

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 117 (1999)
Heft: 29/30

Artikel: Schälzugprüfungen bei Polymerbitumen-Dichtungsbahnen: praktische Erfahrungen mit diesem QM-Instrument
Autor: Büren, Remigi von
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-79768>

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: 09.02.2026

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

Remigi von Büren, Chur

Schälzugprüfungen bei Polymerbitumen-Dichtungsbahnen

Praktische Erfahrungen mit diesem QM-Instrument

Eine einwandfreie Haftung von Abdichtungen auf dem Untergrund ist für die Dauerhaftigkeit von Bauwerken von zentraler Bedeutung.
Während der letzten vier Jahre wurden umfangreiche Untersuchungen durchgeführt, deren Ergebnisse zu der Empfehlung SIA 281/2 über die Durchführung von Schälzugprüfungen auf Dichtungsbahnen führte [1].
Im vorliegenden Artikel werden für die Schälzugprüfungen Anforderungswerte vorgeschlagen, die eine Qualitätsüberwachung am Bau ermöglichen und im Kanton Graubünden für Tiefbauten seit Jahren mit Erfolg zur Anwendung gelangen.

Bekanntlich wurde im Frühjahr 1999 die neue Empfehlung SIA 281/2 veröffentlicht, welche die Schälzugprüfungen von Polymerbitumen-Dichtungsbahnen vereinheitlicht. Der Auslöser für diese neue Vorschrift ist vor allem darin zu suchen, dass es sich immer mehr durchsetzt, dass nicht nur die Qualität bei der Herstellung, sondern auch die Qualität nach dem Einbau geprüft werden muss.

Seit 1990 werden im Kanton Graubünden Schälzugprüfungen durchgeführt, wobei diese seit 1994 auch bei Polymerbitumen-Dichtungsbahnen zur Anwendung gelangen. Diese werden seit 1996 mit einem entsprechenden Gerät maschinell ausgeführt. Bei sämtlichen in diesem Artikel veröffentlichten Jahresauswertungen wurden zusätzlich zu unseren Ergebnissen auch alle Prüfergebnisse, die wir von anderen schweizerischen Instituten erhalten, mit berücksichtigt. Im Laufe des Jahres 1998 wurden die Basis für mehrere Veröffentlichungen zu diesem Thema [2, 3] sowie der Entwurf der Empfehlung SIA 281/2 geschaffen. In diesen Grundlagen sind die Durchführung der Schälzugprüfungen sowie ihr Stellenwert, verglichen zu den im Rahmen der Qualitätssicherung von vollflächig verklebten PBD-Bahnen bisher zur Anwendung gelangten Haftzugprüfungen, ausführlich dargelegt.

Gestützt auf umfangreiche Laborversuche wurde bei der Erarbeitung der Empfehlung SIA 281/2 insbesonders die Prüfgeschwindigkeit optimiert, damit man mit

den Prüfwerten möglichst den Verbund des Untergrunds mit der Dichtungsbahn beurteilen kann und nicht eine Aussage über den Verbund der verschiedenen Lagen innerhalb der Abdichtungsbahn bekommt.

Prüfen des Haftverbunds

Grundsätzlich gilt es festzuhalten, dass im Folgenden über die Anforderungswerte an die Mittelwerte pro Prüfstelle gesprochen wird und dass auch die Bildauswertungen mit diesen Werten erfolgte (eine Ausnahme stellen nur die Bilder 6 und 7 dar).

In Bild 1 sind die Ergebnisse von über 1500 Haftzugprüfungen an Kunstdämmen des Tiefbauamts Graubünden der Jahre 1996-1998 dargestellt. Es fällt auf, dass bei vielen Prüfstellen, bei denen der Verbund zwischen Beton und Abdichtung auf der Baustelle von sämtlichen Beteiligten als ungenügend beurteilt wurde, die Haftzugprüfungen diesbezüglich keine klare Aussage erbrachten. So wurden auch auf diesen Baustellen vielfach Werte über den Anforderungswerten der deutschen ZTV [4] erreicht. Aufgrund der Auswertung

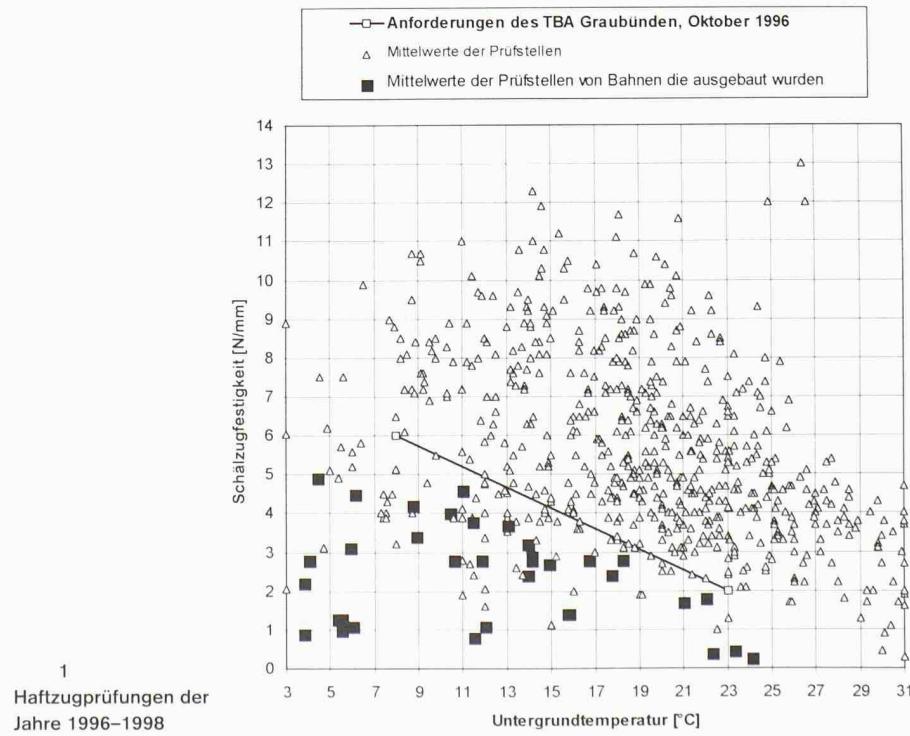
scheint es auch nicht sinnvoll, über eine Erhöhung der Anforderungswerte bei den Haftzugprüfungen zu diskutieren. Es konnte die Erfahrung gemacht werden, dass mit Schälzugprüfungen im Vergleich zur Haftzugprüfung hinsichtlich des Haftverbunds eine bedeutend genauere Aussage erreicht werden kann.

Dies liegt nicht nur an einer grösseren Fläche, die bei Schälzugversuchen geprüft wird (bessere statistische Aussage), sondern auch daran, dass es bei den Haftzugprüfungen schwierig ist, das Prüfgerät genau senkrecht über der Prüffläche zu positionieren. Falls dies nicht der Fall ist, bekommt man sehr schnell divergierende Ergebnisse. Zudem widerspiegelt der Schälvorgang mechanisch die Realität des durch Unterwanderung stattfindenden Ablöseprozesses einer Abdichtung besser als dies beim Haftzugversuch der Fall ist.

Anforderungswerte

In der Empfehlung SIA 281/2 ist der Ablauf der Prüfung detailliert beschrieben, Anforderungswerte werden dagegen keine genannt. Dies entspricht den internationalen Bestrebungen, in den Normen die Prüfvorschriften klar von den Anforderungsvorschriften zu trennen.

Innerhalb eines modernen Qualitätsmanagements sind jedoch jene Prüfungen zu bevorzugen, deren Ergebnisse an klaren Anforderungen gemessen werden können und gegenüber denen der Un-



1
Haftzugprüfungen der Jahre 1996-1998

ternehmer vertraglich verpflichtet werden kann. Um für Schälzugprüfungen erreichbare Anforderungen definieren zu können, wurden in den letzten vier Jahren auf Brücken und anderen Kunstbauten des Kantons Graubünden systematisch Schälzugprüfungen durchgeführt. Dabei wurden die massgebenden Randbedingungen wie die Prüfgeschwindigkeit im Winter 1996 aufgrund von Laborversuchen festgelegt. Gestützt auf diese Versuche einigte man sich auf eine relativ langsame Prüfgeschwindigkeit, bei der am genauesten etwas über den Verbund zwischen dem Untergrund und der Bahn ausgesagt werden kann. Die Randbedingungen für die Prüfung wie die Auswertungsdetails, Anordnung der Prüfstellen usw., die vor allem dazu dienen, dass in Zukunft nach einheitlichen Richtlinien geprüft werden kann, wurden in den letzten Jahren laufend optimiert und führten schliesslich zur Empfehlung SIA 281/2.

Die Resultate von rund 2000 Schälzugprüfungen inklusive solcher von weiteren schweizerischen Prüfinstituten wurden anschliessend erfasst und ausgewertet (Bild 2). Dabei müssen einige grundsätzliche Bemerkungen zur Auswertung gemacht werden:

- Die Kennzeichnung jener Werte, die zu einem Ersatz der eingebauten Abdichtung führten, ist im Diagramm nur für die Daten des TBA Graubünden angegeben
- Bei der Interpretation der Resultate von anderen Prüfinstituten ist zu berücksichtigen, dass die Institute nicht darüber informiert wurden, wie der entsprechende Bauherr aufgrund der ungenügenden Resultate entschieden hat, weshalb diese Werte nur als geprüfte Werte aufgeführt werden können.

Gestützt auf diese Ergebnisse sowie in Analogie zu den Anforderungswerten der ZTV für die Haftzugprüfungen konnten folgende, von der Untergrundtemperatur abhängigen Anforderungswerte empirisch festgelegt werden:

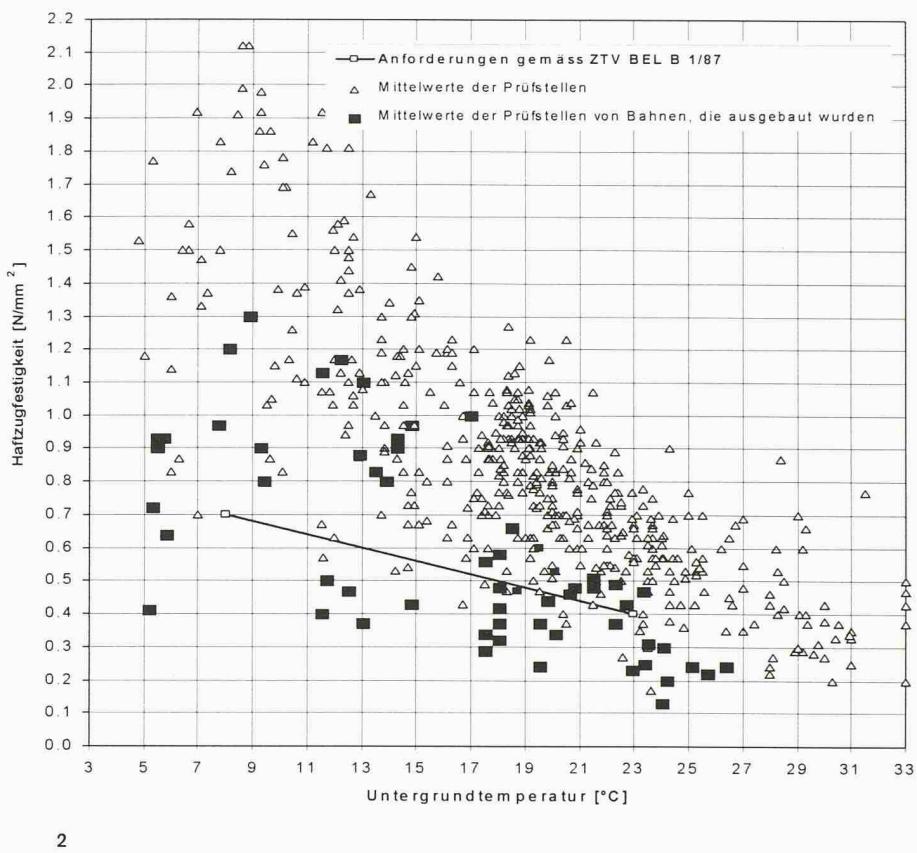
- bei 8°C : $f_m = 6,0 \text{ N/mm}$
- bei 23°C : $f_m = 2,0 \text{ N/mm}$

Durch diese zwei Punkte wird die Anforderungslinie gelegt.

Gemäss der Empfehlung SIA 281/2 gelten folgende Definitionen:

- f_m ist der Mittelwert der Schälzugfestigkeit
- Massgebend für die Beurteilung der Schälzugfestigkeit an einer Prüfstelle ist der arithmetische Mittelwert der Mittelwerte der Schälzugfestigkeit der drei Prüfstreifen.

Diese Anforderungswerte basieren mehrheitlich auf der Prüfung von SBS-Bahnen,



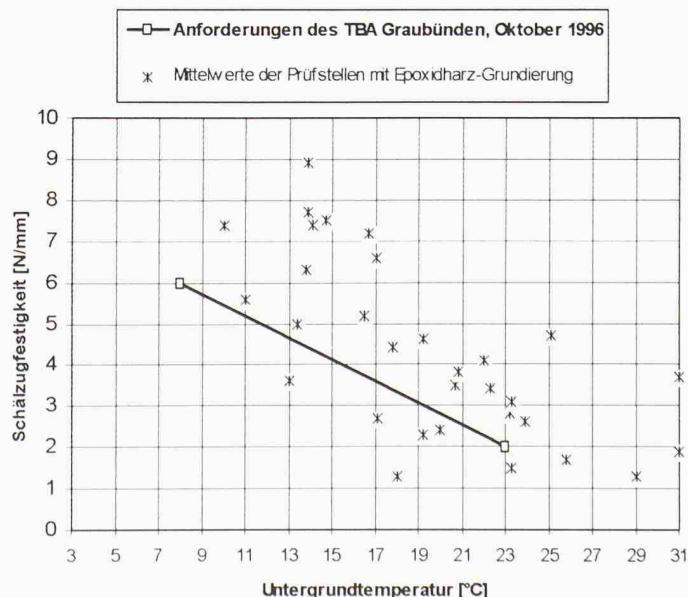
2 Auswertung der Schälzugprüfungen der Jahre 1996–1998

die mit einem bituminösen Voranstrich aufgebracht wurden. Die in einer sehr viel geringeren Anzahl vorliegenden Daten von Polymerbitumen-Abdichtungen mit Epoxidharz-Versiegelung (Bild 3) sowie von APP-Bahnen weisen darauf hin, dass die definierten Anforderungswerte auch für diese Produkte verwendet werden können. Das Verhalten dieser Systeme bei mechanischer Schälzugbeanspruchung unter-

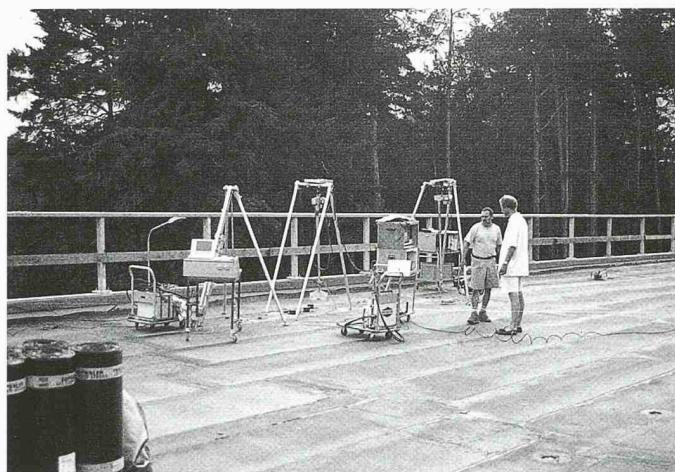
scheidet sich nicht stark; systematische Abweichungen waren bisher in den Prüfdaten nicht erkennbar.

Anzahl Prüfstellen und Kosten

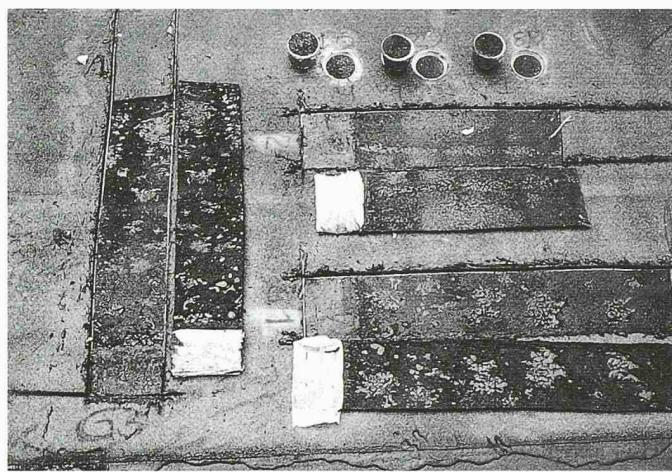
In der Empfehlung SIA 281/2 werden mindestens drei Prüfstellen pro Objekt bzw. bei grösseren Brücken eine Prüfstelle je



3 Schälzugprüfungen auf Epoxidharzgrundierung



4
Aufbau einer Prüfstelle beim Vergleichsversuch



5
Prüfstelle

250 m² Dichtungsbahnfläche empfohlen. Diese Anzahl erscheint auf den ersten Blick hoch, hat sich jedoch als sinnvoll erwiesen, um repräsentative Stichproben durchführen zu können. Insbesondere bei Grenzfällen war es aufgrund einer geringeren Datendichte nicht möglich, Bereiche mit ausreichender und ungenügender Haftung zu unterscheiden, so dass ein weiterer Prüfeinsatz notwendig wurde, um über erforderliche Nachbesserungsmassnahmen entscheiden zu können.

Bei kleinen Objekten sind die Prüfkosten im Verhältnis zu den gesamten Abdichtungskosten relativ hoch. Sie liegen aber immer noch etwas unter 10% der Lieferungs- und Einbaukosten für die gesamten Abdichtungsarbeiten, was als maximaler Richtwert für Aufwendungen einer angemessenen Qualitätssicherung gilt. Da auch das uneingeschränkte Funktionieren einer Abdichtung unabhängig von der Ob-

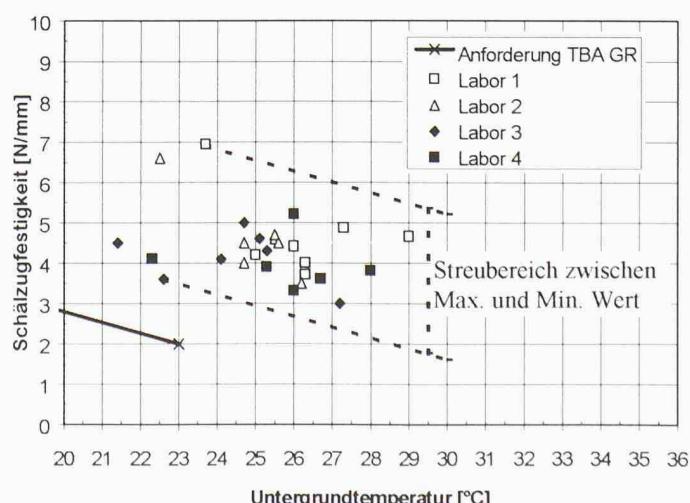
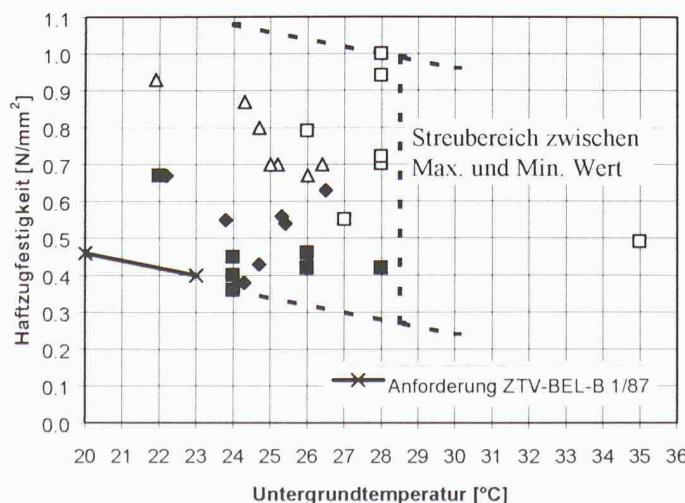
jektgröße für die Dauerhaftigkeit von zentraler Bedeutung ist, sind diese Kosten auch für kleine Objekte gerechtfertigt. Bei Brücken von rund 1750 m² Fahrbahnfläche liegen die Prüfkosten mit Anordnung und Häufigkeit gemäss Empfehlung SIA 281/2 im Mittel bei rund 3% der Gesamtkosten, die für die Abdichtung inklusive sämtlicher Randabschlüsse anfallen. Bei Brücken mit etwa 250 m² beträgt der entsprechende Anteil rund 9%.

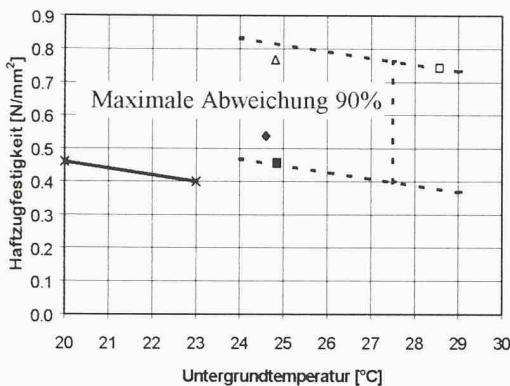
duzierbarkeit der Prüfungen innerhalb verschiedener Prüfinstitute. Da in Thusis 1998 eine grössere Brücke abgedichtet werden musste, stellte das Tiefbauamt Graubünden deren Oberfläche für Vergleichsversuche zur Verfügung (Bild 4). Mit der Auswertung dieser Versuche konnte gezeigt werden, dass unter Berücksichtigung der Empfehlung SIA 281/2 sämtliche teilnehmenden Institute zu gleichwerten Aussagen bezüglich der Schälzugfestigkeiten kommen.

Für Schälzugprüfungen sind bisher noch keine Geräte im Handel erwerbar, die verwendeten Prüfgeräte sind Eigenbauten schweizerischer Prüfinstitute. Es gilt aber festzuhalten, dass sämtliche im Vergleichsversuch verwendeten Geräte die Anforderungen gemäss der Empfehlung SIA 281/2 erfüllten.

Die vier zur Zeit in der Schweiz über Schälzuggeräte verfügenden Prüfinstitute

6
Auswertung der einzelnen Prüfstellen des Vergleichsversuchs. Die Grenzen der Streubereiche wurden parallel zu den Geraden der Anforderungswerte gelegt (Temperaturabhängigkeit der Prüfung)
a: Haftzugprüfungen, b: Schälzugprüfungen





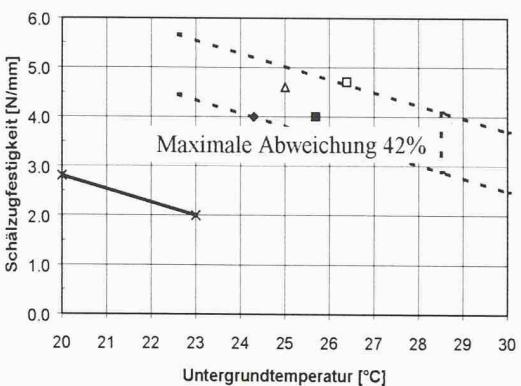
7

Gesamtmittelwerte der Vergleichsversuche. a: Haftzugprüfungen, b: Schälzugprüfungen

führten nun letzten Sommer auf sieben Prüfstellen von je 4 m^2 Fläche Haft- und Schälzugprüfungen gemäss der Empfehlung SIA 281/2 durch (Bild 5). Ein Auszug aus den Prüfergebnissen dieses Versuchs ist in Bild 6 dargestellt. Erfreulicherweise streuen die Ergebnisse der verschiedenen Institute bei den Schälzugprüfungen verhältnismässig wenig, obwohl der Anspruch auf einen gleichwertigen Haftverbund zwischen Abdichtung und Untergrund nicht für jede Prüfstelle gewährleistet werden konnte. Dieses positive Ergebnis beruht sicher auch darauf, dass sich die verschiedenen Labors schon einige Zeit vor Erscheinen der neuen Empfehlung auf die Festlegung von vergleichbaren Prüfparametern bei der Herstellung ihrer Prüfgeräte einigen konnten.

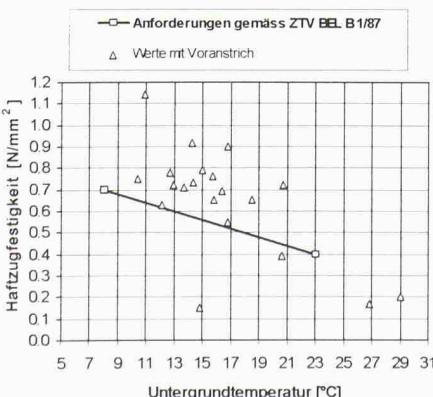
Bei diesem Vergleichsversuch durfte festgestellt werden, dass die Gesamtheit der Schälzugegebnisse in einer engeren Bandbreite liegt als dies bei den Haftzugprüfungen der Fall ist. Dabei sind vor allem die Unterschiede bei den Haftzugprüfungen

gen zwischen den einzelnen Prüfinstituten beachtlich. Während bei den Schälzugprüfungen der Mittelwert über sämtliche Prüfungen des Instituts mit dem grössten Wert gegenüber demjenigen mit dem kleinsten Wert um maximal 42% abweicht, beträgt der gleiche Wert bei den Haftzugprüfungen rund 90% (Bild 7). Gerade dieser Wert bildet aber heute vielfach noch die Grundlage für eine Gesamtbeurteilung einer Abdichtung. Diese Diskrepanz gibt Anlass, ihre Ursache zu überdenken und die entsprechenden Konsequenzen zu ziehen.



8

Haftzugprüfungen an über zwanzig Jahre alten Abdichtungen



Schlussfolgerungen

Gestützt auf die Empfehlung SIA 281/2 sowie aufgrund mehrjähriger Prüferfahrung an eingebauten PBD-Bahnen steht heute der schweizerischen Bauherrschaft mit der Schälzugprüfung ein sensitives Prüfverfahren zur Verfügung, das auf der Basis von definierten Anforderungswerten eine ausreichende Qualität des Haftverbunds einer Polymerbitumen-Abdichtung mit dem Untergrund gewährleisten kann. Dank Vergleichsversuchen zwischen mehreren schweizerischen Prüfinstituten ist die gleichwertige Beurteilung des Verbundes gewährleistet.

Dennoch ist es notwendig, dass in der Zukunft noch weitere Untersuchungen durchgeführt werden, vor allem um die Anforderungswerte für verschiedene Produkte und Systeme gesamtschweizerisch festlegen zu können. Ferner wäre es wünschenswert, wenn mit In-situ-Versuchen auch das Langzeitverhalten der Haftung beurteilt werden könnte.

Die bisher in Graubünden gemachten Untersuchungen an bis zu 25 Jahren alten Objekten zeigen, dass es nach dieser Zeit

Abdichtungen gibt, bei denen die Haftzugprüfungen die heutigen Anforderungen noch immer erfüllen (Bild 8). Auf der einen Seite ist die Resultatmenge aber noch relativ klein. Gleichzeitig besteht der Wunsch, eine Prüfung durchführen zu können, die eine bessere Aussage geben kann als dies bei den Haftzugprüfungen der Fall ist. Aufgrund der offenen Fragen bei den Haftzugprüfungen bleibt sicher auch in diesem Bereich noch viel zu forschen. Gegenstand künftiger Forschungsarbeiten wäre außerdem, die minimal erforderliche Haftung von Abdichtungen auf theoretischem Weg objektspezifisch zu definieren.

Adresse des Verfassers:

Remigi von Büren, dipl. Ing. ETH, Mitglied der Kommission SIA 281, Tiefbauamt des Kantons Graubünden, Grabenstrasse 30, 7001 Chur

Literatur

- [1] Empfehlung SIA 281/2: Schälzugprüfung. Zürich 1999
- [2] Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein: Brückenabdichtungssysteme mit Polymerbitumen-Dichtungsbahnen. Tagungsband, SIA-Dokumentation D 0147, Zürich 1999
- [3] von Büren R., Krähenbühl R., Graf A.: Zeitgemäss Qualitätssicherung bei Polymerbitumen-Dichtungsbahnen - Schälzugprüfungen auf Kunstbauten. Bauingenieur: Band 73, Heft 9, Springer-Verlag, Düsseldorf 1998
- [4] ZTV-BEL-B 1/87: Dichtungsschicht aus einer Bitumenschweissbahn. Bundesministerium für Verkehr, Abt. Straßenbau, Verkehrsblatt-Verlag Dortmund, 1987, Bestell-Nr. 5201