



# **Austrocknungsverhalten von Zementestrichen unter der Verwendung von Zusatzmitteln mit beschleunigender Wirkung – Anspruch und Wirklichkeit**

**von Dipl.-Phys. Oliver Erning**

veröffentlicht in - Fußbodenbau - (Ausgabe III Mai/Juni / 2002)

---

## **1. Einleitung**

Das Geschehen auf der Baustelle hat sich in den letzten Jahren überwiegend nur in eine Richtung entwickelt. Es heißt immer nur preiswerter und schneller. Aus diesem Grund finden Zementestriche mit Zusatzmitteln, die die Trocknung beschleunigen, immer mehr Anwendung.

Da zu diesen Zusatzmitteln keine gesicherten Erkenntnisse bzw. Erfahrungen vorliegen, wurden im Rahmen der Mitarbeit im Arbeitskreis Sachverständige des Bundesverbandes Estrich und Belag e.V. im Institut für Baustoffprüfung und Fußbodenforschung (IBF), Troisdorf und im Fachgebiet Baustoffe in der Materialforschungs- und Prüfanstalt an der Bauhaus-Universität Weimar (MFPA) sieben verschiedene Zusatzmittel mit beschleunigender Wirkung für Zementestriche auf ihre Eigenschaften und Baustellentauglichkeit hin untersucht. Dieser Artikel berichtet über die Ergebnisse dieser Untersuchungen.



## **2. Herstelleraussagen**

Die Angaben der Hersteller zu den einzelnen Produkten sind sehr unterschiedlich. Sie reichen von einer einfachen Dosierungsvorgabe für das Zusatzmittel bis zu einer genauen Mischungsvorgabe (Mischungsverhältnis; Dosierung, w/z-Wert, feste Sieblinie). Hinsichtlich des Erreichens der Belegreife werden Versprechungen ab 2 Tagen getätigt. Nur ein Hersteller gab zu, dass die Trocknungszeit von der Estrichdicke und den Klimabedingungen abhängt. Dies ist vermutlich der Grund für das sogenannte „Kleingedruckte“. An das Erreichen dieser frühen Belegreife sind nämlich Rahmenbedingungen geknüpft. Bei näherer Betrachtung findet man oft, dass zum Erreichen der versprochenen Eigenschaften eine Temperatur von ca. 20°C und eine relative Luftfeuchte von ca. 65 % eingehalten werden muss. Dieses Klima entspricht etwa dem Normklima DIN 50 014-20/65-2, auch Laborklima genannt, bei dem viele physikalische Kennwerte eines Estrichs ermittelt werden. Aber mit dem Baustellenklima, welches bei der Erstellung des Estrichs und vor der Belagsverlegung herrscht, hat dies nichts zu tun.

## **3. Das Untersuchungsprogramm**

In 2 Versuchsreihen wurden an insgesamt 7 Zusatzmitteln, jeweils im Vergleich zu einem Nullmörtel, die Frisch- und Festmörteleigenschaften ermittelt und der Austrocknungsverlauf bestimmt.

Die Untersuchungen wurden teilweise parallel im IBF und an der MFPA Weimar (1. Versuchsreihe) durchgeführt. Die Ergebnisse waren prinzipiell deckungsgleich.

### **3.1. Frisch- und Festmörteleigenschaften**

Die verschiedenen Estrichmörtel wurden je Versuchsreihe mit einem festen Mischungsverhältnis und einer möglichst gleichmäßigen Konsistenz, die über das Ausbreitmaß ermittelt wurde, hergestellt. Die Zusatzmittel wurden nach



Herstellerangaben dosiert. Der Wasser/Zement-Wert wurde im Vergleich zum Nullmörtel deutlich reduziert. Hier deutet sich der Haupteffekt der sogenannten Trocknungsbeschleunigung an. Nebeneffekt ist jedoch bei allen untersuchten Zusatzmitteln, dass Luftporen eingetragen werden und sich dadurch der Luftgehalt der Frischmörtel, wie aus **Tabelle 1** zu ersehen ist, um ca. 8 % erhöht.

**Tabelle 1: Frischmörteleigenschaften**

Material	w/z-Wert	Ausbreitmaß cm	Frischmörtelrohddichte kg/dm <sup>3</sup>	Luftgehalt %
<i>0</i>	0,70	12,0	2,28	3,2
<i>A</i>	0,45	12,4	2,16	11,2
<i>B</i>	0,52	12,8	2,17	10,5
<i>C</i>	0,49	12,3	2,17	11,0
<i>D</i>	0,51	12,8	2,14	11,5
<i>0</i>	0,75	12,5	2,30	3,0
<i>I</i>	0,63	12,8	2,15	10,1
<i>II</i>	0,55	12,0	2,17	10,6
<i>III</i>	0,51	12,0	2,12	11,4

Heizestrichanwendungen werden bei den einzelnen Zusatzmitteln nicht explizit ausgeschlossen, sondern teilweise besonders angepriesen. Nach DIN 18 560 Teil 2 Abschnitt 6.3.1 dürfen bei der Herstellung von Heizestrichen nur solche Zusatzmittel verwendet werden, die den Volumenanteil an Luftporen des Mörtels nach DIN EN 196 Teil 1 um nicht mehr als 5 % erhöhen. Die neue Europäische Norm für Heizestriche EN 1264 Teil 4 stellt diese Forderung generell, d.h. unabhängig von der Art des Mörtels. Somit sind diese Zusatzmittel für Heizestriche nicht geeignet.

Die Reduzierung des Wasser/Zement-Wertes müsste normalerweise zu einer Festigkeitssteigerung führen. Es wurde aber teilweise ein Abfall der Festigkeit sowohl in der Güte- als auch in der Bestätigungsprüfung beobachtet. Dass der Effekt der Festigkeitssteigerung nicht beobachtet werden kann, liegt an dem hohen Luftporeneintrag. In diesem Punkt liegt sogar eine besondere Gefahr. Auf der Baustelle kann nicht so exakt dosiert werden wie im Labor. Leichte Überdosierungen können zu hohen Festigkeitsabfällen führen. **Tabelle 2** zeigt einen Fall, bei dem vermutlich durch minimale Überdosierung (sogar im Labor) die Biegezugfestigkeit bei der Bestätigungsprüfung von 2,6 N/mm<sup>2</sup> beim Nullmörtel auf 1,8 N/mm<sup>2</sup> und somit deutlich unter die für einen Zementestrich ZE 20 erforderlichen kleinsten Einzelwert von 2,0 N/mm<sup>2</sup> abfiel.

**Tabelle 2: Festmörteleigenschaften**

Material	Rohdichte kg/dm <sup>3</sup>	Biegezugfestigkeit (Prismen) N/mm <sup>2</sup>	Druckfestigkeit (Prismen) N/mm <sup>2</sup>	Biegezugfestigkeit (Bestätigungsprüfung) N/mm <sup>2</sup>
<i>O</i>	2,17	4,4	24	2,6
<i>A</i>	1,94	3,9	19	1,8
<i>B</i>	1,97	3,7	22	2,1
<i>C</i>	1,99	4,2	22	2,1
<i>D</i>	1,93	3,9	19	2,0
<i>O</i>	2,15	6,0	29	-
<i>I</i>	2,10	5,7	29	-
<i>II</i>	2,10	6,0	30	-
<i>III</i>	2,05	5,3	25	-

### 3.2. Austrocknungsverlauf im Normalklima

Der Austrocknungsverlauf wurde an 4 cm dicken, auf weichfedernden Dämmschichten hergestellten Estrichen in einem Klimaraum mit einer Temperatur von 20°C und einer relativen Luftfeuchte von 65 % ermittelt. Dabei wurde der tatsächliche Feuchteverlust (Feuchteaustritt über die Oberfläche) und der Feuchtegehalt (Darren und CM-Methode) der Proben bestimmt.

Betrachtet man die Austrocknungsverläufe (**Abbildungen 1 und 2**) so stellt man fest, dass die Kurven der Estriche mit Zusatzmitteln den gleichen prinzipiellen Verlauf zeigen wie die Kurven der Nullestriche. Sie sind nur parallel nach unten verschoben. Der steile Abfall am Anfang wird mit fortschreitender Zeit flacher und geht in eine Asymptote über.

Dieser Verlauf lässt sich aus dem Feuchtetransport in einer Baustoffpore während der Trocknung ableiten <sup>[1]</sup>. Zu Beginn der Trocknung sind die Poren mit Wasser gefüllt, so dass anfänglich Flüssigkeiten transportiert werden. Die Poren leeren sich und der Feuchtetransport erfolgt kapillar. Wenn der Kapillartransport nicht mehr möglich ist, kann die Feuchte nur noch über Wasserdampfdiffusion entweichen. Die Übergänge zwischen den einzelnen Transportarten erfolgen fließend. Die je nach Transportart möglichen Mengen ergeben genau die in den Abbildungen gezeigten Verläufe. Die Feuchtegehalte in den Estrichen nehmen so lange ab, bis ein Gleichgewichtszustand mit dem Umgebungsklima erreicht wird.

Da die einzelnen Verläufe nur parallel verschoben sind, wird bei den untersuchten Zusatzmitteln nur ein Effekt der Trocknungsbeschleunigung ausgenutzt, nämlich die Reduzierung des Anmachwassers. Für die Herstellung eines verarbeitbaren Estrichs benötigt man mehr Wasser als chemisch für die Bildung des Zementsteins benötigt wird. Wird Wasser bei der Herstellung des Estrichs eingespart, muss dieses nicht mehr verdunsten. Eine chemische Bindung des Wassers konnte nicht beobachtet werden.

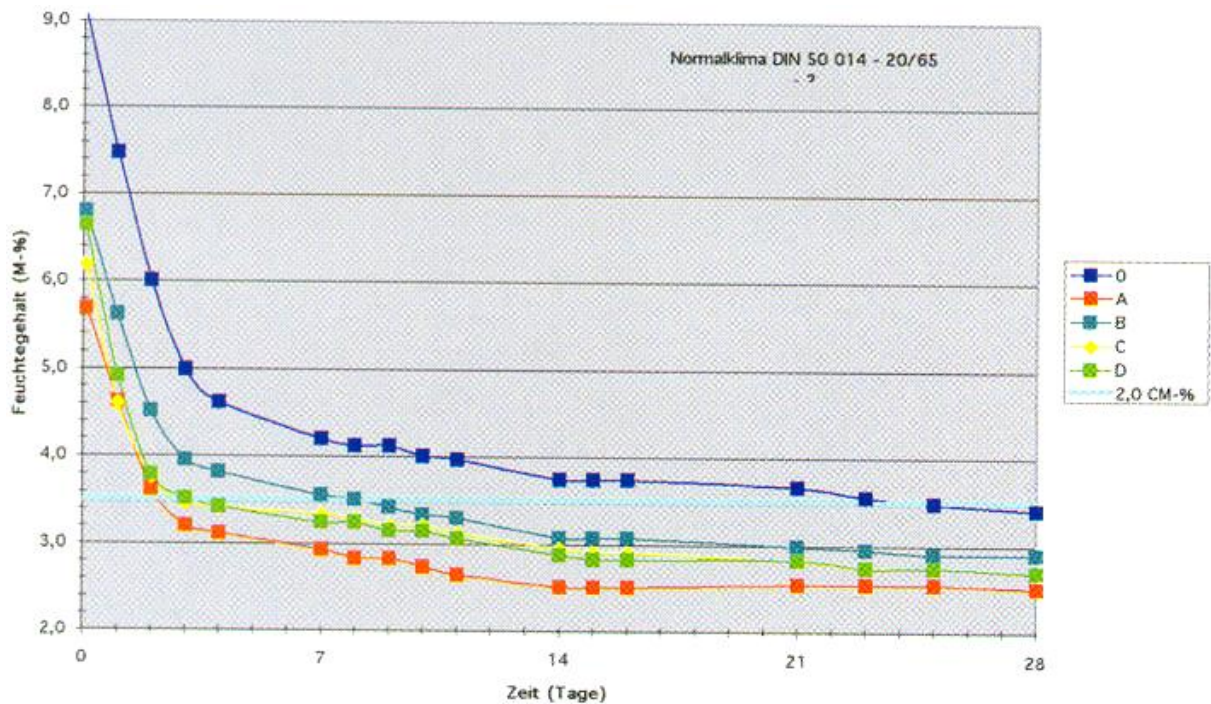


Abb. 1 Austrocknungsverlauf von Zementestrichen mit Trocknungsbeschleunigern (A-D) im Idealklima

Austrocknungsverlauf 20°C/65% - IBF

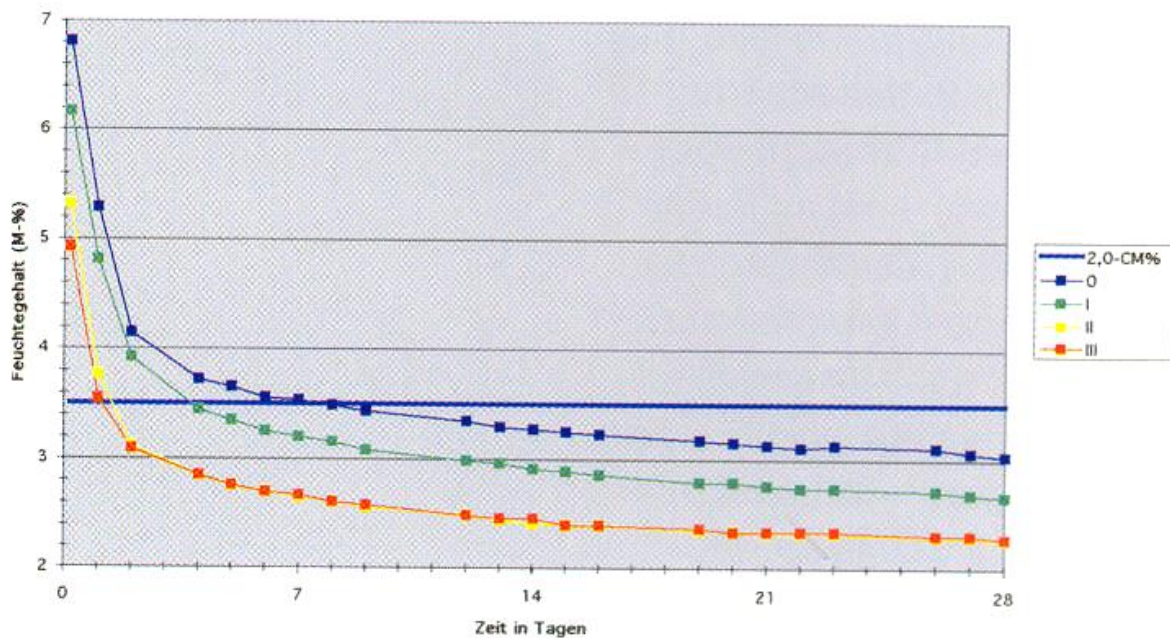


Abb. 2 Austrocknungsverlauf von Zementestrichen mit Trocknungsbeschleunigern (I-III) im Idealklima





Übliche Zementestriche haben in der Regel ihre Belegreife bei 2 CM-%, das entspricht etwa einem Darwert von 3,5 M-%, erreicht <sup>[2]</sup>. Gemäß **Abbildung 1** sind der 4 cm dicke Estrich mit dem Zusatzmittel A nach 2 Tagen, dem Zusatzmittel C und D nach 3 Tagen, dem Zusatzmittel B nach 8 Tagen und der Nullestrich nach 25 Tagen belegreif.

Ist dies die Bestätigung für die versprochenen Eigenschaften? Ja und nein. Die Ergebnisse muss man relativieren. In diesem Fall (Ausbreitmaß) 12 - 13 cm; Nenndicke 4 cm, Klima 20°C/65 %) wurden die Eigenschaften bestätigt.

Was passiert aber, wenn eine weichere Konsistenz (mehr Wasser) gewählt wird? Was passiert aber, wenn eine größere Nenndicke erforderlich ist? Die Oberfläche, über die der Estrich austrocknet, bleibt gleich, die Feuchtemenge die austrocknen muss aber nicht. Können wir auf der Baustelle von Beginn an solch ideale Klimabedingungen erwarten? Nein.

Somit handelt es sich bei den angegebenen Eigenschaften um Eigenschaften, die im LABOR erreicht werden, aber nicht auf die BAUSTELLE übertragbar sind.

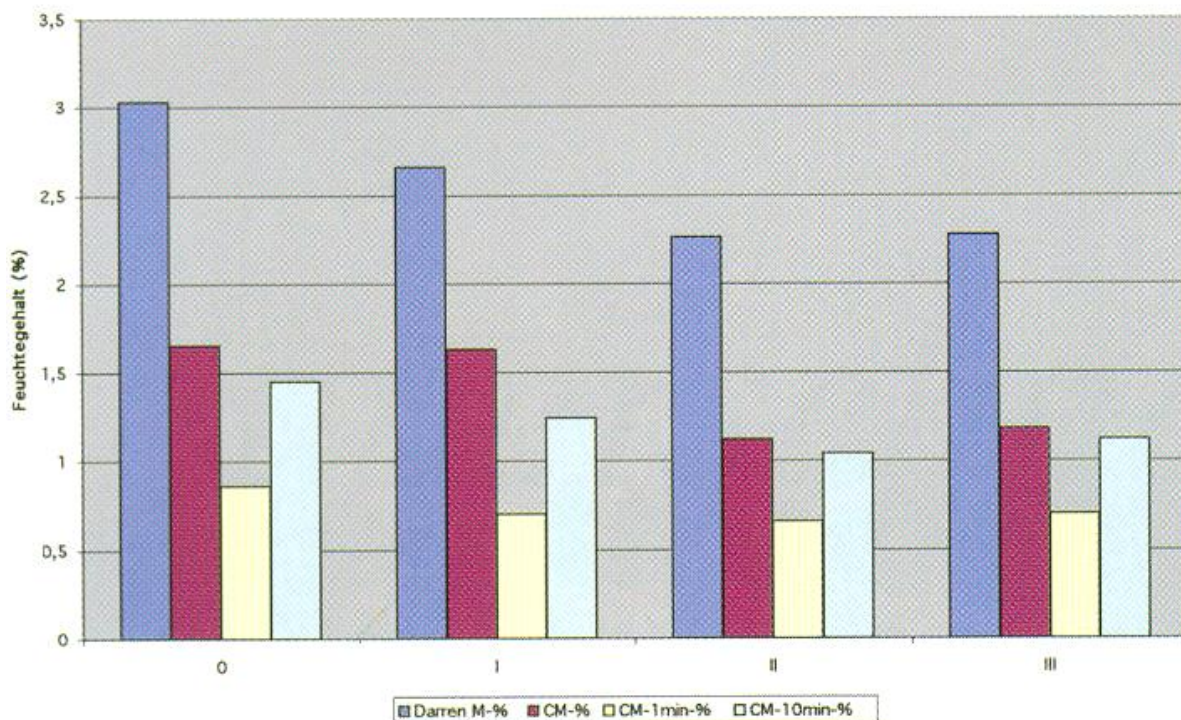
#### **4. Belegreife**

Die Belegreife ist ein Grenzfeuchtigkeitsgehalt, ab dem der Estrich mit einem Belag versehen werden darf. Die Belegreife sollte nur gering über dem Ausgleichsfeuchtegehalt bei Wohnraumklima liegen, damit die im Laufe der Zeit noch austretende Feuchte nicht zu Schäden führt. Das ist aber nur der Fall, wenn der Zeitraum so groß ist, dass die austretende Feuchte über sekundäre bzw. Randeffekte abgeführt werden kann.

Bei den überprüften Estrichen ist der Ausgleichsfeuchtegehalt nach 28 Tagen in Normalklima DIN 50 014-20/65-2 noch nicht erreicht. Betrachtet man aber den Feuchtegehalt der Estriche der 2. Versuchsreihe (**Abbildung 2**), so ist seit der sogenannten Belegreife von 2 CM-% ( $\approx 3,5$  Masse-%) bis zum Alter von 28 Tagen ca. 1,2 M-% Feuchte über die Estrichoberfläche verdunstet. Dies bedeutet etwa 1 l Feuchtigkeit, die seit der Belegreife über eine Estrichoberfläche von 1 m<sup>2</sup> ausgetreten ist. Diese Menge in einem so kurzen Zeitraum ist nach unserer Erfahrung für feuchteempfindliche Bodenbeläge zu hoch. Der Feuchtegehalt für die Belegreife sollte für diese Estriche deshalb nach unten korrigiert werden.

## 5. Messung der Feuchte

Von einem Sachverständigen sollte die Feuchte über die Darrmethode ermittelt werden. Für den Bauhandwerker ist dies alleine aus Zeitgründen nicht möglich. Der Handwerker sollte die CM-Methode verwenden und zwar nur nach dem gewerkeübergreifenden Schnittstellenprotokoll <sup>[3]</sup>.



**Abb. 3 Vergleich der Feuchtemessmethoden**





Leider wird von Herstellern einiger Bauprodukte eine vereinfachte CM-Methode propagiert. Bei dieser sogenannten CM-1-Minute-Methode wird das Prüfgut nur 30 s geschüttelt (statt 180 s) und der Gasdruck nach 1 min (statt 10 min) abgelesen. Es wurden Vergleichsmessungen an Estrichen mit und ohne Zusatzmittel durchgeführt.

Vergleicht man die Werte der Darrprüfung bei 105°C des Nullmörtels mit den Werten der CM-Schnittstellenprotokoll-Methode, stellt man fest, dass der bekannte Korrelationsfaktor zwischen CM- und Darrprüfung von 1,5 M-% im Bereich der Belegreife bestätigt wird. Prüft man den Nullmörtel mit der CM-1-Minute-Prüfung, so liegen die Werte im Vergleich zur gewerkeüblichen CM-Schnittstellenprotokoll-Prüfung nochmals um 0,8 - 1,2 M-% niedriger. Somit wird durch diese Methode nicht der gesamte Feuchtegehalt der Probe, sondern nur eine Teilmenge des tatsächlichen Feuchtegehaltes gemessen. Eine Beurteilung der Belegreife mit dem über die gewerkeübliche CM-Schnittstellenprotokoll-Methode festgelegten Wert von 2,0 CM-% für die CM-1-Minute-Methode ist somit nicht zulässig.

Liest man bei der CM-1-Minute-Methode das Manometer nach 10 Minuten ab, fallen die Werte deutlich höher aus, erreichen jedoch nicht die Werte der CM-Schnittstellenprotokoll-Methode. Der Grund hierfür liegt in dem kürzeren Schütteln der CM-Flasche. Dadurch wird das Prüfgut nicht so fein zerkleinert. Dieser zusätzliche Fehler liegt in der Größenordnung von  $\approx 0,3$  M-%. Die Estriche mit Zusatzmitteln zeigen prinzipiell das gleiche Verhalten mit den gleichen Schlussfolgerungen. Eine Beurteilung der Belegreife mit 2 CM-% ist die über CM-1-Minute-Methode ohne einen Korrekturfaktor nicht möglich, da die CM-Schnittstellenprotokoll-Methode und CM-1-Minute-Methode nicht gleichwertig sind. Entsprechend den Messergebnissen müsste der Korrekturfaktor bei etwa 1 % liegen, somit würde ein 2 % CM-1-Minute-Wert etwa einem 3 CM-%-Schnittstellen-Wert entsprechen. Worauf eine Belegreife bei 2 % CM-1-Minute basiert, kann ich nicht nachvollziehen.



## 6. Zusammenfassung

Ein Nachfolgehändler, der den Estrich belegen soll, muss dessen Belegreife ermitteln. Kann er wissen, mit welcher Methode er welchen Estrich messen soll? Um der Baupraxis gerecht zu werden, sollte einheitlich gemessen werden, d.h. nur nach dem mit allen Gewerken abgestimmten Schnittstellenprotokoll. Wenn für besondere Estriche andere Belegreife gelten, sollten diese vom Hersteller bezogen auf die übliche CM-Methode und für die Darrmethode angegeben werden.

Die überprüften Zusatzmittel reduzieren nur das Anmachwasser und tragen Luftporen ein. Dies beschleunigt sicherlich die Trocknung, aber die Angaben, die hinsichtlich der zu erreichenden Trocknungszeiten gelten, sind für den Estrichleger wegen des vom Laborklima abweichenden Baustellenklima unrealistisch. Außerdem muss die Belegreife für diese Produkte neu bestimmt werden.

Auch mit der neuen Belegreife weiß der Estrichleger nicht, wann er auf der Baustelle die Belegreife erreicht. Aus diesem Grund bitten wir alle Hersteller dieser Sonderprodukte zum Einen den Ausgleichsfeuchtegehalt und zum Anderen die Belegreife in einem normierten Baustellenklima<sup>[4]</sup> zu ermitteln. Diese Aussage könnte der Estrichleger einem Bauherrn verkaufen und würde zu mehr Vertrauen auf der Baustelle führen.

---

### Literaturverzeichnis:

- [1] Lutz u.a. „Lehrbuch der Bauphysik“, Teubner Verlag, Stuttgart;
- [2] W. Schnell „Das Trocknungsverhalten von Estrichen – Beurteilung und Schlussfolgerung für die Praxis“, Aachener Bausachverständigentage 1994, Bauverlag GmbH, Wiesbaden;
- [3] Fachinformation „Schnittstellenkoordination bei beheizten Fußbodenkonstruktionen“, November 1998;
- [4] O. Erning „Schnellestriche - Anspruch und Wirklichkeit“, boden-wand-decke 6-7, 2001.