

Wie Polymere Betonböden verbessern

Heutige Möglichkeiten und Perspektiven für die Zukunft

Dipl.-Chem. Dr. Peter SEIDLER
astradur Industrieboden AG, Rodalben/Pfalz, Germany

INHALT

- 0 Zusammenfassung
- 1 Wir haben alle notwendigen Mittel für besseren Beton
- 2 Zur Geschichte von Zement und Beton
- 3 Einige Kosten von Industrieböden
- 4 Was ist «Festigkeit»?
- 5 Was Beton nicht leistet
- 6 Wunderwerke aus Beton, nur keine Industrieböden
- 7 Schwindfreie Spezialzemente
- 8 Mehr Probleme durch Zementestriche
- 9 Was Reaktionskunststoffe leisten
- 10 Polymer-Dispersionen als Zusatz zu Beton und Mörtel
- 11 Die RILEM-Methode für das Benchmarking
- 12 Schutz gegen Stoß und chemischen Angriff als Funktion der Schichtdicke
- 13 Zukünftige Entwicklungen
- 14 Richtlinien, Literatur und Internet Adressen

ABBILDUNGEN

- 1 Leuchtturm Bell Rock Schottland (1811)
- 2 Ein Eiffel-Turm aus Beton, die Bohrinne «Troll»

TABELLEN

- 1 Marktpreise für einen Betonboden
- 2 Kosten für Baustoffe
- 3 Verschiedene Festigkeiten
- 4 Nachteile des Betonbodens
- 5 Ursachen von Mängeln und Schäden
- 6 Verantwortlichkeiten von Schäden
- 7 Nachteile von Beton, die durch Reaktionskunststoffe beseitigt werden können
- 8 Matrix der Materialeigenschaften für das Benchmarking von Imprägnierungen, Beschichtungen, Estrichen und Topcoats
- 9 Schichtdicken eines Vielzweck-Systems
- 10 Thesen zur Betonplatte als Industrieboden
- 11 Thesen zu «Hochleistungspolymeren»

ABSTRACT

Industrial floors are required to resist extreme environmental stresses. The design and the laying are therefore not easy tasks. Unnecessary damage is an all too common result. However, a properly dimensioned and placed concrete slab is not expensive, and is sufficient for many demands. There are possibilities to improve the slab by modifying the concrete adding powerful additives. If the strength of the surface needs to be further improved, and/or needs protection against impact and/or chemical attack, a protective layer of a reaction polymer is essential: impregnation, coating, overlay, repair mortar with or without an additional topcoat.

In general, the application of a further component or layer is only worthwhile if it brings significant added advantages. Cost-benefit analysis assumes that a system consisting of fewer elements is better if costs, workability and other properties are the same. Plain concrete is therefore preferable unless pronounced added benefits are involved. Reference is made to future developments under consideration by RILEM Technical Committee TC 184 «Industrial Floors».

Key Words: abrasion, adhesion, chemical resistance, concrete, durability, impact, industrial floor, polymer dispersion, reaction polymer, strength, impregnation, coating, overlay, topcoat (sealer), repair mortar.

1 WIR HABEN ALLE NOTWENDIGEN MITTEL FÜR BESSEREN BETON

Adam Neville, der zur Geschichte des Betons in England gehört, hielt auf dem RILEM Kongress in Athen vor 10 Jahren einen sehr bemerkenswerten Vortrag über «Concrete in the Year 2000», von dem ich die Schlussworte, die er als «Apologia», als «Rechtfertigung» für seine skeptischen Ausführungen bezeichnete, zitiere:

Es gibt keinen Zweifel, Beton ist ein äußerst nützlicher und vielseitiger Baustoff. Es ist höchst unwahrscheinlich, dass Beton durch irgendeinen anderen Baustoff in absehbarer Zukunft ersetzt wird. Meine Skepsis stammt aber daher, dass wir die Qualität des normalen Betons nicht so weit verbessern, wie wir es mit vorhandenem Wissen und vorhandener Technik könnten. Ich habe versucht, dies als meine Botschaft zu überbringen: denn wir besitzen bereits alle notwendigen Ressourcen für besseren Beton.

Wenn man aber heute das Gebiet der Industrieböden betrachtet, dann muss man leider feststellen, dass Beton als Industrieboden häufig **unbrauchbar** ist, allein schon wegen der Fugen und der Risse. Wegen dieser Unbrauchbarkeit sind Polymere in und/oder auf dem Beton unverzichtbar. Hierauf komme ich später zu sprechen.

2 ZUR GESCHICHTE DES ZEMENTES UND DES BETONS

In der langjährigen Geschichte des Betons seit den Experimenten von John Smeaton und Robert Stevenson mit hydraulisch abbindenden Zementen bei der Errichtung der Leuchttürme Eddystone bei Plymouth (UK) 1756 und Bell Rock vor dem Firth of Forth 1811, sowie der Erfindung des Portland-Zementes durch Joseph Aspdin in Wakefield (UK) 1824 ist keine große Entwicklung in Hinsicht auf seine Eigenschaften als Industrieboden festzustellen.

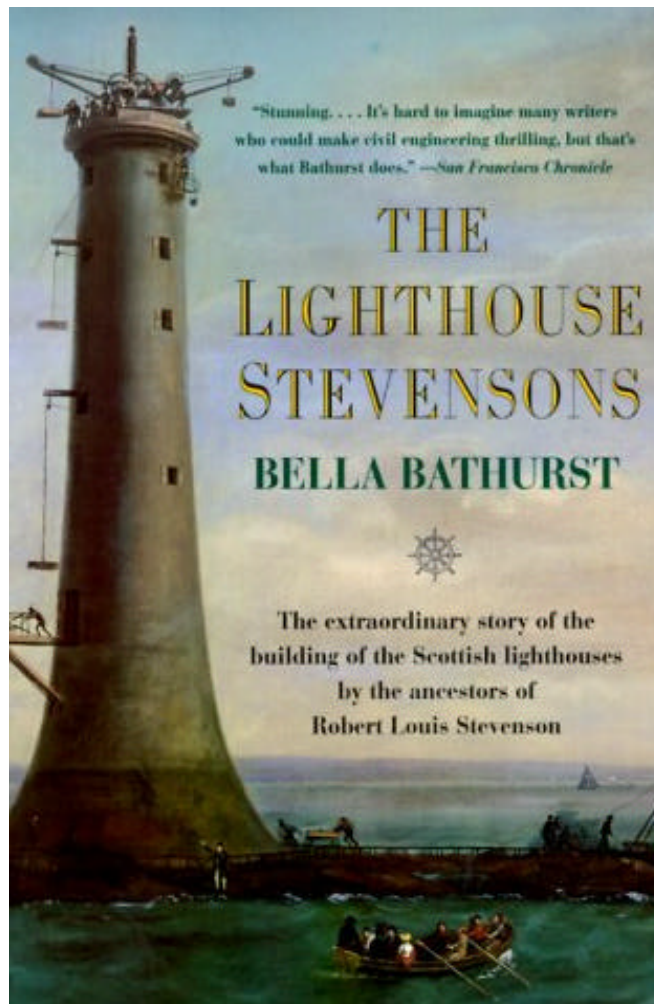


Abb. 1: Leuchtturm Bell Rock Schottland (1811)

Arbeit	Details	Preis	%
PE-Folie, zweifach	Material und Lohn	0,80 €/m ²	3%
Beton B 35, 180 mm	Material	13,30 €/m ²	50%
Beton B 35, einbauen und abziehen	Lohn	4,10 €/m ²	15%
Fließmittel 3 kg/m ²	Material	0,60 €/m ²	2%
Flügelglätten	Lohn	1,80 €/m ²	7%
Schalung von Raumfugen	Lohn	1,00 €/m ²	4%
Verdübelung von Raumfugen	Lohn	3,60 €/m ²	13%
Schneiden von Scheinfugen	Lohn	0,60 €/m ²	2%
Nachbehandlung mit Folie	Lohn	1,00 €/m ²	4%
Industrieboden aus Beton	Material und Lohn	26,80 €/m ²	100%

Tab.1: Marktpreise für einen Betonboden

3 EINIGE KOSTEN VON INDUSTRIEBÖDEN

Offenbar hat der günstige Preis und die viel größere Festigkeit im Vergleich zum Lehm, der in vorindustriellen Zeiten eingesetzt wurde, immer wieder den Ausschlag gegeben (s. Tab. 1).

Demgegenüber macht eine Verbesserung mit Polymeren den Beton sofort sehr viel teurer, auch wenn nur wenige Prozent Polymer hinzugesetzt werden:

Zuschlag	9 € per ton
Portland-Zement	90
Baustahlgewebe	900
Polymerdispersion	2.700
Reaktionskunststoff	9.000

Tab. 2: Ungefähre Kosten für Baustoffe für Industrieböden

4 WAS IST «FESTIGKEIT»?

Ein Industrieboden muss aber nicht nur billig sein, sondern er muss auch vielen unterschiedlichen Anforderungen standhalten, d.h. er muss «fest» sein.

Schon in meinem Eröffnungsvortrag zum 2. Internationalen Kolloquium «Industrieböden '91» habe ich mich unter der Überschrift «Wege zum richtigen Industrieboden» mit dem schillernden Begriff der «Festigkeit» auseinandergesetzt. Ich wiederhole hier, was ich damals gesagt habe:

Gabelstapler	Gabelstapler-	fest
Gabelhubwagen (Ameise)	Ameisen-	fest
kleine Metallräder	Metallrad-	fest
Stahlbehälter mit Metallfüßen	Metallfuß-	fest
Lasten bis 1.500 kg und mehr	Biegezug-	fest
kollernde Fässer	Stoß-	fest
fallende Metallteile	Verletzungs-	fest
8 m Stapelhöhe	Druck-	fest
Funkenbildung	Funken-	fest
explosive Gas- und Pulvergemische	Explosions-	fest
aggressive Säuren	Chemikalien-	fest
Schwefelverbindungen	Schwefel-	fest
Grundwasserschutz	Flüssigkeits-	fest
Cleanräume	Staub-	fest
Gleitsicherheit	Tritt-	fest
Oberfläche	Kratz-	fest
Nahrungsmittelproduktion	Mikroben-	fest
Schimmel	Schimmel-	fest
Nassbetriebe	Wasser-	fest

Tab. 3: Verschiedene Festigkeiten von Industrieböden

5 WAS BETON NICHT LEISTET

Wichtige Anforderungen an einen Industrieboden erfüllt Beton in seiner heutigen Beschaffenheit nicht oder nur ungenügend. Beton ist im allgemeinen:

8 MEHR PROBLEME DURCH ZEMENT-ESTRICHE

Wenn es zu schwierig ist, die Beton-Oberfläche – und auf diese kommt es an – sofort «tapezierfähig» und «fest» einzubauen, dann wird als weitere Schicht ein Estrich mit einer Schichtdicke 10 mm und einem Gewicht 20 kg/m², aufgebracht, der zusätzliche Probleme in der Grenzfläche zum «Unterbeton» haben kann. Spannungen durch unterschiedliche thermische Ausdehnung oder durch Schwinden können zur Ablösung des Estrichs führen. Es gibt eine alt-ehrwürdige Zusammenstellung über die vielen Ursachen, warum ein Zementestrich nicht gelingt, die im allgemeinen auch für Beton gelten, und die deshalb in der folgenden Tabelle enthalten sind.

Schadensbilder

- nicht genügend hart
- sandet ab, ist porös
- zeigt Risse und Einbrüche
- ist rau
- ist mit Öl oder Chemikalien verseucht
- Spurrillen, ist abgenutzt

Ursachen und Verantwortung

- Bauleitung
- Hersteller
- Verarbeitung
- Fremdeinwirkung

Tab.5: Ursachen von Mängeln und Schäden

Verantwortung der Bauleitung

- vorzeitige Beanspruchung
- Heizung
- Strahlungswärme
- Zugluft

Verantwortung des Herstellers

- schlechter Kornaufbau
- zu viele Feinstanteile
- ungenügende Kornfestigkeit
- zu viele abschlämmbare Bestandteile
- Verunreinigungen
- Humussäure
- quellende Bestandteile (wie Mergel oder Braunkohle)
- gefrorener Sand
- Verwendung verunreinigten Wassers
- zu geringer Bindemittelanteil
- zu hoher Bindemittelanteil
- falsche Zusatzmitteldosierung
- zuviel Wasser
- ungenügende Durchmischung

Verantwortung des Verarbeiters

- zu langes Lagern vor der Verarbeitung
- ungenügende Verdichtung
- zu frühes Glätten
- zu langes Glätten
- zu geringe Dicke
- uneinheitliche Austrocknung
durch starke Sonnenbestrahlung
durch Zugluft
- zu große Fugenabstände

Fremdeinwirkung

- Frosteinwirkung während des Erstarrens/Erhärtens
- Unsachgemäße Pflege
- Unsachgemäße Nutzung

Tab. 6: Verantwortlichkeiten für Schäden

9 WAS REAKTIONSKUNSTSTOFFE LEISTEN KÖNNEN

Manche der Probleme lassen sich mit Reaktionskunststoffen lösen, wobei man unterscheiden muss, zwischen Polymeren **im** Beton und Polymeren, die als kalt härtende Reaktionskunststoffe **auf** dem Beton angewendet werden. Die mit Polymeren lösbaren Probleme wurden in Tab. 7 grau kenntlich gemacht.

- nicht fugenfrei
- nicht rissefrei
- nicht genügend fest
- nicht homogen von der Oberfläche zum Kern
- nicht staubfrei
- nicht verschleißfrei genug
- nicht genügend stoßfest
- nicht genügend chemikalienbeständig
- keine Feuchtigkeitsabdichtung
- nur in Grau erhältlich, nicht in allen Farben
- nicht homogen in der Farbgebung in der Fläche
- geringe Schichtdicke ab 0...5 mm
- geringes Einbaugewicht von 0,2...10 kg/m²
- mit hoher Präzision zu glätten
- ist häufig nicht ohne Bewehrung einzubauen
- ohne Fußwärme
- nicht wärme-gedämmt
- schwierig zu planen
- schwierig einzubauen
- schwierig zu reparieren

Tab. 7: Nachteile von Beton, die durch Reaktionskunststoffe beseitigt werden können.

Schwierigkeiten bei Planung, Einbau und Reparatur bleiben auch bei Reaktionskunststoffen erhalten. Auch die Probleme der Fußwärme und der Wärmedämmung sind nicht mit Reaktionskunststoffen zu lösen.

10 ZUSATZ VON POLYMER-DISPERSIONEN ZU BETON

Beton und Zementestrich sind wesentlich sicherer in Bezug auf Fugen- und Rissfreiheit sowie auch auf Verschleiß und andere Eigenschaften, wenn geeignete Dispersionen von Polymeren zugesetzt werden. Es gibt hierzu eine umfangreiche Literatur. Stellvertretend soll lediglich auf die zahlreichen und umfassenden Arbeiten von Y. Ohama hingewiesen werden.

11 DIE RILEM-METHODE FÜR DAS BENCHMARKING

Bei einem ICPIK Workshop in Bled (Slowenien) 1996 wurde das Problem fehlender Transparenz auf dem Markt der Industrieböden angesprochen. Die Diskussion führte zu einem EUREKA Projekt, an dem A. Zajc und Mitarbeiter (IRI/Slowenien), N. Swamy (Universität Sheffield/UK), BBS (Rechberghausen/Germany) und die astradur Industrieböden AG teilnahmen.

Zuerst wurde eine Matrix für den Vergleich sehr unterschiedlicher Materialien entwickelt, die derzeit vom TC IFE der RILEM, dem internationalen Zusammenschluss bedeutender Materialprüfanstalten, diskutiert wird. Diese Matrix, die sich hervorragend für das Benchmarking eignet, findet man in Tabelle 8:

<u>1 Bezeichnung</u>	Produkt 1	Produkt 2	Produkt 3
<u>2 Haupteigenschaften</u>			
Zusammensetzung			
Lösungsmittel			
Gebrauch			
Komponenten			
Fasern (Gew.-%)			
Schichtdicke, min			
Schichtdicke, max			
Dichte			
Preis pro kg (max Gebinde)			
Preis pro l (max Gebinde)			
Schichtdicke (Ø)			
Preis pro m ² (Ø Schichtdicke)			
Preis der Applikation pro m ²			
Zeit zum Einrichten			
Schichten, min			
Imprägnierung			
Wartezeit 1, min (20°C)			
Wartezeit 1, max (20°C)			
Nivellierung			
Wartezeit 2, min (20°C)			
Wartezeit 2, max (20°C)			
Versiegelung			
Abriebfestigkeit			
Testmethode			
Festigkeit (4*4*16) N/mm ²			
Gebindegröße, max			
<u>3 Allgemeine technische Daten</u>			
Qualitätssystem			
Viskosität			
Testmethode			
Außenbereich			
Feuchter Untergrund			
Füllgrad, min			
Füllgrad, max			
Korngröße, min			
Korngröße, max			
Pflegeanleitung			

Tab: 8 (1. Teil): Matrix der Materialeigenschaften für Benchmarking von Imprägnierungen, Beschichtungen, Estrichen und Topcoats für Industrieböden

<u>Bezeichnung</u>	Produkt 1	Produkt 2	Produkt 3
<u>4 Sicherheitsdatenblatt</u>			
Gesundheitsschädlich			
Symbole(s)			
R- und S-Sätze			
Transportbeschreibung			
<u>5 Applikation</u>			
Leistung pro Stunde und Arbeiter			
Mischen auf der Baustelle			
<u>6 Referenzen</u>			
Produktionsstart			
Objektberichte			
<u>7 Wissensquellen</u>			
Letztes Datum			
Produktdatenblatt			
Sicherheitsdatenblatt			
Etiketten			
Applikationsanleitung (Video)			
Pflegeanleitung			
Instandhaltungsanleitung			
<u>8 Haupteigenschaften</u>			
Gleitsicherheit			
Package, min			
Temperature min			
Temperature max			
Charakterisierung (fingerprint)			
<u>9 Muster</u>			
Nassmuster (1 kg)			
Trockenmuster max gefüllt			

Tab: 8 (2. Teil): Matrix der Materialeigenschaften für Benchmarking von Imprägnierungen, Beschichtungen, Estrichen und Topcoats für Industrieböden

Es handelt sich um insgesamt 58 Positionen, die unterschiedlich relevant sind und je nach Fragestellung ergänzt oder weggelassen werden können. Für Applikatoren sind alle diese Positionen wichtig, wenn sie die Verlegung von Industrieböden beherrschen wollen. In einzelnen wird auf diese Matrix und ihre Interpretation in dem Beitrag von H.-J. Schneider «Benchmarking als Instrument der ‚Good Site Practice‘» eingegangen.

12 SCHUTZ GEGEN STOß UND CHEMISCHEN ANGRIFF ALS FUNKTION DER SCHICHTDICKE

Die Schichtdicke spielt bei allen Diskussionen über den richtigen Bodenbelag eine außerordentlich große Rolle. Es ist völlig klar: je größer die Schichtdicke, desto größer ist der Materialverbrauch und deshalb sind die Kosten höher. Es wird dabei vermutet, dass die Schichtdicke mit der Qualität und der Dauerhaftigkeit

korreliert. Hierzu fehlen allerdings genaue Daten und die Diskussion ist daher schwammig. Sicher ist: wenn Geld keine große Rolle spielt, dann kann auch ein mind. 5 mm dicker Belag eingebaut werden. Der Schutz gegen Stoß und chemischen Angriff ist damit wesentlich verbessert im Vergleich zu einem «dünnen» Belag. Man kommt allerdings schnell zu vielen unterschiedlichen Rohstoffen und vielen unterschiedlichen Schichtdicken, für die eindeutige Kriterien der Beurteilung fehlen. Dies nennt man «Erfahrungswissenschaft».

Um die Lagerhaltung zu vereinfachen, haben wir diskutiert, ob es machbar ist, neun unterschiedliche Arten von Industrieböden aus einem einzigem Reaktionsharz herzustellen. Diese Palette sollte beginnen bei einer lösemittelfreien Imprägnierung und enden mit einem billigen porösen bindemittel-armen Reparaturmörtel. Dies wäre ein sehr praktisches Reaktionsharz für beinahe Alles. Die technischen Möglichkeiten eines solchen «utopischen» Produktes haben Vorteile, aber auch Nachteile, die genau bedacht werden müssen. Zu den Nachteilen eines solchen Systems gehört die große Verwirrung, die bei den Beteiligten entstehen kann.

(1) Die Entscheidung bei Planern und Nutzern, die die Bedeutung der Schichtdicke nicht beurteilen können, wird nicht eindeutig sein.

(2) Die Lagerhaltung der Füllstoffe wird komplizierter und erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass das Material in der falschen Zusammensetzung angewendet wird.

1 Imprägnierung (Primer)	0...0.1 mm
2 Imprägnierspachtel	0...1 mm
3 Fließbelag, dünn	1...2 mm
4 Fließbelag, dick	2...5 mm
5 Fließestrich	5...7 mm
6 Dünneestrich	5...7 mm
7 Reparaturmörtel, flüssigkeitsdicht	2... 20 mm
8 Dickeestrich	7 mm
9 Reparaturmörtel, porös	2... 20 mm

Tab. 9: Schichtdicken eines Vielzweck-Systems

Überdies ist das Vielzweckharz nicht einsetzbar für hohe Chemikalienbeständigkeit und Rissüberbrückung. Aus unserer praktischen Erfahrung wissen wir, dass man normalerweise keine neun Beläge braucht, denn die Wahl fällt im allgemeinen bei einem Neubau auf (1) Imprägnierung, (2) Beschichtung und eventuell (3) Topcoat, der ohnehin mit diesem Universalharz nicht herstellbar ist.

13 ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNGEN

Als Zusammenfassung möchte ich 20 Thesen bringen, die meiner Meinung nach die zukünftige Entwicklung beeinflussen. Es ist mir bewusst, dass über diese Thesen zu

«Die Betonplatte als Industrieboden» und
«Hochleistungspolymere für Industrieböden»

lange diskutiert werden kann. Viele Standpunkte zu diesen Thesen wurden behandelt während eines ICRI «Concrete Repair Workshop», der dem 10th International Congress of Polymers in Concrete (ICPIC-10) vorausging. Insbesondere hat D. W. Fowler hierzu wesentliche Beiträge geleistet. Ich finde, es ist sehr wichtig, dass wir diese Thesen nicht vergessen und daran denken, dass es an uns allen liegt, die wir für den sehr interessanten Bereich «Industrieböden» verantwortlich sind, dass es weiter vorangeht.

Die Betonplatte als Industrieboden

1. Einbau unter **Dach** unabhängig vom Außenklima
2. Schwindfreier Zement, dadurch ohne **Fugen** und **Risse**
3. **Monolithischer Aufbau** ohne Estrich
4. Ohne **Oberflächenbehandlung**
5. Geringere **Wartezeit** (jetzt 28 Tage) für volle Belastbarkeit (Dampfdiffusions-offene Beschichtungen bieten eine Möglichkeit)
6. Ohne **Hartstoff**-Einarbeitung
7. Ohne **Staubbildung**
8. **Farbe**, homogen und zu günstigen Kosten
9. **Faser-Bewehrung**
10. **Flächenfertiger** als Roboter
11. **GSP** (Good Site Practice)

Tab. 10: Thesen zur Betonplatte als Industrieboden

Hochleistungspolymere für Industrieböden

1. Ausbildungsberuf «Industrieböden-Applikator» mit vier Fachrichtungen

- Beton
- Estrich
- Reaktionskunststoffe
- Säurebau und Gewässerschutz (WHG)

2. Narrensicherheit der Produkte

- größere Toleranz der Mengenverhältnisse
- geringere Gefahr durch Feuchtigkeit
- bessere Benetzung und Adhäsion

3. Einfaches Messen der Eigenschaften

- Konstanz der Zusammensetzung (Charakterisierung)
- Relevanz der Eigenschaften
- Transparenz des Wettbewerbs

4. Standardisierter Einbau

- bessere Normen und Richtlinien
- Roboter für die Applikation

5. Bessere Schulung der Fachberater der Bauchemie

- Weitergabe des Wissens an die Facharbeiter

6. Benchmarking

- für Nutzer, Planer, Applikatoren und Sachverständige
- zur Erleichterung der Entscheidung

7. Einbinden des Internets (Bestellungen, Bauprozesse)

8. Keine Untergrundvorbereitung

9. GSP (Good Site Practice)

14 RICHTLINIEN, LITERATUR UND INTERNET SITES

- [1] ANN.: «Problem: Joint Spalls – Spalls that Occur Adjacent to Joints in Floors, Slabs, or Pavements» Concrete Construction, S. 74, 11/00
- [2] ARBEITSGEMEINSCHAFT INDUSTRIEBAU AGI (Deutschland): Arbeitsblatt A 80 «Industrieböden aus Kunstharz» (1995) – Englische Version in Vorbereitung
- [3] ICRI (USA): «Selecting and Specifying Concrete Surface Preparation for Coatings, Sealers, and Polymer Overlays» mit neun Mustern von Oberflächen- Profilen (1998)
- [4] SNFORES (France): «Règles et Recommendations» o.J.
- [5] S. CHANDRA und Y. OHAMA: «Polymers in Concrete», Boca Raton (USA) 1994, 204 S.
- [6] M. S. EGLINTON: «Concrete and its Chemical Behaviour» (1987), 136 S.
- [7] R. GEBHARDT: «Fließbeton und seine Fugenausbildung» in «Industrieböden», 4. Aufl. 2000, S. 59-100 – English version translated by Bill Depuy in Vorbereitung
- [8] M.S. MCGOVERN: «Cracking Down on Repair Materials», Concrete Construction 08.99, S. 50-54
- [9] P.C. HEWLETT und P. SEIDLER: «Betonoberfläche und Adhäsion» in «Industrieböden», 4. Aufl. 2000, S. 216-232
- [10] W. H. KUENNING (Hg.) ACI COMMITTEE 515: «Guide for the Protection of Concrete against Chemical Attack by Means of Coatings and other Corrosion-resistant Materials» (1966), S. 1305-1391
- [11] J. C. MASO (Hg.): «Pore Structure and Construction Materials Properties», Proc. 1st Int. RILEM Congress, London 1987, 378 S.
- [12] W. S. PHELAN: «Guide for Concrete Floor and Slab Construction» ACI 302, Manual of Concrete Practice , S. 302.1R-1 to 45 mit 61 Literaturstellen
- [13] M. PUTERMAN und Y. OHAMA (Ed.) RILEM TC 151: «Adhesion Technology in Concrete Engineering – Physical and Chemical Aspects» – in Vorbereitung
- [14] S.L. SAKAR: «Understanding Floor Covering Failure Mechanism (Influence of Humidity)» Concrete Repair Bulletin 03.99 S. 6-1 mit 16 Literaturstellen

Tab. 11: Thesen zu «Hochleistungspolymeren»

- [15] P. SEIDLER (Hg.): CD-ROM «Industrieböden» mit den fünf Intern. Kolloquien «Industrieböden '87, '91, '95, '99, '03» Fraunhofer IRB-Verlag 2003
- [16] P. SEIDLER (Hg.): «The Concrete Slab as an Industrial Floor and its Upgrading by High Performance Polymers – Durable Design, Application and Repair» - in Vorbereitung
- [17] P. SEIDLER: «Problems of Characterisation of Coatings», ICPIC-8 Oostende (Belgium) 1995
- [18] P. SEIDLER: «Industrial Floors: Why Apply a Topcoat to Impregnation, Coating or Overlay? », Proc. 4th South African Conference on Polymers in Concrete, 20-23 June 2000
- [19] R. SIEVER: «Sand – ein Archiv der Erdgeschichte», Heidelberg 1989, 254 S.
- [20] W.W. WALKER und J.A. HOLLAND: «Design, Materials, and Construction Considerations for Reducing ... Curling and Shrinkage», Tagungshandbuch 4. Int. Koll. «Industrieböden '99» Hg. P. Seidler, TAE, Band I, S. 171-180

www.industrial-floors.com
www.icpic.bam.de
www.rilem.org

www.astradur.com
www.aci-int.org
www.icri.org