Zeitschrift: IABSE reports = Rapports AIPC = IVBH Berichte
Band: 57/1/57/2 (1989)

Artikel: Adhäsionsfestigkeit von Kunststoffbeschichtungen auf Beton
Autor: Fiebrich, Michael
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-44210

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 05.09.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Adhäsionsfestigkeit von Kunststoffbeschichtungen auf Beton

Improving the Adhesion of Polymer Coatings on Concrete

Amélioration de l'adhérence des revêtements de polymères au béton

Michael FIEBRICH
Dr.-Ing.
RWTH Aachen
Aachen, BR Deutschland

Michael Fiebrich, Jahrgang 1954, studierte Bauingenieurwesen an der RWTH Aachen. Seit 1980 ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Bauforschung der RWTH tätig. 1987 promovierte er zum Dr.-Ing. Sein Forschungsschwerpunkt ist die Adhäsion zwischen Kunststoffen und mineralischen Baustoffen.

ZUSAMMENFASSUNG

Zahlreiche Betonkonstruktionen werden auf ihren Nutzungsflächen mit Beschichtungen auf Kunstharzbasis versehen. Infolge rückwärtiger Durchfeuchtung treten immer wieder Schäden (Blasen, Ablösungen, Risse, u. a.) an den Beschichtungen auf. Mit Hilfe experimenteller Untersuchungen werden die für einen dauerhaften Adhäsionsverbund Kunstharzbeschichtung/Beton wichtigen Parameter analysiert und quantifiziert. Allgemeingültige Grundsätze der Beschichtungstechnologie zur Vermeidung von Beschichtungsschäden werden aufgestellt.

SUMMARY

The surfaces of numerous concrete constructions are protected with polymer coatings. Due to water penetration damage like bubbles, delamination, cracks, etc. may occur on the coating. With the aid of experimental investigations all important parameters for durable adhesion between concrete and polymer coating are analyzed and quantified. General demands on the coating technology in order to avoid any damage to coatings are discussed.

RÉSUMÉ

Les surfaces de nombreuses constructions en béton sont protégées par des revêtements de polymères. La pénétration de l'eau peut provoquer des défauts d'adhérence sur les revêtements tels que décollements, fissures, bulles. Par des recherches expérimentales, tous les facteurs importants pour une adhérence durable entre le béton et le revêtement de polymères sont analysés et quantifiés. Des recommandations générales pour la technologie de revêtements sont formulées.

1. EINFÜHRUNG

Zahlreiche Betonkonstruktionen (Wasserbehälter, Becken von Kläranlagen, Trogbauwerke, u. a.) werden auf ihren Nutzungsflächen mit Beschichtungen auf Kunstharzbasis versehen. Bei eingeerdeten Bauteilen dringt Wasser über ungeschützte (nicht abgedichtete) Bauteiloberflächen in das Innere des Betons und erreicht die Haftzone zwischen der innenliegenden Beschichtung und dem Beton. Es treten immer wieder Schäden wie Blasen, Ablösungen und Risse auf, die mit einer Verminderung oder dem Verlust der Adhäsion in der Grenzfläche Beton/Beschichtung verbunden sind. Die werkstoffwissenschaftlichen Kenntnisse der Adhäsion reichen nicht aus, um die Ursache von Schäden eindeutig zu klären bzw. um Anforderungen an Beschichtungsstoffe und Technologie zu formulieren, die dauerhafte Adhäsion garantieren. Ausgehend von in der Praxis auftretenden Adhäsionsschäden an kunstharzbeschichteten Betonbauteilen, die ständig oder temporär Wassereinwirkungen ausgesetzt sind, wurden experimentelle Untersuchungen zum Adhäsionsverhalten des Verbundsystems Kunstharzbeschichtung/Beton durchgeführt [1]. Die Untersuchungen hatten zum Ziel:

- die für die Adhäsion relevanten technologischen Parameter zu quantifizieren und damit ihre Anzahl auf eine baupraktisch vertretbare Menge zu reduzieren

- die derzeitigen Grundsätze zur Ausführung von Beschichtungsmaßnahmen und Anforderungen an Beschichtungsstoffe zu präzisieren.

2. EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN

Bei den Laboruntersuchungen wurden im einzelnen folgende Faktoren und Ausprägungen betrachtet:

a) Betonuntergrund

- Festigkeitsklassen (B 35/B 55)
- Lage des Untergrundes (horinzontal, HOR/vertikal, VER)
- Untergrundvorbereitung (Wassersandstrahlen, G, keine: stahlgeschalt, N)
- Wassergehalt zum Beschichtungszeitpunkt (trocken, TR, wassergesättigt, NA).

b) Beschichtungsstoff

- 15 Modifikationen auf Basis von EP, PMMA und AY-Dispersionen.

Aus der Vielzahl der für den betrachteten Praxisfall marktüblichen Beschichtungssysteme wurden 11 Modifikationen auf Epoxidharzbasis ausgewählt, die sich u. a. bezüglich Härtertyp, Gehalt an Lösemitteln und reaktiven Verdünnern bzw. Wasseremulgierbarkeit der Harz-/Härtersysteme unterschieden. Darüber hinaus wurden 2 reaktive PMMA-Systeme sowie 2 Acrylharzdispersionen mit in die Untersuchungen einbezogen. Nach der Filmbildung der applizierten Beschichtung (48 h bei 8 °C) wurden die beschichteten Betonflächen 4 unterschiedlichen, in der Baupraxis auftretenden Wassereinwirkungen (Lastfälle 1 bis 4), ausgesetzt. Die Lastfälle unterschieden sich hinsichtlich der Art der Wassereinwirkung (allseitig, partiell) und gezielt eingetragenem Riß in der Beschichtung.

Während der 365 Tage andauernden Betriebsbeanspruchung wurde mittels Haftzugprüfung die Haftzugfestigkeit bestimmt und die zugehörige Bruchform registriert. Unterschieden wurden 3 Hauptbruchformen:

- Adhäsionsbruch zwischen Beton und Beschichtung
- Kohäsionsbruch im Beton
- Polymerbruch der Beschichtung.

Für die Auswertung der Versuchsergebnisse wurden die Haftzugfestigkeit im Adhäsionsversagensfall (β_{HZ}: Adhäsionsfestigkeit), die relativen Häufigkeiten der

Bruchform Adhäsionsversagen (r. H.^{A}), sowie eine aus den beobachteten Merkmalen abgeleitete Rechengröße, den Gütewert, herangezogen [2]. Der Gütewert ergibt sich zu:

$$GW = \beta_{HZ}^{A} \cdot (100 - r.\ H.^{A}).$$

Der Wert diente zur quantitativen Abschätzung der universellen Brauchbarkeit der untersuchten Beschichtungsstoffe.

3. EINFLUSS DER BETONEIGENSCHAFTEN UND BETRIEBSBEANSPRUCHUNGEN AUF DIE ADHÄSIONSGÜTE VON BESCHICHTUNGSSTOFFEN

3.1 Überblick über Adhäsionsgüte der Beschichtungsstoffe

Einen Überblick über die unterschiedliche Güte der untersuchten Beschichtungsstoffe liefert Bild 1, auf dem die Gütewerte über den untersuchten Stoffmodifikationen dargestellt sind; nicht berücksichtigt sind hier die Einflüsse aus den Beton- und Betriebsbeanspruchungsfaktoren.

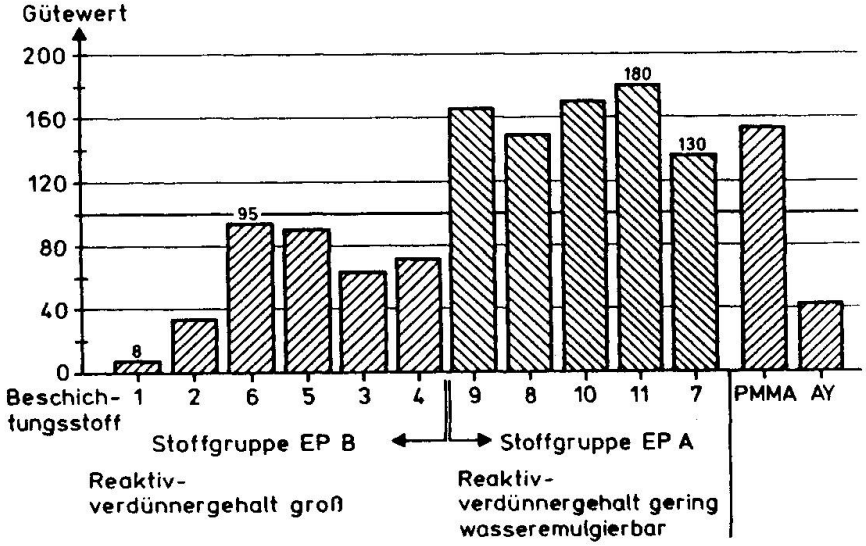

Bild 1: Gütewerte der Beschichtungssysteme

Der vorliegende Wertebereich der Gütewerte trennt die Epoxid-Beschichtungsstoffe in 2 Gruppen, wobei die eine Gruppe einen Gütewertbereich zwischen 8 und 95 überstreicht, während die andere Gruppe Gütewerte deutlich über 100 aufweist. Diesen beiden Gütewertgruppen lassen sich folgende Stoffmerkmale zuordnen: Gehalt an Reaktivverdünnern, Wasseremulgierbarkeit der Harz-/Härtersysteme. Im Mittel weisen Beschichtungsstoffe mit geringen Reaktivverdünnergehalten - wie sie in der Stoffgruppe A vorkommen - gewisse Vorzüge bezüglich der Adhäsionsgüte gegenüber den Stoffen mit großen Reaktivverdünnergehalten - wie sie in der Stoffgruppe B vertreten sind - auf. Ferner erweist sich die Wasseremulgierbarkeit der Harz-/Härtersysteme, die ausschließlich in der Stoffgruppe A vertreten sind, für die Adhäsionsgüte günstig. Die reaktiven PMMA-Systeme lassen sich bezüglich ihres Gütewertes in die Stoffgruppe A einordnen, während die Acrylharzdispersionen lediglich Gütewerte der Gruppe B erreichen.

3.2 Wichtigkeit der Betoneigenschaften und Betriebsbeanspruchungen für Gütewerte

Die Wichtigkeit aller betrachteten Beton- und Betriebsbeanspruchungsfaktoren für die Gütewerte läßt sich unter Vernachlässigung der Beschichtungsstoffeigenschaften quantifizieren. Hierfür werden für alle untersuchten Faktoren jeweils relative Gütewerte gebildet, die die Gütewerte der jeweiligen alternativen Ausprägung (eines Faktors) ins Verhältnis setzen. In Bild 2 finden sich die relativen Gütewerte für alle Faktoren (von der Betonfestigkeit bis zur Betriebsbeanspruchung). Die Ausprägung, auf die sich der jeweilige relative Gütewert bezieht, ist als Fußzeiger in der darunterliegenden Abszissenzeile angegeben.

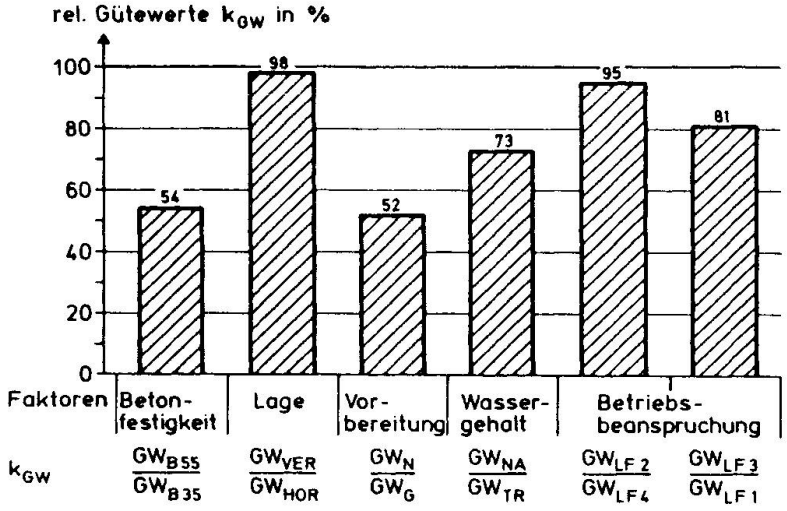

Bild 2: Relative Gütewerte k_{GW} von Epoxidharzbeschichtungsstoffen für Betoneigenschaften und Betriebsbeanspruchungen

Im Mittel gilt bezüglich der quantitativen Wichtigkeit folgendes:

- Die Faktoren "Betonfestigkeit" und "Untergrundvorbereitung" sind für die Adhäsionseigenschaften gleichrangig und weisen im Vergleich zu den übrigen Faktoren den größten Einfluß auf.

- Für den Faktor Untergrundvorbereitung bedeutet dies:
  Im Mittel erreichen die Gütewerte auf nicht abtragend vorbereiteten Untergründen etwa die Hälfte der Gütewerte wie auf abtragend vorbereiteten.

- Analoges gilt für die Betonfestigkeitsklasse: Die Eigenschaften eines hochfesten Betons (repräsentiert hier durch die Betonfestigkeitsklasse B 55) führte zu Gütewerten, die im Mittel etwa 50 % jener Gütewerte betragen, die bei einem niederfesten Beton (repräsentiert durch die Festigkeitsklasse B 35) erreicht werden.

- Die Faktoren Lage des Untergrundes bzw. Betriebsbeanspruchung weisen einen vergleichsweise vernachlässigbaren Einfluß auf die Gütewerte aus.

- Der Einfluß des Faktors "Wassergehalt" ist im Mittel bezüglich seiner Wichtigkeit etwa halb so groß wie die Faktoren "Betonfestigkeit" und "Untergrundvorbereitung".

3.3 Anforderungen an Beschichtungsstoffe

Aus den als relevant erkannten Betonfaktoren "Betonfestigkeit", "Untergrundvorbereitung" und "Wassergehalt" ergeben sich 8 unterschiedliche Betonuntergrundkombinationen (Bild 3).

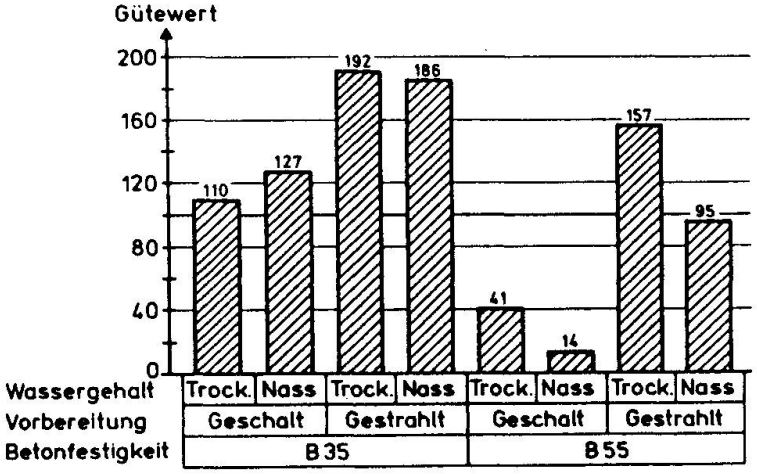

Bild 3: Gütewerte der Epoxidharzbeschichtungsstoffe für unterschiedliche Betonuntergründe

Die mittleren Gütewerte variieren zwischen 14 und 192 als einem Verhältnis von 1:14. Aus der Darstellung wird deutlich, daß die Kombination "B 55 stahlgeschalt" im Mittel die höchsten Anforderungen an die Adhäsionsgüte stellt, während die Kombination B 35 abtragend vorbereitet im Mittel die geringsten Anforderungen an die Adhäsionsgüte stellt. Ferner zeigt sich, daß der Einfluß des "Wassergehaltes" auf die Adhäsionsgüte von der Betonfestigkeitsklasse, d. h. den damit verbundenen Poreneigenschaften, abhängig ist. Auf B 55 abtragend vorbereiteten Untergründen ergibt sich eine Reduzierung des Gütewerts um knapp 40 %, während auf den entsprechenden B 35-Untergründen der Einfluß praktisch vernachlässigbar ist.

3.4 Einfluß der Betriebsbeanspruchungsdauer

Ob und inwieweit die Dauer der Wasserbadlagerung und Betriebsbeanspruchung die Adhäsionsfestigkeit beeinflussen, zeigt Bild 4. Stellvertretend für die untersuchten Beschichtungsstoffe sind dort 4 ausgewählte charakteristische Kurvenverläufe der zeitabhängigen Adhäsionsfestigkeit dargestellt.

Es wird deutlich, daß die Adhäsionsfestigkeit auf hohem bzw. niedrigem Niveau mit zunehmender Beanspruchungsdauer zu- bzw. abnehmen kann und daß die Zu- bzw. Abnahmen der Adhäsionsfestigkeit zwischen 10 bzw. 25 % variieren.

Deutlich wird ferner, daß die Beschichtungsstoffzusammensetzung einen größeren Einfluß auf die Adhäsionsfestigkeit ausübt als die Dauer der Betriebsbeanspruchung.

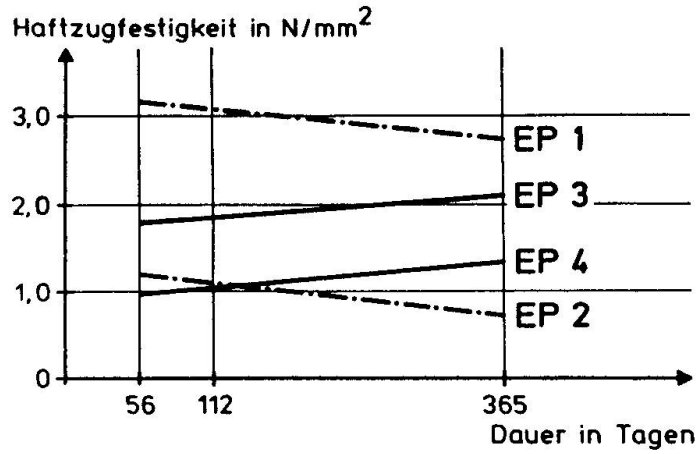

Bild 4: Einfluß der Dauer der Betriebsbeanspruchung auf die Adhäsionsfestigkeit repräsentativer Epoxidharzbeschichtungsstoffe

4. SCHLUSSBEMERKUNG

Mit Hilfe statistischer Regressionsanalysen wurde die quantitative Wichtigkeit der Beschichtungsstoffbestandteile (Härterart, Art und Menge an reaktiven Verdünnern und Lösemitteln, u. a.) bezüglich der Gütewerte untersucht. Dabei ergab sich, daß die Wichtigkeit der Kunstharzbausteine die Größenordnung der Untergrundfaktoren (Betonfestigkeit, Untergrundvorbereitung) erreichen kann [2]. Weitergehende Präzisierungen über den Einfluß der Beschichtungsstoffmerkmale waren nicht möglich. Dies war vorrangig darauf zurückzuführen, daß die chemische Analytik bisher nicht in der Lage ist, konfektionierte technische Härtersysteme hinreichend trennscharf zu detektieren.

Aus den Untersuchungsergebnissen wurden allgemeingültige Grundsätze für den Betonuntergrund, den Beschichtungsstoff und die Betriebsbeanspruchung abgeleitet, die für die beobachteten Zielgrößen (Adhäsionsfestigkeit, Versagens- und Blasenhäufigkeit) relevant sind. Diese Grundsätze, die in [1] niedergelegt sind, geben Hinweise, unter welchen Randbedingungen adhäsionsmindernde Phänomene auftreten, wenn extreme Härtungsbedingungen vorliegen und Wasser auf das beschichtete Bauteil einwirkt. Es darf jedoch nicht gefolgert werden, daß bei Einhaltung dieser Grundsätze überhaupt keine Adhäsionsschäden an Beschichtungen auftreten. Eine Eignungsprüfung der Beschichtungsstoffe erscheint daher zwingend notwendig. Es wurden daher Prüfkriterien für ein Laborprüfverfahren entwickelt, die geeignet erscheinen, das Haftverhalten von Beschichtungsstoffen bei extremen Härtungsbedingungen und temporärer Wassereinwirkung abzuschätzen [1].

LITERATURVERZEICHNIS

1. FIEBRICH, M., Kunststoffbeschichtungen auf ständig durchfeuchtetem Beton. Aachen : Institut für Bauforschung, RWTH Aachen, 1987. - Forschungsbericht F 184.

2. FIEBRICH, M., Zur Adhäsion zwischen polymeren Bindemitteln und Beton unter besonderer Berücksichtigung von Wassereinwirkungen. Dissertation an der Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen der RWTH Aachen, 1987.