

Beitrag vom 23. April 2018

Das richtige Harz am richtigen Platz

von Dr. Joannis Psilitelis, Siebert + Knipschild GmbH

Eine erfolgreiche Kanalreparatur erfordert eine auf die Situation abgestimmte Auswahl des Harzes. UP-Harz, Epoxid-Harz, PUR-Harz, Silikatharz – welches ist das richtige? Welche Besonderheiten der jeweiligen Ausgangsmaterialien gilt es zu beachten? Und welche Rahmenbedingungen müssen eingehalten werden, damit sich das Harz optimal mit dem Haftgrund verbindet? Ein kleiner Ausflug in die Chemie kann dabei helfen, sich im Dschungel der Harze zurechtzufinden.

Bei der Vielzahl an Systemen lohnt vor Beginn einer Reparaturmaßnahme ein genauer Blick auf das Produktdatenblatt, wo Ausgangsstoffe und Verarbeitungshinweise hinterlegt sind. Letztere sind von besonderer Bedeutung: Denn nicht nur das Vorhandensein der einzelnen Komponenten beeinflusst das Ausgangsprodukt, sondern das richtige Mischungsverhältnis aus Reaktionsharz und Härter - und die Verarbeitung selbst.

Die Mischung macht's

Warum dies so ist, hat mit der chemischen Reaktion zu tun, die durch das Mischen der Komponenten in Gang gesetzt wird und im Aushärtungsvorgang ihre Vollendung findet. Im Falle einer sogenannten radikalischen Polymerisation, wie wir sie z.B. bei der Bildung von PMMA-Kunststoff (**Polymethylmethacrylat**) finden, reagieren Harz-Monomere in Anwesenheit eines Radiakbildners als Härter-Komponente unter Ausbildung einer Polymerkette. Während dieser Polymerisation wird beim PMMA eine vernetzte Kettenstruktur ausgebildet und es entsteht ein durchsichtiger thermoplastischer Kunststoff der als Plexiglas bekannt ist. Im Falle von Silikat- oder Epoxidharzen hingegen ist das Verhältnis zwischen Härter und Harz im Optimalfall so aufeinander abgestimmt, dass die passende Anzahl von Reaktionspartnern für die jeweilige Reaktion zur Verfügung steht.

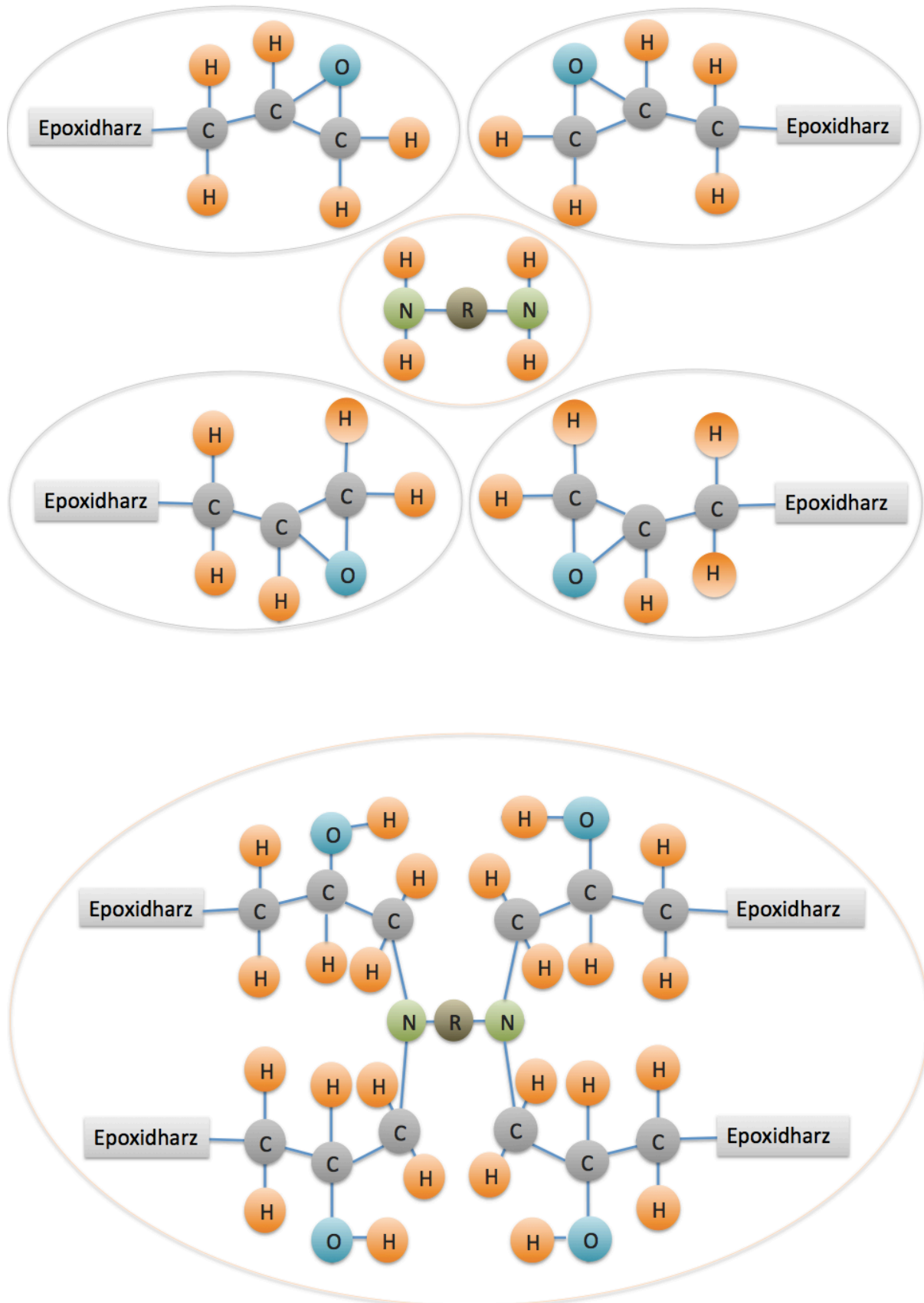


Abbildung: Reaktion eines doppelseitigen Amin (Härterkomponente) mit Epoxidharz-Molekülen.

Das bedeutet für die Praxis: Findet die Reaktion zwischen den Komponenten unter optimalen Reaktionsbedingungen statt, stimmen auch die mechanischen Kennwerte und die chemische Beständigkeit des Systems. Die exakte Einhaltung der Mischanleitung ist insbesondere bei Polyadditionsprodukten wie zum Beispiel EP-Harzen extrem wichtig. Denn bei der Polyaddition verbinden sich je vier Epoxidharz-Moleküle mit einem Molekül Härter und gehen Bindungen mit weiteren Härter-Molekülen im Sinne der dreidimensionalen Vernetzung ein.

Stimmt das Verhältnis nicht, führen überschüssige Moleküle einer Komponente zu einem vorzeitigen Kettenabbruch und infolgedessen zu einer Untervernetzung des Harzes. Sie bleiben außerdem als umweltschädliche und allergene Stoffe zurück, die aus dem dann unvernetzten Endprodukt ausdiffundieren können.

Ein Zeichen für Qualität

Jedes System, das zugelassen ist, verfügt über genaue Angaben zur Dosierung, die alte Weisheiten wie "viel hilft viel" oder "weniger ist mehr" vollständig außer Kraft setzt. In Laborprüfungen lässt sich im Anschluss – und meist auch noch Jahrzehnte später – eindeutig nachvollziehen, ob die Mischung richtig angesetzt wurde oder ob ein fehlerhaftes Mischungsverhältnis zu mangelnder Aushärtung geführt haben.

Apropos Zulassung: Ob und wie Systeme in der Anwendung funktionieren, haben DIBt-zugelassene Systeme in Prüfungen unter Baustellenbedingungen nachgewiesen. Dies ist Voraussetzung für die Zulassung, die gerade im Reparaturbereich so manchem System fehlt. Die Rezeptur der Systeme wird beim Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) hinterlegt. Über einen Referenzspektrenvergleich kann im Prüflabor die Identität der Systeme nachgewiesen werden. Ob das Material geliefert wurde, das bestellt wurde, können Auftraggeber über dieses Verfahren ebenfalls prüfen lassen.

Ein zugelassenes System erkennen Sie am Ü-Zeichen:



Bild: Übereinstimmungszeichen gemäß allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung des DIBt

Störfaktoren in der Umgebung

Erwähnenswert an dieser Stelle sind jene Faktoren, die trotz sorgfältiger Mischung den chemischen Prozess außer Kraft setzen können. Top 1 auf der Hitliste der Störenfriede: Wasser. Auch wenn das Medium nach getaner Arbeit rund um die Uhr in Kontakt mit der Reparaturstelle kommt, ist es während der Aushärtung bei den meisten Verfahren ein eher ungebeter Gast. Sowohl EP- als auch UP-Harze sind nach der Aushärtung hydrophob und erfordern bei der Verarbeitung eine wasser- und fettfreie Umgebung. Umgekehrt ist es bei PUR-Schäumen: Hier ist Wasser ein Reaktions-Initiator – die Härtingsreaktion findet typischerweise unter Schaumbildung statt. Bei Silikatharzen ist Wasser Teil der Molekularstruktur und wird bei der Aushärtung ohnehin abgespalten, wenngleich drückendes Wasser zu Auswaschungen führen würde. Nach der Aushärtung ist Wasser bei Silikatharzen sogar dauerhaft erwünscht: eine feuchte Umgebung ist Voraussetzung dafür, damit der mineralische Kristallkörperanteil nicht austrocknet da dies zu Rissbildung und veränderten mechanischen Kennwerten führt.

Adhäsion und Kohäsion

Technisch betrachtet ist die Reparatur von Kanalrohren und Schächten mit Kunstharzen ein Fügeverfahren, bei dem die Oberfläche des beschädigten Altrohres mit einem Harzsystem stoffschlüssig verbunden wird. Hier wirken zwei physikalische Kräfte: Die Adhäsion (Anhangskraft) beschreibt die Haftung von Molekülen an einer festen Grenzfläche, während die Kohäsion (Zusammenhangskraft) die Bindungskräfte der Moleküle innerhalb eines Stoffes bezeichnet.

Wird also beispielsweise ein gemauerter Schacht mit einem Harz ausgekleidet, entsteht eine Klebeverbindung, bei der im optimalen Fall die Adhäsion höher ist als die Kohäsion des Steins. Im

Prüflabor lässt sich die Qualität der Verklebung durch Haftzugprüfungen eindeutig nachweisen, indem eine Zugkraft aufgebracht wird.



Bild: Haftzugprüfung in einem alten PVC-Rohr, Bruch an der Grenzfläche der Verklebung, Ergebnis: Keine optimale Verklebung erreicht



Bild: Verklebung ideal: Bruchversagen im Altrohr-Material.



Bild: Verklebung auf nicht hinreichend vorbereiteten Untergründen - nass, fettig (Sielhaut), staubig (Frässtaub)

Bild: Haftzugprüfung von Verklebungen im Vergleich - links: mangelhafte Adhäsion des Harzes, rechts: Kornbruch im Material spricht für eine hohe Verklebungsqualität.

Auf dem Haftgrund geht ein Reaktionsharz keine chemische Verbindung mit dem zu klebenden Material ein – es handelt sich stets um eine physikalische Adhäsion. Wofür ein jeweiliger Hersteller die Verwendung eines Harzes empfiehlt, ist dem Produktdatenblatt zu entnehmen. Unabhängig davon gilt: Je rauer die Oberfläche, desto großflächiger können Harzmoleküle an einem Untergrund anhaften. Staub hingegen kann eine unerwünschte Trennschicht bilden, die eine sichere physikalische Verbindung des Harzes mit der Oberfläche verhindert.

Bei der Materialauswahl ist ein weiterer Punkt zu beachten: Für Polyethylen (PE) und Polypropylen (PP) gibt es zurzeit keine zugelassenen Verklebungssysteme, die im Abwasserbereich dauerhafte Verklebungen herstellen können.

Harze im Reparaturbereich: Steckbriefe und Tabelle

Steckbrief: Epoxidharze

- Zwei-Komponentensystem
- Die Hauptkomponente, bestehend aus Epichlorhydrin und Bisphenol, wird zur Aushärtung mit Diaminen umgesetzt. Es entsteht ein dreidimensional vernetztes, langlebiges und chemisch hochbeständiges Duomer
- Zwei-Komponenten-Epoxidharze werden in unterschiedlichen Roboterverfahren eingesetzt

Steckbrief: UP-Harze

- Ungesättigte Polyesterharze entstehen in mehreren Teilreaktionen durch Mischen organischer Säuren mit Alkoholen
- Sie werden anschließend in einer Styrolmatrix gelöst und zur Lagerung unter Zugabe von Reaktionsinhibitoren stabilisiert
- Für Spachtel- und Reparaturmassen werden zusätzlich inerte Fasern und Füllstoffe beigemischt
- Als Radikalstarter fungiert ein organisches Peroxid. Der hierdurch initiierte Aushärtvorgang bewirkt die räumliche Vernetzung des Harzsystems
- Bei fachgerechter Ausführung der Reparaturarbeiten in der Kanalsanierung zeichnen sich UP-Harzsysteme durch eine hohe Lebensdauer und eine hohe chemische Beständigkeit aus
- UP-Harze werden vorzugsweise für die Herstellung von Handlaminaten eingesetzt. In Verbindung mit Klebharzen auch als Kurzliner und Hutprofil

Steckbrief: PUR-Harze

- Bevorzugte Anwendungen duroplastischer Polyurethan-Harze sind Injektionen zur temporären Abdichtung
- PUR-Harze bilden sich in einer Additionsreaktion aus Diisocyanaten und Diolen
- Hierbei bewirkt die Anwesenheit von Wasser Schaumbildung, infolge der Zersetzung des Isocyanats zu Kohlenstoffdioxid. Der Anteil an Wasser und der Zusatz von Schaumverhütern dienen der Regulierung der Schaumbildung und somit auch des Volumens
- Bei einer mäßigen Beständigkeit und Stabilität eignen sich PUR-Harzsysteme als Dämm- und Füllstoffe sowie für temporäre Abdichtungsmaßnahmen im Injektionsverfahren

Steckbrief: Silikatharze

- Silikatharze stellen eine Sonderform der Harzsysteme dar
- Sie werden als Mischsystem aus organischen Isocyanaten und anorganischen Silikaten in Form eines teilkristallinen Systems gebildet
- Sie kommen in im Reparaturbereich als Kurzliner, Hausanschlussliner, Hausanschlussstutzen sowie in Hütchensystemen sowie Injektions- und Verpresssystemen zur Anwendung
- Aufgrund ihrer Eigenschaften eignen sie sich für Roboter- und Injektionsverfahren

EP-Harze	UP-Harze	duroplastische PUR-Harze	Silikatharze
im Reparaturbereich häufig eingesetzt	im Reparaturbereich z. B. als Handlamine eingesetzt, auch in Verbindung mit Klebharzen als Hutprofil und Kurzliner	bei temporären Vorabdichtungen verwendet	Anwendung bei unterschiedlichen Reparaturverfahren
Hohe Dauerhaftigkeit	Hohe Dauerhaftigkeit	Beständigkeit ist abhängig vom Vernetzungsgrad	Schnelle Härtung, vielseitig einsetzbar
Hervorragende Haftung auf fast allen Materialien	Verklebungen mit anderen Materialien möglich, Grenzflächenspannungen können bei kurzen Reaktionszeiten zur Ablösung führen	hohe Anwendungsvielfalt, trockener Untergrund ist Voraussetzung, wenn eine Schaumbildung nicht gewollt ist (Luftfeuchte < 70 % bei Zwei-Komponenten-Systemen)	Gute Haftung, allerdings ist dauerhaft eine feuchte Umgebung zwingende Voraussetzung
Tränkung üblicherweise auf der Baustelle erforderlich (kurze Lagerstabilität).	i. d. R. Werksseitige Herstellung des nicht gehärteten Vorproduktes	i. d. R. Verfüllung vor Ort über Packer zur Vorabdichtung des Reparaturbereichs	Mischung und Tränkung auf der Baustelle, in der Regel über Packer
Stöchiometrische Mischung (genaue Einhaltung des Harz-/Härter-Verhältnisses) erforderlich	Weniger Fehlermöglichkeiten bei der Dosierung der Reaktionsmittel	sowohl Einkomponenten-Systeme und Zweikomponentensysteme möglich	Mindesttemperatur der Verarbeitungsanweisung (Herstellerangaben) beachten
Gesundheitsgefährdung: Alle Komponenten können reizend, ätzend oder allergieauslösend sein - unbedingt Schutzausrüstung für Haut und Atemwege einsetzen.	Achtung: Gesundheitsgefährdende Dämpfe – für ausreichende Belüftung bzw. Absaugung ist zu sorgen. Unmittelbare Hautgefährdung: Schutzhandschuhe erforderlich.	PUR-Gießharze können Haut, Augen und Atemwege reizen sowie allergische Reaktionen auslösen.	Bei der Verarbeitung Gefahr für Gesundheit. Achtung: Unbedingt Handschuhe und Schutzbrille verwenden
Kalthärtung	Kalthärtung oder UV-Härtung	Kalthärtung	Kalthärtung
Niedrigere Schwindung, keine Grenzflächenspannung durch Reaktionsschrumpf im gehärteten System	Bei hoher Verarbeitungsgeschwindigkeit Reaktionsschrumpf und Oberflächenspannungen möglich	Reaktionsschrumpf ist stark abhängig von Füllgrad und Reaktionsmechanismus	Bei trockener Umgebung Gefahr von Rissbildung

Qualität der Ausführung prüfen

Das Wissen über die chemischen Prozesse führt zu einer wichtigen Erkenntnis: Wie beim Schlauchlining handelt es sich bei den verwendeten Harzen um ein Vorprodukt – das eigentliche Endprodukt entsteht durch die Härtung erst auf der Baustelle und ist abhängig von der Verwendung der Komponenten sowie der Vorbereitung des Untergrunds. Für den Auftraggeber bedeutet dies zunächst eine gewisse Unsicherheit in Bezug auf die Qualität. Deshalb sind – neben den preislichen Verhandlungen und der Auswahl der Materialien – im Vorfeld folgende Fragestellungen sinnvoll:

- Handelt es sich bei den Harzen um zugelassene Systeme (Ü-Zeichen)?
- Wie erfahren sind die Mitarbeiter im Umgang mit dem Reparatursystem?
- Wurden Schulungen besucht, die durch die Hersteller angeboten werden?

Im Nachhinein sind fehlerhafte Ausführungen im Reparaturbereich schwer zu erkennen. Anders als beim Schlauchlining sind standardmäßige Laborprüfungen in der Regel nicht möglich. Handelt es sich um eine unter Verwendung von Reaktionsharzen wie z. B. Kurzlinerverfahren, Verfahren zur Setzung von Anschlusspassstücken, Spachtelverfahren Verpressverfahren oder Handlamine, so sieht man nach der Reparatur typischerweise ansprechende, zuweilen großflächig kaschierte Bereiche. So manche Reparaturstelle stellt sich nach kurzer Zeit als undicht heraus, obwohl das abschließende Bild der Roboterbefahrung eine ausreichend anforderungsgerecht hergestellte Oberfläche zeigt.

Eine Aussage zur Qualität der Reparatur lässt sich nach der Fertigstellung in der Regel visuell nicht sicher ableiten. Entscheidend für die Dauerhaftigkeit einer Reparatur mit Reaktionsharzsystemen ist die erfolgreiche Herstellung eines Haftgrundes.

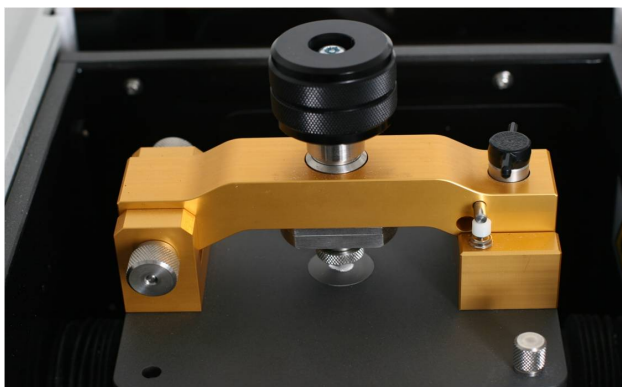
Prüfung der Qualität im Labor

Im nicht begehbaren Bereich hat man nur eingeschränkte Möglichkeiten zur Qualitätsprüfung – aber es gibt sie: Im Labor lässt sich z.B. die Einhaltung des geforderten Mischungsverhältnisses von Reaktionsharzen nachweisen.

Die Methode der Differential Scanning Calorimetry (DSC) erlaubt z. B. an Epoxidharzen eine Aussage zur Härtung und dem Mischungsverhältnis des verwendeten Reaktionsharzsystems.



Über die Infrarotspektroskopie ist eine Identitätsprüfung der verwendeten Harze möglich.



Bei großflächig ausgeführten Reparaturen im begehbaren Bereich sind Haftzugprüfungen in den Klebezonen sehr aussagekräftig.

Die meisten Auftraggeber begnügen sich mit der Auswertung der Kamerabefahrung bzw. der visuellen Prüfung nach der Durchführung der Reparatur. Hierbei gilt: Entscheidend für die Einschätzung ob ein dauerhafter Reparaturserfolg zu erwarten ist, ist nicht nur die Dokumentation des Endergebnisses, sondern unbedingt auch die Dokumentation der zuvor getätigten Schritte – insbesondere der Haftgrund-Herstellung.

Da in nicht begehbaren Bereichen die Haftgrundherstellung mit Robotern durchgeführt wird, die über ein Kamerasystem gesteuert werden, sollte in diesem Bereich die Dokumentation der Haftgrundherstellung eine Selbstverständlichkeit sein. Dennoch ist eine der häufigsten Mängelursachen bei Reparaturen die nicht anforderungsgerechte Ausführung des Haftgrundes. Durch eine regelmäßige Prüfung der Dokumentation kann nachvollzogen werden ob alle Prozessschritte anforderungsgemäß durchgeführt wurden. Dadurch lässt sich in Verbindung mit stichprobenartigen Materialprüfungen ein Großteil der typischen Ausführungsfehler vermeiden.