

|  |   |           |  |
|--|---|-----------|--|
| <b>Inhalt</b>                            |   |           |  |
| <b>Vorwort</b>                           |   |           |  |
| <b>Aufstellung der Kapitelbearbeiter</b> |   |           |  |
| <b>1</b>                                 | <b>Einführung und Zielsetzung</b>   | <b>5</b>  |  |
| <b>2</b>                                 | <b>Konzeption und Durchführung</b>  | <b>7</b>  |  |
| 2.1                                      | Allgemeines   | 7         |  |
| 2.2                                      | Herstellung und Überprüfung der Versuchskörper                                  | 7         |  |
| 2.2.1                                    | Anforderungen an die Versuchskörper   | 7         |  |
| 2.2.2                                    | Voruntersuchungen   | 8         |  |
| 2.2.3                                    | Versuchskörper  | 10        |  |
| 2.2.4                                    | Ortung der Bewehrung  | 16        |  |
| 2.2.5                                    | Ergebnisse der Feuchtemessungen   | 16        |  |
| 2.2.6                                    | Verifizierung der Fehlstellen durch zerstörende Prüfung                         | 17        |  |
| 2.3                                      | Methodisches Vorgehen und Arbeitsplan   | 20        |  |
| <b>3</b>                                 | <b>Impakt-Echo Untersuchungen mit manuellem Messgerät (Uni Karlsruhe)</b>       | <b>21</b> |  |
| 3.1                                      | Beschreibung des Impakt-Echo-Verfahrens   | 21        |  |
| 3.1.1                                    | Grundprinzip und Messapparatur  | 21        |  |
| 3.1.2                                    | Frequenzspektrum und Kontaktzeit bei elastischem Impakt                         | 23        |  |
| 3.1.3                                    | Auflösung im Frequenzbereich  | 24        |  |
| 3.1.4                                    | Größe und Tiefenlage von Fehlstellen  | 24        |  |
| 3.2                                      | Durchführung der Messungen  | 25        |  |
| 3.2.1                                    | Theoretische Ableitung der Messgrenzen  | 25        |  |
| 3.2.2                                    | Voruntersuchungen mit Impakt-Echo   | 26        |  |
| 3.2.3                                    | Messgerät und Geräteeinstellungen   | 27        |  |
| 3.2.4                                    | Ablauf der Messungen  | 27        |  |
| 3.3                                      | Ergebnisse der Messungen  | 28        |  |
| 3.3.1                                    | Auswerteverfahren   | 28        |  |
| 3.3.2                                    | Messergebnisse am Probekörper Ia  | 28        |  |
| 3.3.3                                    | Messergebnisse am Probekörper Ib  | 31        |  |
| 3.3.4                                    | Messergebnisse am Probekörper IIa   | 32        |  |
| 3.3.5                                    | Messergebnisse am Probekörper IIb   | 33        |  |
| 3.3.6                                    | Messergebnisse am Probekörper III   | 33        |  |
| 3.3.7                                    | Messergebnisse am Probekörper IV  | 35        |  |
| 3.4                                      | Folgerungen für die Praxis  | 36        |  |
| 3.4.1                                    | Größe, Lage und Art der Fehlstellen   | 36        |  |
| 3.4.2                                    | Einfluss des Betonalters  | 37        |  |
| 3.4.3                                    | Einfluss der Betongüte  | 37        |  |
| 3.4.4                                    | Einfluss des Feuchtegehalts   | 37        |  |
| 3.4.5                                    | Einfluss der Bewehrung  | 37        |  |
| 3.4.6                                    | Anwendungsempfehlung  | 37        |  |
| 3.5                                      | Literatur   | 37        |  |
| <b>4</b>                                 | <b>Automatisiertes Impakt-Echo mit B- und C-Bild Darstellungen (BAM Berlin)</b> | <b>38</b> |  |
| 4.1                                      | Prinzip des Verfahrens  | 38        |  |
| 4.2                                      | Aufgabenstellung und daraus abzuleitende Grenzen des Verfahrens                 | 39        |  |
| 4.3                                      | Durchführung der Messungen  | 39        |  |
| 4.3.1                                    | Messergebnisse am Probekörper Ia  | 39        |  |
| 4.3.2                                    | Messergebnisse am Probekörper Ib  | 41        |  |
| 4.3.3                                    | Messergebnisse am Probekörper IIa   | 42        |  |
| 4.3.4                                    | Messergebnisse am Probekörper IIb   | 43        |  |
| 4.3.5                                    | Messergebnisse am Probekörper III   | 44        |  |
| 4.3.6                                    | Messergebnisse am Probekörper IV  | 45        |  |
| 4.4                                      | Folgerungen für die Praxis  | 46        |  |
| 4.4.1                                    | Einfluss des Betonalters  | 46        |  |
| 4.4.2                                    | Einfluss des Feuchtegehalts   | 46        |  |
| 4.4.3                                    | Einfluss der Bewehrung  | 46        |  |
| 4.5                                      | Literatur   | 46        |  |
| <b>5</b>                                 | <b>Ultraschallecho-Verfahren mit multistatischem Array (BAM Berlin)</b>         | <b>47</b> |  |
| 5.1                                      | Vorbemerkungen  | 47        |  |
| 5.2                                      | Prinzip des Verfahrens  | 47        |  |
| 5.3                                      | Aufgabenstellung und daraus abzuleitende Grenzen des Verfahrens                 | 49        |  |
| 5.4                                      | Durchführung der Messungen  | 49        |  |
| 5.5                                      | Ergebnisse der Ultraschall-Messungen  | 50        |  |
| 5.5.1                                    | Messergebnisse am Probekörper Ia  | 50        |  |
| 5.5.2                                    | Messergebnisse am Probekörper Ib  | 51        |  |
| 5.5.3                                    | Messergebnisse am Probekörper IIa   | 51        |  |
| 5.5.4                                    | Messergebnisse am Probekörper IIb   | 52        |  |
| 5.5.5                                    | Messergebnisse am Probekörper III   | 52        |  |
| 5.5.6                                    | Messergebnisse am Probekörper IV  | 53        |  |
| 5.5.7                                    | 3D-Rekonstruktion   | 53        |  |
| 5.6                                      | Folgerungen für die Praxis  | 56        |  |
| 5.6.1                                    | Einfluss des Betonalters  | 56        |  |
| 5.6.2                                    | Einfluss des Feuchtegehalts   | 56        |  |
| 5.6.3                                    | Einfluss der Bewehrung  | 56        |  |
| 5.7                                      | Literatur   | 56        |  |

|          |   |           |          |   |           |
|----------|---|-----------|----------|---|-----------|
| <b>6</b> | <b>Impuls-Thermografie (BAM Berlin)</b>                         | <b>57</b> | 7.3.1    | Messergebnisse am Probekörper Ia                                | 76        |
| 6.1      | Prinzip des Verfahrens  | 57        | 7.3.2    | Messergebnisse am Probekörper Ib                                | 77        |
| 6.2      | Aufgabenstellung und daraus abzuleitende Grenzen des Verfahrens | 58        | 7.3.3    | Messergebnisse am Probekörper IIa                               | 78        |
| 6.3      | Durchführung der Messungen                                      | 58        | 7.3.4    | Messergebnisse am Probekörper IIb                               | 79        |
| 6.3.1    | Messergebnisse am Probekörper Ia                                | 59        | 7.3.5    | Messergebnisse am Probekörper III                               | 80        |
| 6.3.2    | Messergebnisse am Probekörper Ib                                | 61        | 7.3.6    | Messergebnisse am Probekörper IV                                | 81        |
| 6.3.3    | Messergebnisse am Probekörper IIa                               | 63        | 7.4      | Folgerungen für die Praxis                                      | 82        |
| 6.3.4    | Messergebnisse am Probekörper IIb                               | 65        | 7.4.1    | Einfluss des Betonalters  | 82        |
| 6.3.5    | Messergebnisse am Probekörper III                               | 67        | 7.4.2    | Einfluss des Feuchtegehaltes                                    | 82        |
| 6.3.6    | Messergebnisse am Probekörper IV                                | 69        | 7.4.3    | Einfluss der Bewehrung  | 82        |
| 6.4      | Folgerungen für die Praxis                                      | 71        | 7.5      | Literatur   | 82        |
| 6.4.1    | Einfluss des Betonalters  | 71        | <b>8</b> | <b>Vergleichende Übersicht, Nutzen der erzielten Ergebnisse</b> | <b>83</b> |
| 6.4.2    | Einfluss des Feuchtegehaltes                                    | 71        | 8.1      | Manuelles Impakt-Echo   | 84        |
| 6.4.3    | Einfluss der Bewehrung  | 71        | 8.2      | Automatisiertes Impakt-Echo                                     | 84        |
| 6.5      | Literatur   | 71        | 8.3      | Ultraschall-Echo  | 85        |
| <b>7</b> | <b>Radar (BAM Berlin)</b>                                       | <b>73</b> | 8.4      | Impuls-Thermografie   | 85        |
| 7.1      | Prinzip des Verfahrens  | 73        | 8.5      | Radar   | 86        |
| 7.2      | Aufgabenstellung und daraus abzuleitende Grenzen des Verfahrens | 75        | 8.6      | Schlussfolgerungen  | 86        |
| 7.3      | Durchführung der Messungen                                      | 75        | <b>9</b> | <b>Zusammenfassung</b>  | <b>88</b> |