mu = 100\,000 \times 0,0001 \text{ m} = 10,00 \text{ m}$
PVC-Folie	$\mu = 20\,000 \times 0,0003 \text{ m} = 6,00 \text{ m}$
PVC-Folie	$\mu = 20\,000 \times 0,0005 \text{ m} = 10,00 \text{ m}$
Epoxidharzanstrich	$\mu = 65\,000 \times 0,0001 \text{ m} = 6,50 \text{ m}$
Epoxidharzanstrich	$\mu = 45\,000 \times 0,0002 \text{ m} = 13,00 \text{ m}$

Wie die Zahlen zeigen, kann es nicht richtig sein zu argumentieren, eine 0,1 mm dicke PE-Folie sei nicht ausreichend, jedoch eine PVC-Folie in einer Dicke von 0,5 mm. Wie man sieht, ergeben beide Materialien in der Betrachtung denselben Diffusionswiderstandswert, immerhin 10 m.

Tabelle 4

Wassergehalt je 1m³ Luft als absolute Luftfeuchte (Wasserdampf)									
° C	g/m³	Relative Luftfeuchte %							
		30	40	50	60	70	80	90	95
5	6,852	2,05	2,73	3,42	4,10	4,78	5,46	6,15	6,49
8	8,27	2,49	3,31	4,14	4,97	5,79	6,62	7,45	7,86
10	9,40	2,82	3,76	4,70	5,64	6,58	7,52	8,46	8,93
13	11,35	3,41	4,54	5,68	6,81	7,95	9,08	10,22	10,79
16	13,65	4,10	5,46	6,83	8,19	9,56	1,092	12,29	12,97
18	15,40	4,62	6,16	7,70	9,24	10,74	12,32	13,86	14,63
20	17,30	5,19	6,92	8,65	10,38	12,11	13,84	15,57	16,44
22	19,40	5,82	7,76	9,70	11,64	13,58	15,52	17,46	18,43
24	21,80	6,54	8,72	10,80	13,08	15,26	17,44	19,62	20,71
26	24,35	7,31	9,74	12,18	14,61	17,05	19,48	21,92	23,14
28	27,20	8,16	10,88	13,60	16,32	19,04	21,76	24,48	25,84
30	30,35	9,11	12,14	15,18	18,21	21,25	24,28	27,32	28,84
35	39,60	11,88	15,84	19,80	23,76	27,72	31,68	35,64	37,62
40	51,15	15,35	20,56	25,58	30,69	35,81	40,92	46,04	48,60
45	65,40	19,62	26,16	32,70	39,24	45,78	52,32	58,86	62,13
50	83,00	24,90	33,20	41,50	49,80	58,10	66,40	74,70	78,85

Häufig wird auf Betondecken, Estrichen oder auch bei Betonbodenplatten – dort allerdings, wenn keine aufsteigende Bodenfeuchte nach DIN 18195/4 vorhanden ist – Epoxidharzanstriche mit Quarzsandabstreuung eingesetzt bei Restfeuchtwerten von immerhin 4,5 bis 5 M-%, ohne dass man die Beton- oder Estrichdicke berücksichtigen würde. Mit solchem Epoxidharzanstrichen, zweimal aufgetragen mit Quarzsandabstreuung wird man kaum einen höheren Diffusionswiderstandswert als 13 m erreichen. Bei schwimmend verlegtem Fertigparkett oder Laminat werden PE-Folien 0,1 mm auf dem jeweiligen Untergrund verlegt.

Rechtliche Betrachtung

Prüfungs- und Hinweispflichten sind Rechtsangelegenheiten. Techniker sollten in Rechtsfragen nicht eingreifen. Die Aufgabe der Technik ist es, auch den rechtlichen Forderungen nachzukommen.

Der Verlegeuntergrund für den Estrichleger ist in aller Regel eine Betondecke. Um auch der VOB Teil B, § 4, Nr. 3 gerecht zu werden, ist der Estrichleger gehalten, den Verlegeuntergrund auf Eignung zu prüfen. Der Auftraggeber muss vor Schaden bewahrt werden. Den Auftraggeber interessiert es im Reklamationsfall nicht, wenn der Estrichleger argumentieren würde, dass man mit einem CM-Gerät den Feuchtegehalt bei der Betondecke nicht habe messen können. Vielmehr würde eine solche Argumentation zeigen, dass dem Estrichleger die Problematik einer möglichen Restfeuchte aus einer Betondecke bekannt ist. Es ist letzten Endes auch unerheblich, ob die Betondecke unmittelbar vor der Estrichverlegung noch einmal im oberflächennahen Bereich angefeuchtet worden ist. Der Estrichleger muss auch bedenken, dass es immer möglich sein muss, auf einem Estrich einen feuchtigkeitsempfindlichen Parkettfußboden oder einen "dampfdiffusionsdichten" Kunststoffbelag verlegen zu können. Wäre der Auftraggeber/Bauherr in seiner Entscheidung, was den möglichen Belag angeht, eingeschränkt, so wäre die Estrichleistung fehlerhaft.

Im Reklamationsfall auf den Planer zu verweisen, wird auch nicht weiterhelfen, denn wenn es in der DIN 18 560 Teil 2, Abschnitt 6.1.3 "Schutzmaßnahmen" wie folgt heißt:

Die Dämmschicht ist, falls erforderlich, durch geeignete Maßnahmen vor Feuchtigkeit, z. B. durch Dampfsperren zu schützen. Solche Maßnahmen sind vom Planverfasser bei der Bauwerksplanung festzulegen."

So geht es dabei auf gar keinen Fall um das Problem angeblicher Restfeuchte aus einer Betondecke, weil es sich hier, wenn überhaupt, nur um ein vorübergehendes Problem handeln kann. Die DIN-Formulierung kann nur für die Fälle herangezogen werden, wo es um den bauphysikalischen Wärme- oder Feuchteschutz nach DIN 4108 oder um eine Bauwerksabdichtung nach DIN 18 195, Teil 4 oder 5 geht. Wenn das Problem eines zu feuchten Verlegeuntergrundes (Betondecke) besteht, dann ist hier der Estrichleger gefragt, den notwendigen Prüfungs- und gegebenenfalls Hinweissfragen nachzukommen.

Dampfsperre nicht auf der Betondecke verlegen

Einen vernünftigen Grund, wegen angeblicher nachschiebender Restfeuchte aus einer Betondecke eine sogenannte Dampfsperre unmittelbar auf der Betondecke zu verlegen, gibt es nicht. Mehrere Gründe sprechen dagegen:

1. Wird auf einer kühlen Betondecke z. B. eine PE- oder PVC-Folie verlegt und darauf Wärme- und Trittschalldämmplatten und werden diese mit Bitumenabdeckpapier abgedeckt, dann wird es beim Einbauen eines Nassestrichs auf der Folie und mithin unterhalb des Dämmmaterials zu einer Tauwasserbildung kommen. Das führt mindestens zu einer Durchfeuchtung der unteren Dämmstoffrandzone. Besonders kritisch ist dieser Umstand, wenn Mineralfaserdämmplatten verlegt wurden.
2. Verlegt man eine Dampfsperrefolie auf einer Betondecke über einer Tiefgarage oder einer offenen Hofdurchfahrt und ist auf der kalten Seite keine weitere Wärmedämmung vorhanden und wird auf dem Estrich ein dampffoffener Bodenbelag, beispielsweise Teppichfußboden verlegt, dann kommt es je nach Größe des Temperatur- und Dampfdruckgefälles zu einer Tauwasserbildung oberhalb der verlegten Dampfsperrbahn mit weitreichenden Folgeschäden an der Dämmung, am Estrich und am Belag.
3. Wurde zunächst ein PVC-Belag verlegt, bildet dieser auf der warmen Seite auch gleichzeitig eine Dampfsperre. Wird der PVC-Belag durch einen Teppichfußboden ersetzt, dann könnte sich nun aus der Nutzung heraus eine Tauwasserbildung auf der Dampfsperrefolie, die auf der kalten Seite vorhanden ist, bilden. Es muss deshalb beachtet werden, dass Beläge ausgetauscht werden können.
4. Eine Dampfsperrbahn, verlegt auf einer Betondecke, lässt sich wegen Rohrleitungen auf Deckenflächen auch nicht sachgerecht verlegen. Im übrigen bekommen die Dämmplatten beim Verlegen auf einer PE-Folie und besonders kritisch bei 2 Lagen PE-Folie keinen sicheren Halt, was beim Einbringen des Estrichs zu neuen Problemen führt.
5. Kommt es zu einem Wassereintritt in den Estrichbereich und ist eine Lage PE-Folie auf der Betondecke vorhanden, stellt sich eine erforderliche

Trocknung besonders schwierig dar. Sind zwei Lagen Folien vorhanden, so wird eine erfolgreiche Trocknung nicht möglich sein. wenn sich Wasser zwischen beiden Folienlagen befindet.

Wer als Auftragnehmer eine Dampfsperrbahn auf der Betondecke anbietet, der wird auch planerisch tätig mit möglichen weitreichenden Folgen.

Um das grundsätzliche Problem angeblicher nachschiebender Restfeuchte aus Betondecken erst gar nicht aufkommen zu lassen und um zu vermeiden, dass keine Tauwasserbildung auf einer z. B. PE-Folie, verlegt auf einer kalten Betondecke, während des Estrichbaus entstehen kann, gibt es nur einen vernünftigen Weg, indem man in Zukunft grundsätzlich kein Bitumenabdeckpapier mehr verwendet und stattdessen alle Dämmstoffe mit einer mindestens 0,1 mm dicken PE-Folie oder einer mindestens 0,5 mm dicken PVC-Folie abdeckt, Überlappung mindestens 10 cm. Gefaltete PE-Folien sind nicht zweckmäßig wegen der Gefahr der verstärkten Faltenbildung. Abdeckbahnen mit einem Diffusionswiderstand von mindestens > 10 mm, welche im Überlappungsbereich verklebt oder verschweißt werden können, sind besonders gut geeignet.

Wer meint, er müsse auch eine PE-Folie auf der Betondecke verlegen, muss unbedingt zur Verhinderung einer Tauwasserbildung ebenfalls die Dämmplatten mit einer z. B. > 0,1 mm dicken PE-Folie oder einer anderen Abdeckschicht mit gleichwertiger Eigenschaft abdecken.

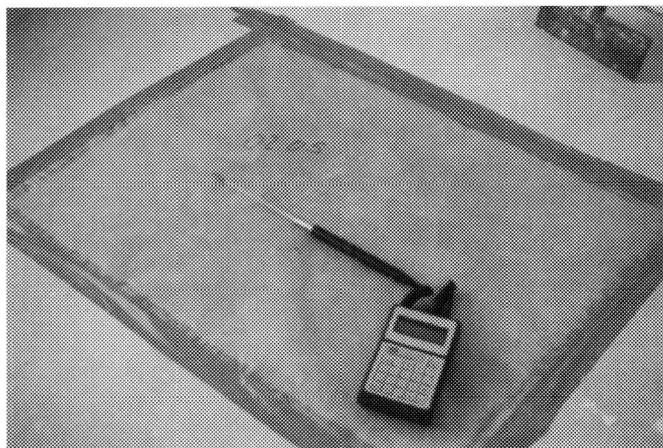


Bild 6: Unterhalb der Prüffläche lässt sich die rel. Luftfeuchte und Lufttemperatur bestimmen.

Weitere Prüfungsmaßnahmen

Bevor ein Belag auf einem Estrich verlegt wird, muss auch der nachfolgende Handwerker die Geeignetheit des Untergrundes prüfen. Es ist eine gute Sache, wenn man sich nicht nur auf die sogenannte CM-Messung verlässt, zumal auch hier gilt, dass z. B. ein gemessener Wert von 2,0 CM-% noch gar nichts darüber aussagt, wieviel tatsächliche Restfeuchte innerhalb vom Estrich noch vorhanden ist. Man muss immer auch die Bauteildicke mitberücksichtigen. Beispielsweise, ausgehend von einer Rohdichte von 2000 kg/m³ und einer Estrichdicke von 4 cm sowie von 2,0 CM-%, sind 1,6 l/m² Wasser zu berücksichtigen, bei einer Estrichdicke von 80 mm jedoch immerhin 3,2 l/m². Würde man das Beispiel auf die gravimetrische Feuchtebestimmung übertragen, ergäbe sich noch ein wesentlich anderes Bild.

Tabelle 5

Anhaltswerte über die Verlegereife nach der RF-Methode nach einer Wartezeit von > 48 Stunden unter einer dampfdicht

Art des Belages	Art des Untergrundes	Lufttemperatur ≥ ° %	rel. Feuchte ≤ %
Parkett/ Laminat	Zement-Estrich	18	60 - 65 ^{1),2),3)}
	Anhydrit-Estrich	18	60 - 65 ^{1),2),3)}
Linoleum, Homogenes PVC Elastomer/Gummi	Zement-Estrich	18	65 - 70 ^{1),2),3)}
	Anhydrit-Estrich	18	65 - 70 ^{1),2)}
Nadelvlüstteppich Textilbelag mit PVC-Rücken o.ä.	Zement-Estrich	18	80 - 90 ¹⁾
	Anhydrit-Estrich	18	80 - 90 ^{1),3)}
Naturstein oder keramische Fliesen,	Zement-Estrich	18	60 - 65 ¹⁾

- 1) Bei Fußbodenheizung generell < 45 % RF.
- 2) Bei dampfdichten oder feuchtigkeitsempfindlichen Belägen sollte bei einer relativen Feuchte > 65 % eine Dampfsperre unter dem Estrich, auf dem Estrich in Form einer PU- oder EP-Versiegelung mit Quarzsandabstreuung verlegt werden. Der Einsatz einer PU- oder EP-Versiegelung als Dampfsperre auf einem Anhydrit-Estrich scheidet aus.

Verlegt man auf einem Untergrund z. B. eine 0,2 mm dicke PE-Folie, Flächengröße ca. 0,50 m², und klebt die Ränder luftdicht ab, dann bildet sich, je nachdem wieviel Restfeuchte noch im Estrich vorhanden ist, sehr schnell unter der PE-Folie ein Feuchtefilm. Das würde dann bedeuten, dass eine rel. Luftfeuchte von 100 % vorliegt. Kann man nach einer Wartezeit von mindestens 48 Stunden unter der PE-Folie keinen Feuchtefilm oder farbliche Veränderung der oberen Estrichrandzone erkennen, dann hat man die Möglichkeit, mit einer Sonde und einem speziellen Messgerät unter der dampfdicht abgesperrten Fläche sowohl die Lufttemperatur als auch die rel. Luftfeuchte zu bestimmen. Je nachdem welcher Belag auf dem Estrich

verlegt wird, ist eine bestimmte Lufttemperatur und eine maximale rel. Luftfeuchte zu beachten. Der Vorteil mit dem Folientest ist, dass man einerseits eine größere Prüffläche hat und andererseits das vorweg-

nehmen kann, was später durch einen dampfdichten Belag verursacht wird, da dieser ebenfalls den Verlegeuntergrund weitestgehend dampfdicht absperrt. Entstehen an einem PVC-Belag Blasenbildungen, so kann man ebenfalls unter der Belagsablösung die Lufttemperatur und auch die rel. Luftfeuchte bestimmen.

Beim Verdacht nachschiebender Restfeuchte aus einer Betondecke sollte der SV unbedingt den Feuchtegehalt am Estrich im oberen Randbereich von 0 – 10 mm und im unteren Bereich messen. Darüber hinaus sollte der Feuchtegehalt der Dämmschicht gemessen werden, besonders in den oberen 10 mm. "Feuchtigkeit", die unterhalb einer PE-Folie festgestellt wird, kommt als Grund für einen Schaden oder Mangel am Belag nicht in Frage. Wenn z. B. nach dem Entfernen eines dampfdichten PVC-Belages an einem Anhydritestrich im Bereich der oberen Estrichrandzone 0 – 10 mm nur ein Feuchtwert von 0,4 Masse-% festgestellt wird, dann kann bei sachlicher Betrachtung die Belagsablösung (Blasenbildung) nicht auf angebliche Restfeuchte aus der Betondecke geschoben werden.

Die Probleme sind vielschichtig. Mit Beispielen kann man allenfalls Zusammenhänge verständlich machen. Für die Praxis hilft das aber nicht weiter. Hier muss man eine differenzierte pragmatische Lösung anbieten. Erst im Reklamationsfall auf die angeblich fehlende Dampfsperre auf einer Betondecke zu verweisen, hilft weder dem Auftraggeber noch einem betroffenen Auftragnehmer. Die geringen Mehrkosten für das Verlegen einer geeigneten Abdeckschicht (Dampfsperre) auf Wärme- und Trittschalldämmplatten steht in keinem Verhältnis zum Aufwand, der entstehen kann, wenn eine Belagsablösung entsteht.

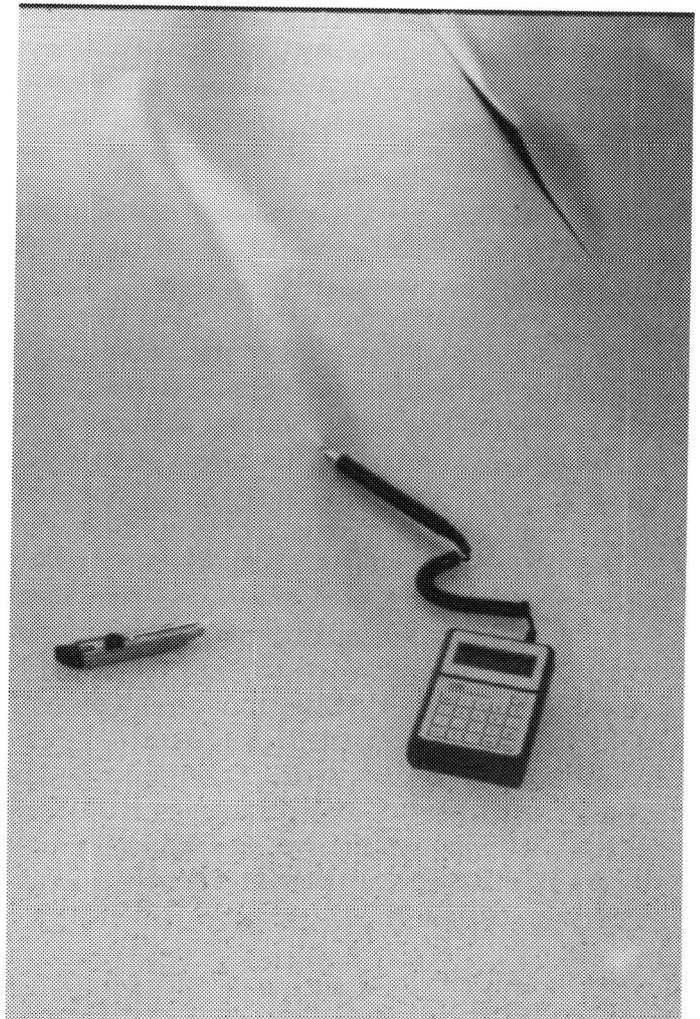


Bild 7: Auch unterhalb von einem Belag kann die rel. Feuchte und Lufttemperatur bestimmt werden.



Institut für Beton- und Fußbodentechnik Gerhard Gasser & Söhne

Ursachenforschung • Baustoffprüfung • Gutachten

Taubenberg 103 65510 Idstein/Ts.	Telefon 06126-3139	Telefax 06126-56195	Autotelefon 0161-2609201	Galvanistraße 14 10587 Berlin	Telefon 030-3427821	Telefax 030-3482871
--	------------------------------	-------------------------------	------------------------------------	---	-------------------------------	-------------------------------

