

Inhaltsübersicht

1

| | | |
|------------|---|-------|
| | Inhaltsverzeichnis | VII |
| | Anschriften | XVI |
| | Beiträge früherer Jahrgänge | XVIII |
| I | Entwurf von Brücken | 1 |
| | Jürg Conzett | |
| II | Einwirkungen auf Brücken | 33 |
| | Fritz Großmann, Günter Timm, Heinz-Hubert Benning | |
| III | Entwurf, Bemessung und Konstruktion von Betonbrücken | 125 |
| | Karlheinz Haveresch, Reinhard Maurer | |
| IV | Monitoring und Strukturidentifikation von Betonbrücken | 245 |
| | Konrad Bergmeister, Roman Wendner | |
| V | Beton | 291 |
| | Harald S. Müller, Hans-Wolf Reinhardt | |
| VI | Spezielle Anforderungen an Beton für Brücken | 437 |
| | Franka Tauscher | |
| VII | Verstärken mit Textilbeton | 457 |
| | Manfred Curbach, Frank Jesse | |
| | Stichwortverzeichnis | 567 |

Inhaltsübersicht

2

| | | |
|-------------|--|------|
| | Inhaltsverzeichnis | V |
| | Anschriften | XIII |
| VIII | Sichtbeton und Schalungstechnik | 1 |
| | Klaus-R. Goldammer, Roland Schmitt, Karsten Schubert | |
| IX | Marine Gründungsbauwerke | 71 |
| | Jürgen Grabe | |
| X | Weißer Wannen im Hochbau | 137 |
| | Karsten Ebeling, Gottfried Lohmeyer | |
| XI | Normen und Regelwerke | 193 |
| | Frank Fingerloos | |
| | Stichwortverzeichnis | 669 |

Inhaltsverzeichnis

1

| | | | | |
|-----------|--|----|----------|---|
| I | Entwurf von Brücken | 1 | | |
| | Jürg Conzett | | | |
| 1 | Typisierung von Brücken | 3 | 4.1.3 | Hohlkästen |
| 2 | Ergänzungen bestehender Brücken | 5 | 4.1.3.1 | Einzellige Hohlkästen |
| 3 | Städtische und ländliche Brücken | 8 | 4.1.3.2 | Mehrzellige Hohlkästen |
| 3.1 | Städtische Brücken | 8 | 4.1.4 | Trogbrücken |
| 3.2 | Ländliche Brücken | 12 | 4.2 | Sprengwerke |
| 3.3 | Konsequenzen auf den Entwurf | 12 | 4.3 | Bogenbrücken |
| 4 | Tragwerkstypen | 13 | 4.3.1 | Bogenbrücken mit oberliegender Fahrbahn |
| 4.1 | Balkenbrücken | 13 | 4.3.2 | Bogen mit aufgehängter Fahrbahn |
| 4.1.1 | Plattenbrücken | 13 | 4.4 | Schrägseilbrücken |
| 4.1.1.1 | Einfeldrige Rahmen | 14 | 4.5 | Spezialfälle |
| 4.1.1.2 | Einfacher Balken | 16 | 4.5.1 | Verbundbrücken |
| 4.1.1.3 | Mehrfeldrige Rahmen | 16 | 4.5.2 | Unterspannungen |
| 4.1.2 | Plattenbalken | 16 | 4.5.3 | Schalenbrücken |
| 4.1.2.1 | Einstegige Plattenbalken | 16 | 5 | Zusammenfassung: |
| 4.1.2.2 | Zweistegige Plattenbalken | 17 | | Was ist ein guter Entwurf? |
| 4.1.2.3 | Mehrstegige Plattenbalken | 18 | 6 | Literatur/Anmerkungen |
| II | Einwirkungen auf Brücken | 33 | | |
| | Fritz Großmann, Günter Timm, Heinz-Hubert Benning | | | |
| 1 | Allgemeines über den DIN-Fachbericht | 35 | 2.4.3 | Lastmodelle für Vertikallasten |
| 1.1 | Hintergründe der Fortschreibung | 35 | 2.4.3.1 | Allgemeines |
| 1.2 | Allgemeines zu den Eurocodes | 35 | 2.4.3.2 | Lastmodell 1 |
| 1.3 | Eurocodes mit Regelungen für Einwirkungen auf Brücken | 35 | 2.4.3.3 | Lastmodell 2 |
| 1.4 | Sicherheitskonzept der Eurocodes | 36 | 2.4.3.4 | Lastmodell 4 |
| 1.5 | DIN-Fachberichte | 36 | 2.4.4 | Horizontallasten |
| 1.5.1 | Allgemeines | 36 | 2.4.4.1 | Lasten aus Bremsen und Anfahren |
| 1.5.2 | Bauen im Bestand | 37 | 2.4.4.2 | Zentrifugallasten |
| 2 | Erläuterungen | 37 | 2.4.5 | Mehrkomponentige Einwirkungen |
| 2.1 | Allgemeines | 37 | 2.4.6 | Lastmodelle für Ermüdungs- berechnungen |
| 2.2 | Aufbau des DIN-Fachberichts 101 | 39 | 2.4.7 | Außergewöhnliche Einwirkungen aus Straßenfahrzeugen |
| 2.3 | Einteilung der Einwirkungen | 39 | 2.4.7.1 | Allgemeines |
| 2.4 | Einwirkungen aus Straßenverkehr | 40 | 2.4.7.2 | Ergebnisse neuerer Forschungen |
| 2.4.1 | Anwendungsbereich | 40 | 2.4.7.3 | Anpralllasten an Pfeiler und andere stützende Bauteile |
| 2.4.2 | Anzusetzende Fahrstreifen | 40 | 2.4.7.4 | Anprall an Überbauten |
| | | | 2.4.7.5 | Fahrzeuge auf Geh- und Radwegen |

| | | | | | |
|----------|--|----|----------|--|----|
| 2.4.7.6 | Anprall an Schrammborde | 50 | 2.6.4.4 | Lastverteilung durch Schwellen und Schotter in Querrichtung. | 58 |
| 2.4.7.7 | Anprall an Schutzeinrichtungen. | 50 | 2.6.4.5 | Vertikale Ersatzlasten | 59 |
| 2.4.7.8 | Anprall an tragende Bauteile oberhalb der Fahrbahnebene. | 51 | 2.6.4.6 | Dienstgehwege | 59 |
| 2.4.8 | Einwirkungen auf Geländer | 51 | 2.6.4.7 | Öffentliche Gehwege | 59 |
| 2.4.9 | Lastmodelle auf Hinterfüllungen | 51 | 2.6.5 | Dynamische Einwirkungen. | 59 |
| 2.4.9.1 | Vertikallasten | 51 | 2.6.5.1 | Allgemeines. | 59 |
| 2.4.9.2 | Horizontallasten | 52 | 2.6.5.2 | Dynamische Beiwerte (2, 3) | 59 |
| 2.4.10 | Einwirkungen auf Kammerwände | 52 | 2.6.5.3 | Gefahr von Resonanz oder übermäßiger Schwingungen der Tragwerke | 60 |
| 2.4.11 | Weitere Einwirkungen. | 52 | 2.6.6 | Lastmodelle für horizontale Einwirkungen | 60 |
| 2.4.11.1 | Allgemeines. | 52 | 2.6.6.1 | Zentrifugallasten (Fliehkräfte) | 60 |
| 2.4.11.2 | Fahrbahnbeläge | 52 | 2.6.6.2 | Seitenstoß (Schlingerkraft) | 60 |
| 2.4.11.3 | Klappbrücken | 52 | 2.6.6.3 | Einwirkungen aus Bremsen und Anfahren | 60 |
| 2.4.11.4 | Versorgungsleitungen und andere ruhende Lasten | 53 | 2.6.6.4 | Längsgerichtete Einwirkungen. | 61 |
| 2.4.11.5 | Einwirkungen aus Schnee. | 53 | 2.6.7 | Druck-Sog-Einwirkungen. | 62 |
| 2.4.11.6 | Auswechseln von Lagern | 53 | 2.6.8 | Zusätzliche Einwirkungen | 63 |
| 2.5 | Einwirkungen aus Fußgänger- und Radverkehr | 53 | 2.6.9 | Außergewöhnliche Einwirkungen | 63 |
| 2.5.1 | Anwendungsbereich | 53 | 2.6.9.1 | Entgleisungen auf Brücken. | 63 |
| 2.5.2 | Lastmodelle für Vertikallasten | 53 | 2.6.9.2 | Entgleisungen unter Überbauten von Bahnanlagen. | 64 |
| 2.5.2.1 | Gleichmäßig verteilte Last | 53 | 2.6.9.3 | Außergewöhnliche Einwirkung aus Fahrleitungsbruch | 64 |
| 2.5.2.2 | Einzellast | 54 | 2.6.9.4 | Außergewöhnliche Einwirkungen aus Straßenverkehr | 65 |
| 2.5.2.3 | Dienstfahrzeug | 54 | 2.6.10 | Mehrkomponentige Einwirkungen. | 65 |
| 2.5.3 | Horizontallasten | 54 | 2.6.11 | Lastmodelle für Ermüdungs- berechnungen | 65 |
| 2.5.4 | Mehrkomponentige Einwirkungen. | 54 | 2.6.12 | Nachweise in den Grenzzuständen. | 66 |
| 2.5.5 | Außergewöhnliche Einwirkungen | 55 | 2.6.12.1 | Allgemeines. | 66 |
| 2.5.5.1 | Allgemeines. | 55 | 2.6.12.2 | Teilsicherheitsbeiwerte und ψ -Werte | 66 |
| 2.5.5.2 | Anprall von Straßenfahrzeugen an Unterbauten | 55 | 2.6.12.3 | Grenzzustände der Verkehrs- sicherheit | 66 |
| 2.5.5.3 | Anprall von Straßenfahrzeugen an Überbauten | 55 | 2.7 | Einwirkungen aus Wind | 67 |
| 2.5.5.4 | Unplanmäßige Anwesenheit von Fahrzeugen auf der Brücke. | 55 | 2.7.1 | Allgemeines. | 67 |
| 2.5.6 | Dynamische Modelle | 55 | 2.7.2 | Ermittlung der Windlasten | 67 |
| 2.5.6.1 | Allgemeines. | 55 | 2.7.2.1 | Windeinwirkungen auf nicht schwingungsanfällige Brücken- überbauten | 67 |
| 2.5.6.2 | Neuere Forschungsergebnisse | 55 | 2.7.2.2 | Windeinwirkungen auf schwingungsanfällige Brücken- überbauten | 68 |
| 2.5.6.3 | Umsetzung der Forschungs- ergebnisse in den DIN Fachbericht 101. | 55 | 2.7.2.3 | Windeinwirkungen auf Brücken- unterbauten | 68 |
| 2.5.7 | Einwirkungen auf Geländer | 56 | 2.8 | Bewegungen von Lagern und Fahrbahnübergängen und ergänzende Regelungen für die Bemessung von Lagern | 68 |
| 2.5.8 | Lastmodell für Hinterfüllung | 56 | 2.8.1 | Allgemeines zum Anhang O. | 68 |
| 2.5.9 | Weitere typische Einwirkungen | 56 | 2.8.2 | Bemessungswerte der Bewegungen und Kräfte | 68 |
| 2.6 | Einwirkungen aus Eisenbahnverkehr. | 56 | 2.8.3 | Klimatische Temperatur- einwirkungen. | 69 |
| 2.6.1 | Anwendungsbereich | 56 | 2.8.4 | Elastische Lagerung | 69 |
| 2.6.2 | Darstellung der Einwirkungen | 56 | 2.8.5 | Reaktionskräfte an Festpunkten | 69 |
| 2.6.3 | Lastmodelle für vertikale Einwirkungen | 56 | 2.8.6 | Ergänzende Regelungen zur Lagerbemessung | 69 |
| 2.6.3.1 | Allgemeines. | 56 | | | |
| 2.6.3.2 | Lastmodell 71 | 56 | | | |
| 2.6.3.3 | Lastmodelle SW/0 und SW/2 | 57 | | | |
| 2.6.3.4 | Unbeladener Zug. | 58 | | | |
| 2.6.3.5 | Gehwege | 58 | | | |
| 2.6.4 | Lastverteilung der Achs- und Radlasten | 58 | | | |
| 2.6.4.1 | Allgemeines. | 58 | | | |
| 2.6.4.2 | Lastverteilung der Radlast durch die Schiene in Längsrichtung | 58 | | | |
| 2.6.4.3 | Lastverteilung durch Schwellen und Schotter in Längsrichtung. | 58 | | | |

| | | | | | | | |
|----------|--|-----------------------------------|---------|--|--|------------------------|-----|
| 2.9 | Temperatureinwirkungen | 69 | 3.1.6.2 | Kombinationen in den Grenz- | zuständen der Tragfähigkeit | 91 | |
| 2.9.1 | Allgemeines. | 69 | 3.1.6.3 | Kombinationen in den Grenz- | zuständen der Gebrauchs- | tauglichkeit | 93 |
| 2.9.2 | Neue Forschungsergebnisse | 70 | 3.2 | Beispiel Eisenbahnbrücke. | | 94 | |
| 2.9.3 | Beschreibung der Temperatur- | einwirkungen. | 70 | 3.2.1 | Allgemeines. | 94 | |
| 2.9.3.1 | Allgemeines. | 70 | 3.2.2 | Beschreibung und Darstellung des | statischen Systems. | 94 | |
| 2.9.3.2 | Überbaugruppen | 70 | 3.2.3 | Entwurfsparameter | | 96 | |
| 2.9.3.3 | Konstanter Temperaturanteil | 71 | 3.2.4 | Charakteristische Werte der | einwirkenden Last- und Weggrößen | 97 | |
| 2.9.3.4 | Schwankung des konstanten | Temperaturanteils | 71 | 3.2.4.1 | Ständige Einwirkungen. | 97 | |
| 2.9.3.5 | Linearer Temperaturanteil. | 72 | 3.2.4.2 | Veränderliche Einwirkungen | | 98 | |
| 2.9.3.6 | Nichtlinearer Temperaturanteil. | 72 | 3.2.5 | Kombination der Einwirkungen | | 112 | |
| 2.9.3.7 | Temperaturunterschiede zwischen | verschiedenen Bauteilen | 72 | 3.2.5.1 | Verkehrslastgruppen | 112 | |
| 2.9.3.8 | Brückenpfeiler. | 72 | 3.2.5.2 | Zusammenstellung der | wesentlichen Einwirkungen | 112 | |
| 2.10 | Kombination der Einwirkungen | 73 | 3.2.5.3 | Kombinationen in den Grenz- | zuständen der Tragfähigkeit | 113 | |
| 2.10.1 | Allgemeines. | 73 | 3.2.5.4 | Kombinationen in den Grenz- | zuständen der Gebrauchs- | tauglichkeit | 114 |
| 2.10.2 | Grenzzustände der Tragfähigkeit | 73 | 3.3 | Beispiel Geh- und Radwegbrücke | | 114 | |
| 2.10.3 | Grenzzustände der Gebrauchs- | tauglichkeit | 73 | 3.3.1 | Allgemeines. | 114 | |
| 2.10.4 | ψ -Faktoren für Einwirkungen | 74 | 3.3.2 | Beschreibung und Darstellung des | statischen Systems. | 114 | |
| 3 | Einwirkungen auf Brücken nach | | 3.3.3 | Entwurfsparameter | | 115 | |
| | DIN-Fachbericht 101 in Beispielen | 75 | 3.3.4 | Charakteristische Werte der ein- | wirkenden Last- und Weggrößen | 116 | |
| 3.1 | Beispiel Straßenbrücke. | 75 | 3.3.4.1 | Ständige Einwirkungen. | | 116 | |
| 3.1.1 | Allgemeines. | 75 | 3.3.4.2 | Veränderliche Einwirkungen | | 116 | |
| 3.1.2 | Beschreibung und Darstellung des | statischen Systems. | 75 | 3.3.5 | Kombination der Einwirkungen | 121 | |
| 3.1.3 | Entwurfsparameter | 76 | 3.3.5.1 | Kombinationen in den Grenz- | zuständen der Tragfähigkeit | 121 | |
| 3.1.4 | Charakteristische Werte der | einwirkenden Last- und | 3.3.5.2 | Kombinationen in den Grenz- | zuständen der Gebrauchs- | tauglichkeit | 122 |
| | Weggrößen. | 77 | | | | | |
| 3.1.4.1 | Ständige Einwirkungen. | 77 | | | | | |
| 3.1.4.2 | Veränderliche Einwirkungen | 78 | | | | | |
| 3.1.5 | Außergewöhnliche Einwirkungen | 89 | | | | | |
| 3.1.5.1 | Anpralllasten auf Unterbauten | 89 | | | | | |
| 3.1.5.2 | Außergewöhnliche Einwirkungen | auf der Brücke. | 89 | | | | |
| 3.1.6 | Kombination der Einwirkungen. | 90 | | | | | |
| 3.1.6.1 | Lastgruppen aus Verkehr | 90 | | | | | |

4 Literatur. 123

III Entwurf, Bemessung und Konstruktion von Betonbrücken. 125
 Karlheinz Haveresch, Reinhard Maurer

| | | | | | | | |
|----------|----------------------------------|---------------------|-------|--------------------------------|-----------------------|----------------------|-----|
| 1 | Technisches Regelwerk für | | 2.4 | Brückenüberbauten | | 147 | |
| | Brücken | 127 | 2.4.1 | Allgemeines. | | 147 | |
| 1.1 | DIN-Fachberichte | 127 | 2.4.2 | Massive Platte | | 147 | |
| 1.2 | Ergänzendes Regelwerk | 128 | 2.4.3 | Plattenbalken | | 149 | |
| 2 | Brückenentwurf | 132 | 2.4.4 | Kastenquerschnitte | | 152 | |
| 2.1 | Vorentwurf. | 132 | 2.5 | Unterbauten | | 154 | |
| 2.2 | Entwurf | 135 | 2.5.1 | Allgemeines. | | 154 | |
| 2.3 | Tragwerksarten | 139 | 2.5.2 | Widerlager | | 154 | |
| 2.3.1 | Allgemeines. | 139 | 2.5.3 | Brückenpfeiler. | | 158 | |
| 2.3.2 | Balkenbrücken. | 139 | 2.6 | Bauverfahren | | 158 | |
| 2.3.3 | Bogenbrücken | 142 | 2.6.1 | Allgemeines. | | 158 | |
| 2.3.4 | Rahmenbrücken und Integrale | Tragwerke | 144 | 2.6.2 | Überbauerstellung auf | Traggerüst | 159 |
| | | | 2.6.3 | Taktschiebeverfahren | | 160 | |

| | | | | | |
|----------|---|------------|------------------------|--|------------|
| 2.6.4 | Freivorbauverfahren | 161 | 3.5.7 | Nachweis gegen Ermüdung | 201 |
| 2.6.5 | Fertigteilbauweisen | 163 | 3.5.7.1 | Allgemeines | 201 |
| 3 | Bemessung und Konstruktion von Betonbrücken nach DIN-Fachbericht 102 | 164 | 3.5.7.2 | Ermittlung der Spannungen | 204 |
| 3.1 | Grundlagen für die Tragwerks- planung | 164 | 3.5.7.3 | Nachweisverfahren | 205 |
| 3.1.1 | Grundlegende Anforderungen | 164 | 3.5.8 | Nachweis gegen Anprall | 207 |
| 3.1.2 | Grenzzustände der Tragfähigkeit | 164 | 3.6 | Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit (SLS) | 207 |
| 3.1.3 | Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit | 165 | 3.6.1 | Begrenzung der Spannungen | 207 |
| 3.1.4 | Anforderungen an die Dauerhaftigkeit | 166 | 3.6.2 | Nachweis der Dekompression und Randzugspannungen | 208 |
| 3.1.5 | Schnittstelle zwischen Bauwerk und Baugrund | 167 | 3.6.3 | Begrenzung der Rissbreiten | 212 |
| 3.1.6 | Einwirkungen während der Bauzeit | 169 | 3.6.3.1 | Allgemeines | 212 |
| 3.1.7 | Berechnungswerte der Vorspannung | 169 | 3.6.3.2 | Mindestbewehrung für die Begrenzung der Rissbreite | 213 |
| 3.2 | Baustoffe | 172 | 3.6.3.3 | Mindestbewehrung im Bereich von Arbeitsfugen | 214 |
| 3.2.1 | Beton | 172 | 3.6.3.4 | Begrenzung der Rissbreiten bei abgeschlossenem Rissbild | 215 |
| 3.2.2 | Betonstahl | 172 | 3.6.3.5 | Dicke Bauteile | 215 |
| 3.2.3 | Vorspannung | 172 | 3.6.4 | Begrenzung der Verformungen bei jungem Beton | 219 |
| 3.2.3.1 | Spannverfahren | 172 | 3.6.5 | Begrenzung der Schwingungen und dynamische Einflüsse | 219 |
| 3.2.3.2 | Einpressen von Spanngliedern | 173 | 3.7 | Allgemeine Bewehrungs- und Konstruktionsregeln | 219 |
| 3.3 | Dauerhaftigkeit und Betondeckung | 174 | 3.7.1 | Betonstahl | 219 |
| 3.3.1 | Allgemeines | 174 | 3.7.2 | Spannstahl und Spannglieder | 220 |
| 3.3.2 | Beton | 175 | 3.7.2.1 | Vorspannung mit sofortigem Verbund | 220 |
| 3.3.3 | Betondeckung | 175 | 3.7.2.2 | Vorspannung mit nachträglichem Verbund | 220 |
| 3.4 | Ermittlung der Schnittgrößen | 175 | 3.7.2.3 | Verankerung und Kopplung von Spanngliedern | 220 |
| 3.4.1 | Allgemeines | 175 | 3.7.3 | Konstruktionsregeln für Bauteile | 220 |
| 3.4.2 | Schnittgrößen infolge Lasten | 176 | 3.7.3.1 | Oberflächenbewehrung bei vorgespannten Bauteilen | 220 |
| 3.4.3 | Schnittgrößen infolge Vorspannung | 176 | 3.7.3.2 | Stahlbetonwände | 221 |
| 3.4.4 | Schnittgrößen infolge Zwang | 177 | 3.7.3.3 | Sonderfälle | 222 |
| 3.4.5 | Modellbildung und Querverteilung | 182 | 3.8 | Besonderheiten bei Fertigteilbrücken | 223 |
| 3.5 | Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit (GZT) | 183 | 3.9 | Ergänzungen für Betonbrücken mit externen Spanngliedern | 226 |
| 3.5.1 | Tragwiderstand bei Biegung mit Normalkraft | 183 | 3.9.1 | Allgemeines | 226 |
| 3.5.2 | Mindestbewehrung für das Ankündigungsverhalten | 185 | 3.9.2 | Grundsätze für die bauliche Durchbildung | 227 |
| 3.5.3 | Tragwiderstand bei Querkraft | 187 | 3.10 | Lager und Fahrbahnübergänge | 229 |
| 3.5.3.1 | Bauteile ohne Querkraftbewehrung | 187 | 3.10.1 | Lagerung und Lager | 229 |
| 3.5.3.2 | Bauteile mit Querkraftbewehrung | 192 | 3.10.2 | Fahrbahnübergänge | 233 |
| 3.5.3.3 | Mindestbewehrung für Querkraft | 194 | 4 | Innovationen im Betonbrückenbau .. | 234 |
| 3.5.4 | Tragwiderstand bei Torsion | 194 | 4.1 | Hochleistungsbeton | 234 |
| 3.5.5 | Nachweis schlanker Pfeiler | 197 | 4.1.1 | Technologie | 234 |
| 3.5.5.1 | Behandlung der Rückstell- bzw. Reibungskräfte der Lager | 197 | 4.1.2 | Internationale Entwicklungen | 235 |
| 3.5.5.2 | Berücksichtigung des Kriechens beim Nachweis nach Theorie II. Ordnung | 200 | 4.1.3 | Entwicklungen in Deutschland | 236 |
| 3.5.5.3 | Zum Ansatz des E-Moduls | 201 | 4.2 | Interne Vorspannung ohne Verbund | 237 |
| 3.5.6 | Stabwerkmodelle | 201 | 4.3 | Bauwerkserhaltungsmanagement für zukunftsfähige Brücken | 240 |
| | | | Literatur | 242 | |

| | | | | |
|-----------|---|-----|----------|---|
| IV | Monitoring und Strukturidentifikation von Betonbrücken | 245 | | |
| | Konrad Bergmeister, Roman Wendner | | | |
| 1 | Einleitung | 247 | 4.1.5 | Erkenntnisse von dynamischen Messungen |
| 2 | Management von Brücken | 248 | 4.2 | Monitoring von externen Spannkabeln |
| 2.1 | Lebenszyklusmanagement und Monitoring | 248 | 4.3 | Systemidentifikation |
| 2.2 | Altersstruktur und Zusammensetzung der Infrastrukturen | 250 | 5 | Anwendungsorientierte Strukturidentifikation von Brücken mit integriertem Monitoring |
| 2.3 | Bauwerkserhaltung | 251 | 5.1 | Zustandskenngröße (Identifikationsgröße) |
| 2.3.1 | Bauwerksprüfung in Deutschland nach DIN 1076 | 251 | 5.2 | Elemente eines Monitoring- und Systemidentifikationssystems (MIS) |
| 2.3.2 | Bauwerksprüfung in Österreich nach RVS 13.71 | 251 | 5.2.1 | Datenerfassung |
| 2.4 | Erfahrungen aus der Bauwerkserhaltung | 252 | 5.2.2 | Datenaufbereitung |
| 2.5 | Softwaregestützte Systeme zum Bauwerksmanagement | 254 | 5.2.3 | Strukturmodell |
| 2.5.1 | Objektdatenbank | 254 | 5.2.4 | Systemidentifikation als Optimierungsproblem |
| 2.5.2 | Bauwerksdokumentation und Fachwissenskataloge | 254 | 5.2.5 | Optimierungsalgorithmen |
| 2.5.3 | Bestandsaufnahme und Bewertung | 255 | 5.3 | MOBEL – Beispiel eines anwendungsorientierten Identifikationssystems |
| 3 | Zerstörungsfreie Prüfmethoden | 255 | 5.3.1 | Grundkonzept |
| 3.1 | Geodätische Überwachungsverfahren | 256 | 5.3.2 | Eingangsdaten |
| 3.1.1 | Handaufmaß | 256 | 5.3.3 | Automatisierte Modellbildung |
| 3.1.2 | Photogrammetrie | 256 | 5.3.4 | Berechnung der Strukturantwort |
| 3.1.3 | Laserscanner | 257 | 5.3.5 | Objektive Funktion des nicht-linearen Optimierungsproblems |
| 3.1.4 | Triangulation | 257 | 5.3.6 | Optimierungsstrategie |
| 3.1.5 | Tachymeter | 257 | 6 | Monitoring und Systemidentifikation am Beispiel einer Stahlbeton-Dreifeldbrücke |
| 3.1.6 | Differenzielles GPS | 258 | 6.1 | Strukturbeschreibung |
| 3.2 | Laservibrometer | 258 | 6.2 | Bauwerkszustand |
| 3.3 | Schallemissionsverfahren | 259 | 6.3 | Monitoringkonzept |
| 3.4 | Impact-Echo | 259 | 6.3.1 | Ermittlung der Einflusslinien der Lagerreaktionen |
| 3.5 | Ultraschallverfahren | 260 | 6.3.2 | Ermittlung der modalen Eigenschaften |
| 3.6 | Radiografie und Computer-Tomografie | 261 | 6.4 | Ergebnisse der Strukturidentifikation |
| 3.7 | Radar-Verfahren | 262 | 7 | Erhaltungsmanagement aufbauend auf Monitoring und Strukturidentifikation |
| 3.8 | Infrarot-Verfahren | 262 | 8 | Literatur |
| 3.9 | Elektromagnetische Verfahren | 262 | | |
| 3.10 | Endoskopie | 263 | | |
| 4 | Dynamische Prüfverfahren | 263 | | |
| 4.1 | Schwingungen | 263 | | |
| 4.1.1 | Dämpfung | 264 | | |
| 4.1.2 | Schwingungsverhalten linearer Systeme | 265 | | |
| 4.1.3 | Übertragungsfunktion | 265 | | |
| 4.1.4 | Signaltransformation und Fenstertechnik | 266 | | |

| | | |
|----------|---|-----|
| V | Beton | 291 |
| | Harald S. Müller, Hans-Wolf Reinhardt | |
| 1 | Einführung und Definition | 293 |
| 1.1 | Allgemeines | 293 |
| 1.2 | Definition | 293 |
| 1.3 | Klassifizierung von Beton | 294 |
| 1.3.1 | Betonarten | 294 |
| 1.3.2 | Betonklassen | 294 |
| 1.3.3 | Betonfamilie | 297 |
| 2 | Ausgangsstoffe | 297 |
| 2.1 | Zement | 297 |
| 2.1.1 | Arten und Zusammensetzung | 297 |
| 2.1.2 | Bautechnische Eigenschaften | 299 |
| 2.1.3 | Bezeichnung, Lieferung und Lagerung | 304 |
| 2.1.4 | Anwendungsbereiche | 305 |
| 2.1.5 | Zementhydratation | 305 |
| 2.1.6 | Der Zementstein | 309 |
| 2.2 | Gesteinskörnungen für Beton | 311 |
| 2.2.1 | Allgemeines | 311 |
| 2.2.2 | Art und Eigenschaften des Gesteins | 312 |
| 2.2.3 | Schädliche Bestandteile | 313 |
| 2.2.4 | Kornform und Oberfläche | 316 |
| 2.2.5 | Größtkorn und Kornzusammensetzung | 317 |
| 2.3 | Betonzusatzmittel | 319 |
| 2.3.1 | Definition | 319 |
| 2.3.2 | Arten von Zusatzmitteln | 319 |
| 2.3.3 | Anwendungsgebiete | 320 |
| 2.3.4 | Weitere Anforderungen | 321 |
| 2.4 | Betonzusatzstoffe | 322 |
| 2.4.1 | Definitionen | 322 |
| 2.4.2 | Inerte Stoffe und Pigmente | 322 |
| 2.4.3 | Puzzolanische Stoffe | 323 |
| 2.4.4 | Latent-hydraulische Stoffe | 326 |
| 2.4.5 | Organische Stoffe | 326 |
| 2.5 | Anmachwasser | 326 |
| 3 | Frischbeton und Nachbehandlung | 327 |
| 3.1 | Allgemeine Anforderungen | 327 |
| 3.2 | Mehlkorngehalt | 327 |
| 3.3 | Verarbeitbarkeit und Konsistenz | 328 |
| 3.4 | Entmischen | 330 |
| 3.5 | Rohdichte und Luftgehalt | 330 |
| 3.6 | Nachbehandlung | 330 |
| 3.6.1 | Nachbehandlungsarten | 331 |
| 3.6.2 | Dauer der Nachbehandlung | 331 |
| 3.6.3 | Zusätzliche Schutzmaßnahmen | 332 |
| 4 | Junger Beton | 333 |
| 4.1 | Bedeutung und Definition | 333 |
| 4.2 | Hydratationswärme | 333 |
| 4.3 | Verformungen | 334 |
| 4.4 | Dehnfähigkeit und Rissneigung | 334 |
| 4.5 | Bestimmung der Festigkeit von jungem Beton | 335 |
| 5 | Lastunabhängige Verformungen | 336 |
| 5.1 | Allgemeines | 336 |
| 5.2 | Temperaturdehnung | 336 |
| 5.3 | Schwinden | 337 |
| 5.3.1 | Ursachen | 337 |
| 5.3.2 | Mathematische Beschreibung | 339 |
| 6 | Festigkeit und Verformung von Festbeton | 341 |
| 6.1 | Strukturmerkmale | 341 |
| 6.2 | Druckfestigkeit | 341 |
| 6.2.1 | Spannungszustand und Bruchverhalten von Beton bei Druckbeanspruchung | 341 |
| 6.2.2 | Einflüsse auf die Druckfestigkeit | 342 |
| 6.2.2.1 | Ausgangsstoffe und Betonzusammensetzung | 342 |
| 6.2.2.2 | Erhärtungsbedingungen und Reife | 343 |
| 6.2.2.3 | Prüfeinflüsse | 347 |
| 6.2.3 | Festigkeitsklassen | 348 |
| 6.3 | Zugfestigkeit | 348 |
| 6.3.1 | Bruchverhalten und Bruchenergie | 348 |
| 6.3.2 | Einflüsse auf die Zugfestigkeit | 349 |
| 6.3.3 | Zentrische Zugfestigkeit | 349 |
| 6.3.4 | Biegezugfestigkeit | 350 |
| 6.3.5 | Spaltzugfestigkeit | 350 |
| 6.3.6 | Verhältniszahlen für Druck- und Zugfestigkeit | 350 |
| 6.4 | Festigkeit bei mehrachsiger Beanspruchung | 351 |
| 6.5 | Spannungsdehnungsbeziehungen | 352 |
| 6.5.1 | Elastizitätsmodul und Querdehnzahl | 352 |
| 6.6 | Einfluss der Zeit auf Festigkeit und Verformung | 354 |
| 6.6.1 | Die zeitliche Entwicklung von Festigkeit und Elastizitätsmodul | 354 |
| 6.6.2 | Verhalten bei Dauerstandsbeanspruchung | 355 |
| 6.6.3 | Zeitabhängige Verformungen | 355 |
| 6.6.3.1 | Definitionen | 355 |
| 6.6.3.2 | Kriechverhalten von Beton | 356 |
| 6.6.3.3 | Vorhersageverfahren | 358 |
| 6.6.4 | Verhalten bei dynamischer Beanspruchung | 359 |
| 6.6.5 | Ermüdung | 360 |
| 7 | Dauerhaftigkeit | 361 |
| 7.1 | Überblick über die Umweltbedingungen, Schädigungsmechanismen und Mindestanforderungen | 362 |
| 7.2 | Widerstand gegen das Eindringen aggressiver Stoffe | 366 |
| 7.3 | Korrosionsschutz der Bewehrung im Beton | 369 |
| 7.3.1 | Allgemeine Anforderungen | 369 |

| | | | | | |
|-----------|--|-----|-----------|---|-----|
| 7.3.2 | Carbonatisierung | 369 | 11 | Faserbeton | 399 |
| 7.3.3 | Eindringen von Chloriden | 371 | 11.1 | Allgemeines | 399 |
| 7.4 | Hoher Frostwiderstand | 373 | 11.2 | Zusammenwirken von Fasern und Matrix | 400 |
| 7.5 | Hoher Frost- und Taumittelwiderstand | 373 | 11.2.1 | Ungerissener Beton | 401 |
| 7.6 | Hoher Widerstand gegen chemische Angriffe | 375 | 11.2.2 | Gerissener Beton | 402 |
| 7.7 | Hoher Verschleißwiderstand | 375 | 11.3 | Fasern | 408 |
| 8 | Selbstverdichtender Beton | 376 | 11.3.1 | Stahlfasern | 408 |
| 8.1 | Allgemeines | 376 | 11.3.2 | Glasfasern | 408 |
| 8.2 | Mischungsentwurf | 376 | 11.3.3 | Organische Fasern | 410 |
| 8.3 | Frischbetonprüfverfahren an Mörtel | 378 | 11.3.3.1 | Kunststofffasern (Polymere) | 410 |
| 8.4 | Prüfungen am Beton | 378 | 11.3.3.2 | Kohlenstofffasern | 411 |
| 8.5 | Eigenschaften | 381 | 11.3.3.3 | Fasern natürlicher Herkunft – Zellulosefasern | 411 |
| 9 | Sichtbeton | 381 | 11.4 | Zusammensetzung | 412 |
| 9.1 | Einführung | 381 | 11.4.1 | Beton | 412 |
| 9.2 | Planung und Ausschreibung | 382 | 11.4.2 | Fasern | 412 |
| 9.3 | Betonzusammensetzung und Betonherstellung | 383 | 11.5 | Eigenschaften | 412 |
| 9.4 | Einbau und Nachbehandlung | 383 | 11.5.1 | Verhalten bei Druckbeanspruchung | 412 |
| 9.4.1 | Schalung und Trennmittel | 383 | 11.5.2 | Verhalten bei Zugbeanspruchung und bei Biegebeanspruchung | 413 |
| 9.4.2 | Ausführung und Nachbehandlung | 384 | 11.5.3 | Verhalten bei Querkraft- und Torsionsbeanspruchung | 414 |
| 9.5 | Beurteilung | 384 | 11.5.4 | Verhalten bei Explosions-, Schlag- und Stoßbeanspruchung | 414 |
| 9.6 | Mängel und Mängelbeseitigung | 384 | 11.5.5 | Kriechen und Schwinden | 414 |
| 9.7 | Sonder-Sichtbetone | 386 | 11.5.6 | Dauerhaftigkeit | 415 |
| 10 | Leichtbeton | 386 | 11.5.7 | Frostwiderstand, Frost- und Taumittelwiderstand | 415 |
| 10.1 | Einführung und Überblick | 386 | 11.5.8 | Verhalten bei hoher Temperatur | 415 |
| 10.2 | Konstruktionsleichtbeton nach DIN 1045-1 | 387 | 11.5.9 | Verschleißwiderstand | 416 |
| 10.2.1 | Grundlegende Eigenschaften | 387 | 11.6 | Übereinstimmungsnachweis und Prüfungen | 416 |
| 10.2.2 | Leichte Gesteinskörnung | 388 | 11.7 | Richtlinie „Stahlfaserbeton“ | 416 |
| 10.2.3 | Betonzusammensetzung | 389 | 12 | Ultrahochfester Beton | 417 |
| 10.2.4 | Herstellung, Transport und Verarbeitung | 392 | 12.1 | Einleitung | 417 |
| 10.2.5 | Festbetonverhalten von Konstruktionsleichtbeton | 393 | 12.2 | Mischungsentwurf | 417 |
| 10.2.6 | Zur Planung von Bauwerken aus Konstruktionsleichtbeton | 396 | 12.3 | Frischbetoneigenschaften | 418 |
| 10.2.7 | Selbstverdichtender Konstruktionsleichtbeton | 396 | 12.4 | Festbetoneigenschaften | 420 |
| 10.3 | Porenbeton | 397 | 12.4.1 | Mechanische Eigenschaften | 420 |
| 10.4 | Haufwerksporiger Leichtbeton | 398 | 12.4.2 | Physikalische Eigenschaften | 421 |
| | | | 12.4.3 | Dauerhaftigkeit | 423 |
| | | | 12.5 | Anwendungen | 424 |
| | | | 13 | Literatur | 426 |
| VI | Spezielle Anforderungen an Beton für Brücken | 437 | | | |
| | Franka Tauscher, Bergisch Gladbach | | | | |
| 1 | Einleitung | 439 | 3 | Beanspruchung des Betons durch Einwirkungen aus der Umgebung | 441 |
| 2 | Besondere Anforderungen an Beton für Brücken und Ingenieurbauwerke an Bundesfernstraßen | 439 | 3.1 | Klima und Witterung | 441 |
| 2.1 | Dauerhaftigkeit und Robustheit | 439 | 3.2 | Nutzung | 442 |
| 2.2 | Bauteilabmessungen | 440 | 3.3 | Schäden | 442 |
| | | | 4 | Widerstand von Beton gegen eindringende Gase und Flüssigkeiten | 443 |

| | | | | | |
|------------|--|-----|----------|---|-----|
| 5 | Widerstand des Betons in Brückenbauwerken | 444 | 5.3.4 | Grenzwerte der Betonzusammensetzung | 451 |
| 5.1 | Konstruktive Maßnahmen | 444 | 5.3.5 | Anforderungen an den Frischbeton | 451 |
| 5.2 | Grundsätze der betontechnischen Maßnahmen | 445 | 5.3.6 | Festlegung des Betons | 453 |
| 5.3 | Ergänzende betontechnische Maßnahmen in ZTV-ING Teil 3 | | 5.3.7 | Herstellung und Lieferung von Beton | 453 |
| | Abschnitt 1 | 446 | 5.4 | Maßnahmen der Bauausführung | 453 |
| 5.3.1 | Allgemeines | 446 | 5.4.1 | Nachbehandlung | 453 |
| 5.3.2 | Anforderungen an die Ausgangsstoffe | 446 | 5.4.2 | Luftgehalt von LP-Beton | 454 |
| 5.3.2.1 | Zement | 446 | 5.4.3 | Oberflächengestaltung | 454 |
| 5.3.2.2 | Gesteinskörnungen | 446 | 5.4.4 | Fugenausbildung | 454 |
| 5.3.2.3 | Zusatzstoffe | 447 | 5.5 | Zusätzliche Maßnahmen | 455 |
| 5.3.2.4 | Zusatzmittel | 448 | 6 | Literatur | 455 |
| 5.3.3 | Zuordnung von Bauteilen zu Expositionsclassen | 448 | | | |
| VII | Verstärken mit Textilbeton | 457 | | | |
| | Frank Jesse, Manfred Curbach | | | | |
| 1 | Einleitung | 459 | 4.2 | Anforderungen an den Feinbeton | 489 |
| 1.1 | Motivation für diesen Beitrag | 459 | 4.3 | Zusammensetzung und Rezepturen | 489 |
| 1.2 | Was ist Textilbeton? | 459 | 4.4 | Prüfung von Frischbeton und Festbeton | 490 |
| 1.3 | Textilbeton ist kein Faserbeton | 461 | 4.5 | Eigenschaften | 491 |
| 1.4 | Textilbeton ist miniaturisierter Stahlbeton | 461 | 4.6 | Bezugsmöglichkeiten | 492 |
| 1.5 | Potenzial als Verstärkungsmaterial | 462 | 5 | Herstellen von Textilbeton | 492 |
| 2 | Fasermaterialien für textile Bewehrungen | 463 | 5.1 | Allgemeines | 492 |
| 2.1 | Begriffe | 463 | 5.2 | Laminieren | 493 |
| 2.2 | Anforderungen und Auswahlkriterien | 465 | 5.3 | Spritzen oder Sprühen | 493 |
| 2.3 | Überblick Fasermaterialien | 466 | 5.4 | Injektion | 495 |
| 2.4 | AR-Glas | 469 | 6 | Eigenschaften von Textilbeton | 496 |
| 2.4.1 | Herstellung | 469 | 6.1 | Tragverhalten Allgemein | 496 |
| 2.4.2 | Eigenschaften | 471 | 6.2 | Verbundmechanismus | 497 |
| 2.5 | Carbon | 473 | 6.3 | Festigkeit und Bruchdehnung | 499 |
| 2.5.1 | Herstellung | 473 | 6.4 | Dauerhaftigkeit und Alterung | 501 |
| 2.5.2 | Eigenschaften | 474 | 6.5 | Dauerstandfestigkeit | 504 |
| 2.6 | Zusammenfassung | 477 | 6.6 | Zeit- und Dauerschwingfestigkeit | 504 |
| 3 | Textile Bewehrungen | 477 | 6.7 | Brandwiderstand | 504 |
| 3.1 | Begriffe | 477 | 6.8 | Zusammenfassung | 505 |
| 3.2 | Anforderungen an textile Bewehrungen und deren Herstellungsverfahren | 478 | 7 | Verstärkungen aus Textilbeton | 505 |
| 3.3 | Überblick zu Verfahren und Beispiele | 481 | 7.1 | Allgemeines | 505 |
| 3.4 | Strukturverfestigung | 484 | 7.2 | Verbund zwischen Altbeton und Verstärkungsschicht | 507 |
| 3.5 | Bezugsmöglichkeiten | 485 | 7.2.1 | Versagensmechanismen | 507 |
| 3.5.1 | Lieferprogramm Textilien | 485 | 7.2.2 | Nachweisführung | 509 |
| 3.5.2 | Kosten | 485 | 7.3 | Biegeverstärkung | 512 |
| 3.5.3 | Adressen | 488 | 7.3.1 | Verstärkungsaufgabe | 512 |
| 4 | Feinbeton | 488 | 7.3.2 | Tragverhalten | 512 |
| 4.1 | Definition | 488 | 7.3.3 | Bemessung/Nachweisführung | 518 |
| | | | 7.3.4 | Interaktion von Stahl- und Textilbewehrung | 520 |
| | | | 7.3.5 | Langzeitverhalten | 521 |

| | | | | | |
|----------|--|------------|-----------|--|------------|
| 7.3.6 | Brandverhalten und Brandwiderstand | 521 | 8.7.3 | Zustimmung im Einzelfall (ZiE) . . . | 541 |
| 7.4 | Querkraftverstärkung | 522 | 8.8 | Anwendungsbeispiel Verstärkung einer Hyparschale | 544 |
| 7.4.1 | Verstärkungsaufgabe | 522 | 8.8.1 | Beschreibung des Bauwerks | 544 |
| 7.4.2 | Tragverhalten | 523 | 8.8.2 | Statische Analyse und Verstärkungsbedarf | 545 |
| 7.4.3 | Bemessung | 527 | 8.8.3 | Bemessung der Verstärkung | 546 |
| 7.5 | Normalkraftverstärkung | 527 | 8.8.4 | Ausführung der Verstärkungs- arbeiten | 547 |
| 7.5.1 | Verstärkungsaufgabe | 527 | 8.9 | Anwendungsbeispiel Verstärkung einer Tonnenschale | 548 |
| 7.5.2 | Tragverhalten | 528 | 8.9.1 | Beschreibung des Bauwerks | 548 |
| 7.5.3 | Bemessungsvorschlag | 530 | 8.9.2 | Statische Analyse und Verstärkungsaufgabe | 548 |
| 7.6 | Torsionsverstärkung | 530 | 8.9.3 | Bemessung der Verstärkung | 549 |
| 7.6.1 | Verstärkungsaufgabe | 530 | 8.9.4 | Ausführung der Verstärkung | 550 |
| 7.6.2 | Tragverhalten | 530 | | | |
| 7.6.3 | Bemessungsvorschlag | 532 | | | |
| 7.7 | Zusammenfassung | 533 | | | |
| 8 | Herstellung von Verstärkungen aus Textilbeton | 534 | 9 | Vergleich mit alternativen Verstärkungsmethoden | 551 |
| 8.1 | Allgemeines | 534 | 9.1 | Allgemeines | 551 |
| 8.2 | Untergrundvorbereitung | 534 | 9.2 | Spritzbeton | 551 |
| 8.3 | Ausführung | 535 | 9.3 | Geklebte Bewehrungen | 552 |
| 8.4 | Konstruktionsregeln für Textilbeton | 537 | 9.4 | Externe Vorspannung | 553 |
| 8.4.1 | Betondeckung | 537 | 9.5 | Technischer Vergleich | 553 |
| 8.4.2 | Mindest- und Höchstdicken | 538 | 9.6 | Wirtschaftlicher Vergleich | 556 |
| 8.4.3 | Verankerungslängen | 538 | 10 | Zusammenfassung | 558 |
| 8.4.4 | Bewehrungsstöße | 539 | 10.1 | Gegenwärtige Situation | 558 |
| 8.5 | Nachbehandlung | 539 | 10.2 | Ausblick | 559 |
| 8.6 | Überwachung und Qualitätskontrolle | 539 | 10.3 | Weiterführende Literatur | 559 |
| 8.7 | Rechtsgrundlagen für die Anwendung | 540 | 10.4 | Ansprechpartner | 559 |
| 8.7.1 | Normen und Regelwerke | 540 | 11 | Danksagung | 560 |
| 8.7.2 | Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (abZ) | 541 | 12 | Literatur | 560 |

| | |
|---------------------------------------|------------|
| Stichwortverzeichnis | 567 |
|---------------------------------------|------------|