



Rainer Hohmann

# ELEMENTWÄNDE im drückenden Grundwasser

Konstruktionsprinzip, Planung, Bauausführung,  
Schwachstellen, Fehlervermeidung, Instandsetzung



Fraunhofer IRB  Verlag

<https://doi.org/10.51202/9783616793083-1>

Generiert durch IP 43.58.105.199, am 14.05.2024, 07:03:36.

Das Erstellen und Weitergeben von Kopien dieses PDFs ist nicht zulässig.

Rainer Hohmann

## **Elementwände im drückenden Grundwasser**



Rainer Hohmann

# ELEMENTWÄNDE

## IM DRÜCKENDEN GRUNDWASSER

Konstruktionsprinzip, Planung, Bauausführung,  
Schwachstellen, Fehlervermeidung, Instandsetzung

Fraunhofer IRB Verlag

<https://doi.org/10.51202/9783816793083-1>

Generiert durch IP '13.58.105.199', am 14.05.2024, 07:03:36.

Das Erstellen und Weitergeben von Kopien dieses PDFs ist nicht zulässig.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über [www.dnb.de](http://www.dnb.de) abrufbar.

ISBN (Print): 978-3-8167-9307-6

ISBN (E-Book): 978-3-8167-9308-3 | Stand: Mai 2016

Lektorat: Thomas Altmann

Herstellung: Andreas Preising

Layout: Fraunhofer IRB Verlag

Umschlaggestaltung: Martin Kjer

Satz: Fotosatz Buck, Kumhausen

Druck: Firmengruppe APPL, aprinta druck GmbH, Wemding

1. Nachdruck, Mai 2016

Alle Rechte vorbehalten.

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Fraunhofer IRB Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert werden, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

© Fraunhofer IRB Verlag, 2016

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB

Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart

Telefon +49 711 970-2500

Telefax +49 711 970-2508

[irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

[www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)

# Vorwort

Das Bauen mit Elementwänden ist eine wirtschaftliche Bauweise, die seit Mitte der 1990er-Jahre eine zunehmende Verbreitung gefunden hat. Diese Tendenz wird sich in den nächsten Jahren noch verstärken. Auch wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton, die sogenannten »Weißen Wannen«, können in Elementwandbauweise erstellt werden.

Damit die Elementwandbauweise auch bei drückendem Wasser funktioniert, müssen lediglich zwei Bedingungen erfüllt sein:

- Der Kernbeton muss fehlerfrei und wasserundurchlässig sein sowie einen dauerhaften vollflächigen Verbund mit den Fertigteilplatten aufweisen.
- Alle Fugen und Durchdringungen müssen planmäßig wasserdicht abgedichtet sein.

Das klingt zunächst sehr einfach, ist es im Regelfall aber nicht. Leider werden in der Praxis bei der Planung und vor allem bei der Bauausführung Fehler gemacht, die zu Undichtigkeiten führen können. Ursachen hierfür sind vor allem in der Unkenntnis und dem fehlenden Verständnis für die Bauweise sowie in der Schnittstellenproblematik zwischen Architekt, Tragwerksplaner, Fertigteilwerk und Bauunternehmen zu finden. Ausführungsfehler sind in der Regel auch Überwachungsfehler. Deshalb wendet sich dieses Buch nicht nur an Planer und Architekten, sondern vor allem auch an Bauleiter und Bauüberwacher. Es ist aber auch für Studierende und Berufsanfänger in Architektur und Bauingenieurwesen gedacht, die sich zum ersten Mal mit dem Thema Elementwände beschäftigen.

In diesem Buch werden die Elementwandbauweise mithilfe zahlreicher Bilder, Zeichnungen und Tabellen anschaulich erläutert, Zusammenhänge aufgezeigt, auf typische Fehler- und Gefahrenquellen verwiesen und zahlreiche Hinweise zur Fehlervermeidung gegeben. Eine fachgerechte und sorgfältige Handhabung sowohl durch den Planer als auch durch die Bauausführenden ist eine unabdingbare Voraussetzung für eine funktionierende wasserundurchlässige Elementwandkonstruktion. Ich hoffe, das Buch wird dazu beitragen, zukünftig Fehler bei der Erstellung von wasserundurchlässigen Bauwerken aus Elementwänden zu vermeiden.

Haltern am See, im Dezember 2015

Rainer Hohmann

# Vorwort

Wasserundurchlässige Bauwerke gehören zu den besonders anspruchsvollen Konstruktionen im Bauwesen. Entwurf, Detailplanung der Fugen und Einbauteile, Bontotechnik und Ausführung sowie die Berücksichtigung bauphysikalischer Aspekte bedürfen bei diesen Bauwerken besonderer Sorgfalt. Konstruktionen aus Stahlbeton haben sich dabei für diese Bauwerke in den vergangenen Jahrzehnten als besonders robust, zuverlässig und wirtschaftlich bewährt. Tragende Säule für die erfolgreiche Errichtung einer wasserundurchlässigen Betonkonstruktion ist die WU-Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton aus dem Jahr 2003, die den verschiedenen am Bau Beteiligten den technischen und vertragsrechtlichen Rahmen bereitstellt, den es beim konkreten Bauwerk mit Leben zu füllen gilt. Elementwände sind seit der Erstausgabe der Richtlinie fester Bestandteil dieser technischen Regel. Sie können individuell an jeden Grundriss angepasst und vielfältig, z.B. für den Kellerbau oder im Geschoss- und Industriebau, eingesetzt werden. Sie können aber auch sinnvoll für den Bau von Behälterwänden eingesetzt werden.

Die WU-Richtlinie stellt aber nur das technische Rüstzeug für die zielsichere Herstellung einer »Weißen Wanne« zur Verfügung. Für eine sorgfältige Planung und Ausführung von WU-Bauwerken müssen praxisnahe Anwendungshilfen bereitgestellt werden, um Fehler beim Bauen mit Elementwänden zu vermeiden. Das vorliegende Kompendium schafft diesen Lückenschluss und fasst auf einzigartige Weise mit vielen praktischen Beispielen und Fotos die wesentlichen Details einer Konstruktion aus Elementwänden in übersichtlicher Form zusammen. Nach einem grundsätzlichen Überblick über die Regelwerksituation und die wesentlichen Grundsätze für die Planung von Untergeschossen aus Elementwänden wird der Fertigungsprozess beleuchtet und hierbei insbesondere die Qualitätskontrolle in den Blick genommen. Bei einer WU-Konstruktion aus Elementwänden sind die horizontalen und die vertikalen Fugenausbildungen neuralgische Punkte. Das Handbuch liefert für diese kritischen Bereiche zahlreiche bebilderte Ausführungsbeispiele und kombiniert diese mit den entsprechenden gängigen Abdichtungslösungen für die unterschiedlichen Fugenarten. Ausführungshinweise, typische Fehler beim Bauen mit Elementwänden sowie Hinweise zur Instandsetzung von Undichtigkeiten runden das Gesamtbild ab.

*»Es ist nicht genug zu wissen, man muß es auch anwenden; es ist nicht genug zu wollen, man muß es auch tun (Johann Wolfgang von Goethe)«.*

In diesem Sinne viel Spaß bei der Lektüre wünscht Ihnen

Udo Wiens

Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e. V., Berlin, im Dezember 2015

# Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich (in alphabetischer Reihenfolge) vor allem bei Herrn Dipl.-Ing. Markus Becker, Herrn Dipl.-Ing. Stefan Bergerhoff, Herrn Dipl.-Ing. Marco Bloch, Herrn Christoph Bölting, Herrn Dipl.-Ing. Mathias D. Elbers, Herrn Prof. Dr.-Ing. Thomas Freimann, Herrn Dipl.-Ing. Holgar Graeve, Frau Anke Hamich, Herrn Dipl.-Ing. Uwe Hofmann, Herrn Dipl.-Ing. Stefan Huck, Herrn Dipl.-Ing. Wolfgang Krüger, Herrn Dipl.-Ing. Horst Labrenz, Herrn Ingo Lehmsberg, Herrn Dipl.-Ing. Martin Lingemann, Herrn Felix Lorenz, Herrn Dipl.-Ing. Thorsten Matten, Herrn Dipl.-Ing. Michael Müller, Herrn Georg Napravnik, Herrn Dipl.-Ing. Thomas Naunheim, Herrn Dipl.-Ing. Ralf Nienhaus, Herrn Dirk Schinke, Herrn Robert Schnell, Herrn Dirk Spathmann, Herrn Dipl.-Ing. Sascha Ströder und Frau Dipl.-Ing. Heike Wenger-Henschel für die Diskussionen und zahlreichen Anregungen bedanken. Dem Fraunhofer IRB Verlag, insbesondere Herrn Dipl.-Ing. Thomas Altmann sei an dieser Stelle für die gute Zusammenarbeit gedankt.

Die Fotos der Elementwandproduktion wurden in folgenden Fertigteilwerken (in alphabetischer Reihenfolge) aufgenommen:

- Andernacher Bimswerk GmbH & Co. KG, Werk Bedburg
- Elskes Fertigteile GmbH & Co. KG, Kamp-Lintfort
- fdu GmbH & Co. KG, Werk Eslohe
- fdu GmbH & Co. KG, Werk Varrel
- fdu GmbH & Co. KG, Werk Velten
- IDEAL Betonelementbau GmbH & Co. KG, Montabaur
- Beton- & Fertigteilwerk B. Lütkenhaus GmbH, Dülmen

Mein besonderer Dank gilt meiner Frau Karin für ihr Verständnis und ihre Geduld beim Korrekturlesen sowie meiner Tochter Johanna für die umfangreiche und aufwendige Bearbeitung des Bildmaterials.

Haltern am See, im November 2015

Rainer Hohmann

Die in diesem Buch aufgezeigten Lösungen und Beispiele sind sorgfältig ausgesucht. Dennoch kann von Seiten des Autors keinerlei Gewähr bei der Anwendung der dargestellten Lösungen übernommen werden. Da die Randbedingungen objektabhängig sind, muss der Leser sorgfältig prüfen, ob gezeigte Beispiele und Lösungen auf sein Objekt übertragbar sind. Bei einem eventuellen Schadensfall berechtigt die Anwendung der dargestellten Lösungen zu keinerlei Regressansprüchen gegenüber dem Autor.



# Inhaltsverzeichnis

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Einleitung</b>  | <b>15</b> |
| <b>2</b> | <b>Elementwände – Regelwerke und Begriffe</b>                        | <b>19</b> |
| 2.1      | Regelwerke   | 19        |
| 2.2      | Festlegungen   | 20        |
| 2.2.1    | Wasserundurchlässigkeit des Bauwerks und Feuchtetransport            | 20        |
| 2.2.2    | Bemessungswasserstand und Beanspruchungsklassen                      | 21        |
| 2.2.3    | Nutzungsklassen  | 25        |
| 2.3      | Minstdicken der Elementwände   | 27        |
| 2.4      | Entwurfsgrundsätze für Weiße Wannen                                  | 29        |
| 2.5      | Beton – Anforderungen und Eigenschaften                              | 32        |
| 2.6      | Hinweise zu Bewehrung und Konstruktion                               | 33        |
| 2.7      | Bauausführung  | 34        |
| 2.8      | Fugenabdichtungen  | 36        |
| 2.9      | Rauigkeit der Fertigteilplatten                                      | 37        |
| <b>3</b> | <b>Planung von Untergeschossen aus Elementwänden</b>                 | <b>39</b> |
| 3.1      | Aufgaben der Planung   | 39        |
| 3.2      | Besonderheiten bei der Planung von Untergeschossen aus Elementwänden | 41        |
| 3.3      | Elementwände – statisches Konzept                                    | 52        |
| 3.4      | Elementwände – Aufbau und Ausbildung                                 | 57        |
| 3.4.1    | Aufbau von Elementwänden   | 57        |
| 3.4.2    | Ausführung des Wandkopfes von Elementwänden                          | 60        |
| 3.5      | Wanddicken und empfohlene Mindestabstände                            | 68        |
| 3.6      | Expositionsklassen und Mindestbetondeckung                           | 69        |
| 3.7      | Kranlast und Abmessungen der Elementwand                             | 72        |
| 3.8      | Transport der Elementwände   | 79        |
| 3.9      | Arbeitsplattform   | 83        |
| 3.10     | Montageanleitung und Versetzplan                                     | 86        |
| <b>4</b> | <b>Herstellung von Elementwänden</b>                                 | <b>93</b> |
| 4.1      | Fertigungsprozess  | 94        |
| 4.2      | Kommissionierung der Elementwände                                    | 119       |
| 4.3      | Qualitätskontrolle in der Produktion                                 | 123       |

|          |   |            |
|----------|---|------------|
| <b>5</b> | <b>Fugen und Fugenausbildung bei Elementwänden</b>  | <b>131</b> |
| 5.1      | Grundlegendes zu Fugen, Fugenplanung und -ausbildung  | 131        |
| 5.2      | Planungsgrundsätze für die Fugenabdichtung  | 132        |
| 5.3      | Detailausbildung der unterschiedlichen Fugen bei Elementwänden  | 134        |
| 5.3.1    | Arbeitsfugen bei Elementwänden  | 134        |
| 5.3.1.1  | Arbeitsfuge zwischen Bodenplatte und Elementwand  | 135        |
| 5.3.1.2  | Arbeitsfuge im Elementwandstoß  | 139        |
| 5.3.1.3  | Vertikale Arbeitsfuge innerhalb einer Elementwand   | 140        |
| 5.3.1.4  | Vertikale Arbeitsfugen zwischen Elementwänden   | 141        |
| 5.3.1.5  | Anschluss einer Elementwand an eine Ortbetonwand  | 142        |
| 5.3.1.6  | Fugenabdichtung der horizontalen Arbeitsfuge am Wandkopf  | 144        |
| 5.3.2    | Stoßfugen bei Elementwänden   | 146        |
| 5.3.2.1  | Biegeweiche Ausbildung von Elementstößen als Sollrissquerschnitt                                      | 147        |
| 5.3.2.2  | Biegesteife Ausbildung von Elementstößen  | 155        |
| 5.3.3    | Dehnfugen bei Elementwänden   | 162        |
| 5.3.3.1  | Dehnfuge mit außenliegendem Dehnfugenband   | 164        |
| 5.3.3.2  | Dehnfuge mit innenliegendem Dehnfugenband   | 169        |
| 5.3.4    | Sonderfugen bei Elementwänden   | 172        |
| 5.3.4.1  | Schalltrennfugen bei Elementwänden  | 172        |
| 5.3.4.2  | Schwindrisse am Wandkopf  | 174        |
| 5.4      | Kombination von Flächenabdichtungen mit FBV-Folie und außenliegender streifenförmiger Fugenabdichtung | 175        |
| 5.5      | Rohrdurchführungen  | 179        |
| <b>6</b> | <b>Fugenabdichtungssysteme für Elementwände</b>   | <b>185</b> |
| 6.1      | Fugenabdichtungssysteme für Elementwände im Überblick   | 185        |
| 6.1.1    | Fugenabdichtungssysteme für Arbeitsfugen von WU-Konstruktionen  | 185        |
| 6.1.2    | Fugenabdichtungssysteme für Stoßfugen von WU-Konstruktionen   | 188        |
| 6.1.3    | Fugenabdichtungssysteme für Dehnfugen   | 193        |
| 6.1.4    | Durchdringungen   | 194        |
| 6.1.5    | Bauordnungsrechtliche Anforderungen an Fugenabdichtungssysteme für WU-Konstruktionen                  | 196        |
| 6.2      | Fugenabdichtungssysteme im Detail   | 199        |
| 6.2.1    | Fugenbänder   | 199        |
| 6.2.2    | Unbeschichtete Fugenbleche  | 207        |
| 6.2.3    | Kombi-Arbeitsfugenbänder  | 212        |
| 6.2.4    | Beschichtete Fugenbleche  | 219        |
| 6.2.5    | Arbeitsfugenband Duo-Fix 150  | 225        |
| 6.2.6    | Arbeitsfugenband AF 15 M  | 228        |
| 6.2.7    | Verpresste Injektionsschlauchsysteme  | 231        |
| 6.2.8    | Dichtrohre  | 233        |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| 6.2.9    | Sollrissfugenschienen . . . . .  | 240        |
| 6.3      | Außenliegende Abdichtungssysteme . . . . .   | 247        |
| 6.3.1    | Streifenförmige, vollflächig aufgeklebte Fugenabdichtungsbänder – Überblick . . . . .                            | 247        |
| 6.3.2    | Vorbereitung des Untergrundes . . . . .  | 252        |
| 6.3.3    | Streifenförmige, vollflächig aufgeklebte Fugenabdichtungssysteme . . . . .                                       | 255        |
| 6.3.4    | Abdichtung mit Flüssigkunststoff . . . . .   | 260        |
| 6.3.5    | Kunststoffmodifizierte Bitumendickbeschichtungen und flexible polymere bitumenfreie Dickbeschichtungen . . . . . | 262        |
| 6.4      | Rohrdurchführungen . . . . .   | 268        |
| 6.4.1    | Rohre mit Doppelmuffe . . . . .  | 268        |
| 6.4.2    | Futter- oder Mantelrohre . . . . .   | 270        |
| 6.4.3    | Ringraumdichtungen . . . . .   | 271        |
| <b>7</b> | <b>Bauausführung beim Bauen mit Elementwänden . . . . .</b>  | <b>273</b> |
| 7.1      | Arbeitsvorbereitung . . . . .  | 274        |
| 7.1.1    | Hinweise zu Bodenplatte, Arbeitsfuge und Fugenabdichtung . . . . .   | 274        |
| 7.1.2    | Säubern der Arbeitsfuge vor dem Aufstellen der Elementwände . . . . .  | 281        |
| 7.1.3    | Aufreißen des Grundrisses und Einmessen der einzelnen Elemente . . . . .   | 282        |
| 7.1.4    | Positionieren der Unterlegplättchen für die Aufständering der Elementwände . . . . .                             | 285        |
| 7.1.5    | Anbringen der Dränbretter . . . . .  | 288        |
| 7.2      | Montage der Elementwände . . . . .   | 289        |
| 7.2.1    | Anlieferung und Entladen der Elementwände . . . . .  | 289        |
| 7.2.2    | Aufstellen und Montage der Elementwände . . . . .  | 302        |
| 7.2.3    | Verschließen der Fugen vor dem Betonieren . . . . .  | 313        |
| 7.3      | Betonieren und Verdichten der Elementwände . . . . .   | 322        |
| 7.3.1    | Vornässen der Fertigteilplatten . . . . .  | 322        |
| 7.3.2    | Betonieren der Elementwände . . . . .  | 324        |
| 7.3.3    | Verdichten des Betons . . . . .  | 334        |
| 7.3.4    | Nachbehandlung . . . . .   | 336        |
| 7.4      | Nacharbeiten . . . . .   | 337        |
| <b>8</b> | <b>Typische Fehler beim Bauen mit Elementwänden . . . . .</b>  | <b>339</b> |
| 8.1      | Fehler bei der Planung . . . . .   | 340        |
| 8.2      | Fehler im Fertigteilwerk . . . . .   | 349        |
| 8.3      | Fehler bei der Bauausführung . . . . .   | 352        |
| 8.3.1    | Fehler bei der Arbeitsvorbereitung . . . . .   | 353        |
| 8.3.1.1  | Fehler beim Einmessen der Anschlussbewehrung . . . . .   | 353        |
| 8.3.1.2  | Fehlende oder zu geringe Aufständeringungen der Elementwände . . . . .   | 355        |
| 8.3.1.3  | Mangelhafte oder fehlende Vorbereitung der Arbeitsfuge . . . . .   | 355        |
| 8.3.2    | Fehler bei der Montage der Elementwände . . . . .  | 356        |
| 8.3.2.1  | Beschädigungen der Elementwände beim Entladen . . . . .  | 356        |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| 8.3.2.2  | Beschädigungen der Elementwände durch unsachgemäße Zwischenlagerung auf der Baustelle . . . . .  | 358        |
| 8.3.2.3  | Fehler bei der Lagesicherung der Elementwände . . . . .  | 361        |
| 8.3.2.4  | Einbau der Elementwände mit Versatz/Abweichung von der Lotrechten . . . . .  | 362        |
| 8.3.2.5  | Beschädigung oder Rissbildung bei der Montage von Elementwänden . . . . .  | 362        |
| 8.3.2.6  | Falscher oder fehlender Verschluss der Fugen vor dem Betonieren .  | 363        |
| 8.3.3    | Fehler beim Einbau der Fugenabdichtung. . . . .  | 364        |
| 8.3.3.1  | Ungenügender Abstand zwischen der innenliegenden Fugenabdichtung und der Bewehrung bzw. den Fertigteilplatten. . . . .                       | 364        |
| 8.3.3.2  | Mangelhafte Einbindetiefe der Fugenabdichtung. . . . .   | 367        |
| 8.3.3.3  | Mangelhafte Lagesicherung der Fugenabdichtung. . . . .   | 369        |
| 8.3.3.4  | Nicht fachgerecht ausgeführte Stöße und Anschlüsse bei der Fugenabdichtung . . . . .   | 370        |
| 8.3.3.5  | Beschädigung der Fugenabdichtung beim Einbau der Elementwände . . . . .  | 372        |
| 8.3.3.6  | Verschmutzung der Fugenabdichtung/der Arbeitsfuge . . . . .  | 374        |
| 8.3.3.7  | Fehlende oder nicht lagerichtig eingebaute Fugenabdichtung . . . .   | 377        |
| 8.3.3.8  | Fehler beim Einbau von Dichtrohren . . . . .   | 379        |
| 8.3.3.9  | Einbaufehler bei Sollrissfugenschienen . . . . .   | 385        |
| 8.3.3.10 | Fehlerhafte Untergrundvorbehandlung/nicht fachgerechte Ausführung bei der Fugenabdichtung mit aufgeklebten Fugenabdichtungsbändern . . . . . | 387        |
| 8.3.3.11 | Fehler bei der Abdichtung von Rohrdurchführungen . . . . .   | 387        |
| 8.3.4    | Fehler beim Betonieren und Verdichten . . . . .  | 391        |
| 8.3.4.1  | Fehlendes oder nicht ausreichendes Vornässen der Elementwände bzw. schon abgetrocknete Oberflächen zum Zeitpunkt des Betonierens . . . . .   | 391        |
| 8.3.4.2  | Fehler beim Einbringen des Betons . . . . .  | 393        |
| 8.3.4.3  | Fehlerhaftes Verdichten des Betons. . . . .  | 397        |
| 8.3.4.4  | Fehlende oder unzureichende Nachbehandlung an der Wandkrone . . . . .  | 400        |
| 8.3.5    | Fehler bei den Nacharbeiten . . . . .  | 401        |
| 8.3.5.1  | Fehlendes Verschließen der Bohrlöcher in der Bodenplatte. . . . .  | 401        |
| 8.3.5.2  | Fehlende Abdichtung von Schwindrissen an der Wandkrone. . . . .  | 401        |
| <b>9</b> | <b>Instandsetzung von Undichtigkeiten bei Elementwänden . . . . .</b>  | <b>407</b> |
| 9.1      | Undichtigkeiten und mögliche Ursachen. . . . .   | 407        |
| 9.2      | Vorüberlegungen und Voraussetzungen für eine Sanierung. . . . .  | 410        |
| 9.3      | Instandsetzungsmethoden. . . . .   | 411        |

|                            |  |     |
|----------------------------|--|-----|
| 9.3.1                      | Injektion über Bohrpacker .....            | 411 |
| 9.3.1.1                    | Grundlegendes und Bauausführung .....      | 412 |
| 9.3.1.2                    | Ausführungsbeispiele .....                 | 417 |
| 9.3.1.3                    | Füllstoffe .....                           | 429 |
| 9.3.1.4                    | Injektionstechnologie .....                | 430 |
| 9.3.1.5                    | Qualitätssicherung bei der Injektion ..... | 431 |
| 9.3.2                      | Außenabdichtung .....                      | 432 |
| Literatur .....            |  | 435 |
| Bildverzeichnis .....      |  | 441 |
| Stichwortverzeichnis ..... |  | 443 |

