

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Vorwort zur 2. Auflage</b> .....   | <b>V</b>  |
| <b>Vorwort zur 1. Auflage</b> .....   | <b>IX</b> |
| <b>1 Einführung</b> .....   | <b>1</b>  |
| <b>2 Grundlagen und Benennungen</b> .....   | <b>5</b>  |
| 2.1 Erfahrungen .....   | 5         |
| 2.2 Kostenübersicht .....   | 6         |
| 2.3 Verwendete Benennungen .....  | 7         |
| <b>3 Entwurfsgrundsätze</b> .....   | <b>21</b> |
| 3.1 Allgemeines .....   | 21        |
| 3.2 Übersicht der Elemente und grundsätzlicher Aufbau<br>der Dichtungssysteme mit Kunststoffdichtungsbahnen .                     | 23        |
| 3.2.1 Geschlossene Bauweise .....   | 23        |
| 3.2.2 Offene Bauweise .....   | 24        |
| 3.3 Ausbildung der Dichtungssysteme mit Kunststoff-<br>dichtungsbahnen in Abhängigkeit von den Bergwasser-<br>verhältnissen ..... | 26        |
| 3.3.1 Geschlossene Bauweise .....   | 26        |
| 3.3.1.1 Allgemeines und Übersicht .....   | 26        |
| 3.3.1.2 Abdichtung gegen Sickerwasser .....   | 26        |
| 3.3.1.3 Abdichtung gegen Druckwasser bis ca. 30 m WS .....  | 26        |
| 3.3.1.4 Abdichtung gegen Druckwasser zwischen 30 m WS und<br>60 m WS .....  | 28        |
| 3.3.1.5 Abdichtung gegen Druckwasser ab ca. 60 m WS .....   | 28        |
| 3.3.2 Offene Bauweise .....   | 29        |
| 3.3.2.1 Allgemeines und Übersicht .....   | 29        |
| 3.3.2.2 Abdichtung gegen Sickerwasser .....   | 31        |
| 3.3.2.3 Abdichtung gegen Druckwasser .....  | 31        |
| 3.4 Schutzschichten .....   | 31        |
| 3.4.1 Allgemeines .....   | 31        |
| 3.4.2 Geschlossene Bauweise .....   | 32        |
| 3.4.3 Offene Bauweise .....   | 32        |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 3.5      | Dränung .....   | 33        |
| 3.5.1    | Allgemeines .....   | 33        |
| 3.5.2    | Geschlossene Bauweise .....   | 34        |
| 3.5.2.1  | Dränung im aufgehenden Gewölbe .....  | 34        |
| 3.5.2.2  | Flächendränung in der Sohle .....   | 35        |
| 3.5.3    | Offene Bauweise .....   | 35        |
| 3.6      | Fugendichtungen, Abschottungen, Anschlüsse<br>und Durchdringungen .....   | 35        |
| 3.6.1    | Allgemeines .....   | 35        |
| 3.6.2    | Fugendichtung und Abschottung im Blockfugenbereich<br>bei geschlossener Bauweise .....  | 37        |
| 3.6.3    | Anschlüsse von Kunststoffdichtungsbahnen<br>an die Betonkonstruktion bei offener Bauweise<br>und Sickerwasser .....               | 38        |
| 3.6.4    | Übergang von KDB-Abdichtung auf wasserundurch-<br>lässige Betonkonstruktion mit Profilbändern bei<br>geschlossener Bauweise ..... | 39        |
| 3.6.5    | Übergänge von Querstollen mit KDB-Abdichtung<br>an Tübbingtunnel .....  | 40        |
| 3.6.5.1  | Allgemeines .....   | 40        |
| 3.6.5.2  | Klemmanschluss .....  | 42        |
| 3.6.5.3  | Klebeanschluss .....  | 44        |
| 3.6.5.4  | Bewertung der Systeme und Sondervarianten .....   | 45        |
| 3.6.6    | Durchdringungen .....   | 46        |
| 3.7      | Befestigung der Abdichtung .....  | 46        |
| 3.8      | Verpressvorgänge .....  | 48        |
| 3.8.1    | Geschlossene Bauweise .....   | 48        |
| 3.8.2    | Offene Bauweise .....   | 50        |
| 3.9      | Einbauteile .....   | 50        |
| 3.10     | Qualität .....  | 50        |
| 3.11     | Spritz-, Sprüh- oder Flüssigabdichtungen .....  | 51        |
| 3.11.1   | Generelle Einschätzung .....  | 51        |
| 3.11.2   | Übliche Materialien, Anwendungsgebiete<br>und Anforderungen .....   | 51        |
| 3.11.3   | Hinweise zu möglichen Vor- und Nachteilen .....   | 52        |
| <b>4</b> | <b>Produkt- und Systemanforderungen .....</b>   | <b>55</b> |
| 4.1      | Allgemeines .....   | 55        |
| 4.2      | Abdichtungsträger .....   | 56        |

|          |  |     |
|----------|--|-----|
| 4.2.1    | Geschlossene Bauweise .....  | 56  |
| 4.2.2    | Offene Bauweise .....  | 57  |
| 4.3      | Kunststoffdichtungsbahnen .....  | 57  |
| 4.4      | Profilbänder .....   | 67  |
| 4.5      | Schutzschichten .....  | 73  |
| 4.5.1    | Geschlossene Bauweise .....  | 73  |
| 4.5.1.1  | Bergseitige Schutzschicht .....  | 73  |
| 4.5.1.2  | Luftseitige Schutzschicht in der Sohle .....   | 77  |
| 4.5.2    | Offene Bauweise .....  | 78  |
| 4.6      | Dränschichten aus Geokunststoffen .....  | 81  |
| 4.6.1    | Geschlossene Bauweise .....  | 81  |
| 4.6.2    | Offene Bauweise .....  | 83  |
| 4.7      | Befestigungssysteme .....  | 87  |
| 4.8      | Verpressvorgänge .....   | 88  |
| 4.8.1    | Übersicht der Verpressvorgänge und zugehörigen<br>Verpresseinrichtungen und -stoffe .....                              | 88  |
| 4.8.2    | Verpresseinrichtungen .....  | 89  |
| 4.8.3    | Verpressstoffe .....   | 90  |
| 4.9      | Einbauteile und sonstige spezielle Anschlüsselemente ..  | 91  |
| 4.10     | Innenschale bei in geschlossener Bauweise erstellten<br>Bauwerken .....  | 91  |
| 4.11     | Dichtungssystem .....  | 91  |
| 4.11.1   | Allgemeines .....  | 91  |
| 4.11.2   | Geschlossene Bauweise .....  | 92  |
| 4.11.2.1 | Anordnung von Dränelementen, Schutzschichten<br>und zugehörigen Befestigungselementen .....                            | 92  |
| 4.11.2.2 | Anordnung von Kunststoffdichtungsbahnen,<br>außenliegenden Fugenbändern und zugehörigen<br>Befestigungselementen ..... | 93  |
| 4.11.2.3 | Anordnung von Verpresssystemen .....   | 95  |
| 4.11.3   | Offene Bauweise .....  | 99  |
| 4.11.3.1 | Anordnung von Schutz- und Dränschichten .....  | 99  |
| 4.11.3.2 | Anordnung von Kunststoffdichtungsbahnen .....  | 99  |
| 4.11.4   | Anforderungen an Art und Geometrie von Fügenähten  | 100 |
| 4.12     | Zusätzliche Angaben zu Laborprüfungen<br>an Geokunststoffen .....  | 100 |
| 4.12.1   | Proben für Grund- oder Eignungsprüfungen, Überein-<br>stimmungsprüfungen und Baustoffeingangsprüfungen ..              | 100 |

|          |   |     |
|----------|---|-----|
| 4.12.2   | Kunststoffdichtungsbahnen, Kunststoffschutzbahnen und Profilbänder .....  | 101 |
| 4.12.2.1 | Dicke .....   | 101 |
| 4.12.2.2 | DSC-Analyse .....   | 101 |
| 4.12.2.3 | Schmelze-Massefließrate (MFR) .....   | 102 |
| 4.12.2.4 | IR-Spektroskopie .....  | 102 |
| 4.12.2.5 | Gaschromatografie .....   | 102 |
| 4.12.2.6 | Verhalten im Zugversuch nach DIN EN ISO 527-1 und -3 an Kunststoffdichtungs- und Kunststoffschutzbahnen sowie Profilbändern ..... | 103 |
| 4.12.2.7 | Wölbbugendehnung im mehrachsigen Zugversuch .....   | 103 |
| 4.12.2.8 | Oxidationsbeständigkeit .....   | 103 |
| 4.12.2.9 | Umweltunbedenklichkeit .....  | 103 |
| 4.12.3   | Schutzschichten und Dränschichten .....   | 104 |
| 4.12.3.1 | DSC-Analyse .....   | 104 |
| 4.12.3.2 | Anteil in konzentrierter Schwefelsäure löslicher Bestandteile .....   | 104 |
| 4.12.3.3 | Verhalten im Zugversuch .....   | 104 |
| 4.12.3.4 | Kriechverhalten unter Druckbeanspruchung .....  | 104 |
| 4.12.3.5 | Wasserdurchlässigkeit senkrecht zur Ebene ohne Auflast  | 105 |
| 4.12.3.6 | Wasserableitvermögen .....  | 105 |
| 4.12.3.7 | Witterungsbeständigkeit .....   | 105 |
| 4.12.3.8 | Umweltunbedenklichkeit .....  | 105 |
| 4.12.3.9 | Systemprüfungen an Kunststoffdichtungsbahn und Schutzschicht .....  | 105 |
| 4.13     | Prüfungen während der Bauausführung .....   | 109 |
| 4.13.1   | Entnahme von Rückstellproben .....  | 109 |
| 4.13.2   | Dichtigkeitsprüfung der Fügenähte .....   | 110 |
| 4.13.3   | Verhalten der Fügenaht beim Schälversuch .....  | 110 |
| 4.13.4   | Dichtigkeitsprüfung der Kammerelemente von doppel-lagigen KDB-Abdichtungen .....  | 110 |
| 4.14     | Untersuchungen nach der Fertigstellung .....  | 111 |
| <b>5</b> | <b>Einbau</b> .....   | 113 |
| 5.1      | Allgemeines .....   | 113 |
| 5.2      | Ausstattung und Arbeitssicherheit .....   | 113 |
| 5.2.1    | Baustelleneinrichtung .....   | 113 |
| 5.2.2    | Stromversorgung .....   | 114 |
| 5.2.3    | Ausstattung des Abdichtungsunternehmers .....   | 114 |
| 5.2.3.1  | Verlegegerüste .....  | 114 |
| 5.2.3.2  | Geräte .....  | 114 |

|          |   |            |
|----------|---|------------|
| 5.2.3.3  | Personal .....  | 114        |
| 5.2.4    | Arbeits- und Brandschutzmaßnahmen während<br>der Abdichtungsarbeiten .....  | 115        |
| 5.3      | Geschlossene Bauweise .....   | 115        |
| 5.3.1    | Allgemeines .....   | 115        |
| 5.3.2    | Abdichtungsträger .....   | 116        |
| 5.3.3    | Dränelemente und bergseitige Schutzschicht .....  | 116        |
| 5.3.4    | Kunststoffdichtungsbahnen .....   | 116        |
| 5.3.4.1  | Allgemeines .....   | 116        |
| 5.3.4.2  | Einlagige KDB-Abdichtung .....  | 117        |
| 5.3.4.3  | Doppellagige KDB-Abdichtung .....   | 118        |
| 5.3.5    | Außenliegende Fugenbänder im Bereich der Blockfugen   | 119        |
| 5.3.6    | Anschlüsse der KDB-Abdichtung an alternative<br>Dichtungssysteme, Bauteile und Durchdringungen ....                               | 120        |
| 5.3.7    | Herstellung und Prüfung von Fügenähten .....  | 122        |
| 5.3.8    | Sohlschutzschicht .....   | 124        |
| 5.3.9    | Verpresseinrichtungen .....   | 124        |
| 5.3.10   | Maßnahmen zur funktionsgerechten Herstellung<br>der Innenschale .....   | 125        |
| 5.3.10.1 | Allgemeines .....   | 125        |
| 5.3.10.2 | Anforderungen an die Bewehrungs- und Schalungs-<br>arbeiten .....   | 126        |
| 5.3.10.3 | Anforderungen an die Betonrezeptur und<br>das Betonieren .....  | 127        |
| 5.3.10.4 | Prüfung der bergseitigen Oberfläche der Innenschale ...   | 128        |
| 5.3.10.5 | Firstspaltverpressung und bedarfsweise Verfüllung<br>von Bereichen mit großen Minderdicken .....                                  | 128        |
| 5.3.11   | Bedarfsweise Verpressungen bei Undichtigkeiten .....  | 129        |
| 5.3.11.1 | Allgemeines .....   | 129        |
| 5.3.11.2 | Verpressen von Sperrankerbereichen bei Profilbändern,<br>von Arbeitsfugen und von Klebeanschlüssen an<br>WUB-Konstruktionen ..... | 130        |
| 5.3.11.3 | Verpressen von Schottfeldern bei einlagiger<br>KDB-Abdichtung .....   | 130        |
| 5.3.11.4 | Verpressen von Kammerelementen bei doppellagiger<br>KDB-Abdichtung .....  | 130        |
| 5.4      | Offene Bauweise .....   | 130        |
| <b>6</b> | <b>Qualitätssicherung (QS)</b> .....  | <b>133</b> |
| 6.1      | Allgemeines .....   | 133        |
| 6.2      | Systematik der Qualitätssicherungsmaßnahmen .....   | 133        |

|         |   |     |
|---------|---|-----|
| 6.3     | Produktnachweise .....  | 134 |
| 6.3.1   | Allgemeines .....   | 134 |
| 6.3.2   | Europäisch nicht geregelte Produkte .....   | 136 |
| 6.3.2.1 | Grundprüfung/Eignungsprüfung .....  | 136 |
| 6.3.2.2 | Übereinstimmungsnachweis .....  | 136 |
| 6.3.3   | Europäisch geregelte Produkte .....   | 136 |
| 6.3.3.1 | CE-Kennzeichnung und -Etikettierung .....   | 136 |
| 6.3.3.2 | Grundprüfung sowie Übereinstimmungsnachweise<br>mit WPK und FÜ-P .....                      | 137 |
| 6.3.3.3 | Baustoffeingangsprüfung .....   | 137 |
| 6.3.3.4 | Kontrollprüfungen durch den Bauherrn .....  | 138 |
| 6.4     | Projektspezifische Qualitätssicherungsmaßnahmen<br>des Auftragnehmers .....                 | 139 |
| 6.4.1   | Allgemeines .....   | 139 |
| 6.4.2   | Ausführungsplanung .....  | 139 |
| 6.4.3   | QS-Plan .....   | 139 |
| 6.4.4   | Produktnachweise .....  | 139 |
| 6.4.5   | Eigenüberwachung der Bauausführung (EÜ-B) .....   | 139 |
| 6.4.5.1 | Allgemeines .....   | 139 |
| 6.4.5.2 | Aufgaben der EÜ-B .....   | 140 |
| 6.5     | Projektspezifische Qualitätssicherungsmaßnahmen<br>des Bauherrn/Überwachers .....           | 141 |
| 6.5.1   | Ausschreibungen .....   | 141 |
| 6.5.2   | Überwachung der Bauausführung ÜB-KDB-T<br>(Leitfaden) .....                                 | 141 |
| 6.5.2.1 | Allgemeines .....   | 141 |
| 6.5.2.2 | Aufgaben der Überwachung der Bauausführung .....  | 143 |
| 6.5.2.3 | Anforderungen an Stellen zur Durchführung<br>der ÜB-KDB-T .....                             | 145 |
| 6.5.2.4 | Ausschreibung, Angebotserstellung und Beauftragung<br>der ÜB-KDB-T .....                    | 146 |
| 6.5.2.5 | Mindestumfang der akkreditierten Inspektionstätig-<br>keiten und Prüfungen .....            | 147 |
| 6.5.3   | Zusammenfassende Abschlussdokumentation<br>und Archivierung von Rückstellproben .....       | 149 |
| 6.6     | Art und Häufigkeit der Produktprüfungen im Rahmen<br>der Qualitätssicherungsmaßnahmen ..... | 150 |
| 6.6.1   | Kunststoffdichtungsbahnen .....   | 150 |
| 6.6.2   | Profilbänder .....  | 153 |
| 6.6.3   | Schutzschichten .....   | 154 |
| 6.6.3.1 | Geschlossene Bauweise .....   | 154 |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| 6.6.3.2  | Offene Bauweise .....  | 157        |
| 6.6.4    | Dränschichten .....  | 158        |
| 6.6.4.1  | Geschlossene Bauweise .....  | 158        |
| 6.6.4.2  | Offene Bauweise .....  | 158        |
| 6.7      | Überwachung der Systemanforderungen .....  | 160        |
| <b>7</b> | <b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>  | <b>161</b> |
| <b>8</b> | <b>Schrifttum .....</b>  | <b>165</b> |
| 8.1      | Gesetze, Verordnungen, Richtlinien von Behörden<br>und öffentlichen Auftraggebern .....                          | 165        |
| 8.2      | Normen, sonstige Richtlinien, Empfehlungen<br>und Merkblätter .....  | 167        |
| 8.3      | Forschungsberichte .....   | 176        |
| 8.4      | Fachbeiträge .....   | 177        |
| <b>9</b> | <b>Fallbeispiele .....</b>   | <b>183</b> |
| 9.1      | Abdichtung und Entwässerung des Tunnels Euerwang<br>der Deutschen Bahn AG (NBS Nürnberg–Ingolstadt) ..           | 183        |
| 9.1.1    | Problemstellung und Lösung .....   | 183        |
| 9.1.2    | Verwendete Abdichtungselemente .....   | 184        |
| 9.1.2.1  | Druckwasserdichter Tunnelbereich .....   | 184        |
| 9.1.2.2  | Dränierter und entwässerter Tunnelbereich .....  | 184        |
| 9.1.3    | Einbau .....   | 185        |
| 9.1.4    | Bauzeit und Kosten .....   | 186        |
| 9.1.5    | Erfahrungen .....  | 187        |
| 9.1.6    | Schrifttum .....   | 188        |
| 9.2      | Umlaufende einlagige KDB-Abdichtung im Straßen-<br>tunnel Leutenbach .....                                       | 189        |
| 9.2.1    | Problemstellung und Lösung .....   | 189        |
| 9.2.2    | Verwendete Abdichtungselemente .....   | 190        |
| 9.2.3    | Einbau .....   | 191        |
| 9.2.4    | Bauzeit und Kosten .....   | 192        |
| 9.2.5    | Erfahrungen .....  | 192        |
| 9.2.6    | Schrifttum .....   | 193        |
| 9.3      | Druckwasserhaltende KDB-Abdichtung<br>im Tunnel Silberberg der Deutschen Bahn AG<br>(NBS Ebensfeld–Erfurt) ..... | 193        |
| 9.3.1    | Problemstellung und Lösung .....   | 193        |

|         |   |            |
|---------|---|------------|
| 9.3.2   | Verwendete Abdichtungselemente .....  | 195        |
| 9.3.3   | Einbau .....  | 196        |
| 9.3.4   | Bauzeit und Kosten .....  | 198        |
| 9.3.5   | Erfahrungen .....   | 198        |
| 9.3.6   | Schrifttum .....  | 199        |
| 9.4     | Eisenbahntunnel Reitersberg mit druckwasserhaltender KDB-Abdichtung und mit einer Sohlbrückenkonstruktion für zeitgleichen Vortrieb und Innenschalen-<br>ausbau ..... | 200        |
| 9.4.1   | Problemstellung und Lösung .....  | 200        |
| 9.4.2   | Verwendete Abdichtungselemente .....  | 201        |
| 9.4.3   | Einbau .....  | 201        |
| 9.4.3.1 | Allgemeiner Ablauf .....  | 201        |
| 9.4.3.2 | Idee der Sohlbrückenkonstruktion zur Bauzeitverkürzung .....  | 201        |
| 9.4.4   | Bauzeit und Kosten .....  | 205        |
| 9.4.5   | Erfahrungen .....   | 205        |
| 9.4.6   | Schrifttum .....  | 205        |
| 9.5     | Anschluss der KDB-Abdichtung von Querschlägen an Tübbings mit Klebeanschluss im Finnetunnel .....   | 206        |
| 9.5.1   | Problemstellung und Lösung .....  | 206        |
| 9.5.2   | Verwendete Abdichtungselemente .....  | 207        |
| 9.5.3   | Einbau .....  | 207        |
| 9.5.4   | Bauzeit und Kosten .....  | 210        |
| 9.5.5   | Erfahrungen .....   | 210        |
| 9.5.6   | Schrifttum .....  | 211        |
|         | <b>Stichwortverzeichnis .....</b>   | <b>213</b> |