

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----------|
| I | Allgemeine Grundlagen | 12 |
| 1 | Einleitung | 13 |
| 2 | Ermüdungsfestigkeit genieteter Bauteile | 15 |
| 2.1 | Geschichtlicher Rückblick | 15 |
| 2.2 | Werkstoffermüdung | 17 |
| 2.2.1 | Ursachen der Werkstoffermüdung | 17 |
| 2.2.2 | Verhalten bei dynamischer Beanspruchung | 19 |
| 2.3 | Ermittlung von Wöhlerlinien durch statistische Auswertung | 20 |
| 2.3.1 | Lineare Hypothese der Schadensakkumulation | 23 |
| 2.4 | Berechnung von Lastkollektiven aus den Betriebsspannungen | 24 |
| 2.4.1 | Reservoir-Methode | 24 |
| 2.4.2 | Rainflow-Methode | 25 |
| 3 | Restnutzungsdauernachweise für genietete Eisenbahnbrücken | 27 |
| 3.1 | Lastmodell UIC 71 | 28 |
| 3.2 | Restnutzungsdauernachweis für nicht geschweißte stählerne Eisenbahnbrücken (RL 805) der Deutschen Bahn AG | 29 |
| 3.2.1 | Schritt 1: Ermittlung des ermüdungsrelevanten Belastbarkeitswertes | 30 |
| 3.2.2 | Schritt 2: Ermittlung des Gesamtschadens der Vergangenheit für das Bezugsjahr 1876 | 33 |
| 3.2.3 | Schritt 3: Ermittlung der Schadenssumme der Vergangenheit | 34 |
| 3.2.4 | Schritt 4: Ermittlung der Restlebensdauer R (in Jahren) | 37 |
| 3.3 | Richtlinie nach ONR 24008:2006-12-01 | 39 |
| 3.3.1 | Zuweisung verschiedener Konstruktionsdetails zu Kerbfallkategorien en lt. [1] | 41 |
| 3.3.2 | Untere Grenzwerte der Gleitkräfte pro Scherfuge der Niete lt. [1] . | 43 |
| 3.3.3 | Mittelspannungs-Abhängigkeit der Ermüdungsfestigkeit | 44 |
| 3.3.4 | Erläuterung des Berechnungsvorganges in 4 Schritten | 45 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 3.3.4.1 | Schritt 1: Ermittlung des ermüdungsrelevanten Belastbarkeitswertes | 46 |
| 3.3.4.2 | Schritt 2: Ermittlung des Gesamtschadens der Vergangenheit für das Bezugsjahr 1876 | 48 |
| 3.3.4.3 | Schritt 3: Ermittlung der Schadenssumme der Vergangenheit | 48 |
| 3.3.4.4 | Schritt 4: Ermittlung der Restnutzungsdauer \mathbf{R} (in Jahren) | 48 |
| 3.4 | Richtlinie für die Beurteilung von genieteten Eisenbahnbrücken der SBB | 49 |
| 3.4.1 | Grundlagen und Vorgehen bei der Ermüdungsberechnung | 49 |
| 3.4.2 | Betriebslastfaktor λ | 51 |
| 3.4.2.1 | Vergleich der Faktoren λ und α | 53 |
| 3.4.3 | Vereinfachte Berechnungsmethode für die Praxis | 56 |
| 3.4.4 | Bestimmung der Ermüdungssicherheit für den aktuellen Zustand der Brücke | 58 |
| 3.4.5 | Bestimmung der Restnutzungsdauer | 60 |
| 3.5 | Zusammenfassung der Einflussgrößen der Richtlinien | 62 |
| 4 | Zusammenfassung der Ergebnisse | 63 |
| | | |
| II | Beispiele | 69 |
| | | |
| 5 | Beispiel 1: Brücke der Gürtellinie in KM 1,350 | 70 |
| 5.1 | Geschichte der Brücke | 70 |
| 5.2 | Beschreibung der Brücke | 71 |
| 5.3 | Materialeigenschaften | 74 |
| 5.4 | Verwendete Querschnitte | 75 |
| 5.5 | Statisches Modell der Brücke | 78 |
| 5.5.1 | Stabmodell der Brücke | 78 |
| 5.6 | Überprüfung der Modellbildung anhand der originalen Statik | 79 |
| 5.7 | Statischer Nachweis | 85 |
| 5.7.1 | Untergurt | 86 |
| 5.7.2 | Zugdiagonale | 89 |
| 5.7.3 | Querträger | 94 |
| 5.7.4 | Schwellenträger | 97 |
| 5.8 | Ermüdungsberechnung | 101 |
| 5.8.1 | Spannungsermittlung | 101 |
| 5.8.2 | Ermüdungsberechnung für den Untergurt | 102 |
| 5.8.2.1 | Restnutzungsdauer nach RL 805 der DB | 103 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 5.8.2.2 | Restnutzungsdauer nach RL ONR 24008 für $\gamma_{MF} = 1,10$ | 108 |
| 5.8.2.3 | Restnutzungsdauer nach RL ONR 24008 für $\gamma_{MF} = 1,00$ | 116 |
| 5.8.2.4 | Restnutzungsdauer nach RL der SBB | 117 |
| 5.8.3 | Ermüdungsberechnung für die Zugdiagonale | 121 |
| 5.8.3.1 | Restnutzungsdauer nach RL 805 der DB | 122 |
| 5.8.3.2 | Restnutzungsdauer nach RL ONR 24008 für $\gamma_{MF} = 1,10$ | 123 |
| 5.8.3.3 | Restnutzungsdauer nach RL ONR 24008 für $\gamma_{MF} = 1,00$ | 124 |
| 5.8.3.4 | Restnutzungsdauer nach RL der SBB | 125 |
| 5.8.4 | Ermüdungsberechnung für den Querträger | 126 |
| 5.8.4.1 | Restnutzungsdauer nach RL 805 der DB | 127 |
| 5.8.4.2 | Restnutzungsdauer nach RL ONR 24008 für $\gamma_{MF} = 1,10$ | 128 |
| 5.8.4.3 | Restnutzungsdauer nach RL ONR 24008 für $\gamma_{MF} = 1,00$ | 129 |
| 5.8.4.4 | Restnutzungsdauer nach RL der SBB | 130 |
| 5.8.5 | Ermüdungsberechnung für den Schwellenträger | 131 |
| 5.8.5.1 | Restnutzungsdauer nach RL 805 der DB | 132 |
| 5.8.5.2 | Restnutzungsdauer nach RL ONR 24008 für $\gamma_{MF} = 1,10$ | 133 |
| 5.8.5.3 | Restnutzungsdauer nach RL ONR 24008 für $\gamma_{MF} = 1,00$ | 134 |
| 5.8.5.4 | Restnutzungsdauer nach RL der SBB | 135 |
| 5.9 | Zusammenfassung für die Brücke der Gürtellinie in KM 1,350 | 136 |

6 Beispiel 2: Brücke der Mühlkreisbahn in KM 55,988 138

| | | |
|---------|--|-----|
| 6.1 | Geschichte der Brücke | 138 |
| 6.2 | Beschreibung der Brücke | 139 |
| 6.3 | Statisches Modell der Brücke | 142 |
| 6.4 | Ermüdungsberechnung | 143 |
| 6.4.1 | Ermüdungsberechnung für den zweiten Querträger | 143 |
| 6.4.1.1 | Restnutzungsdauer nach RL 805 der DB | 144 |
| 6.4.1.2 | Restnutzungsdauer nach RL ONR 24008 für $\gamma_{MF} = 1,10$ | 145 |
| 6.4.1.3 | Restnutzungsdauer nach RL ONR 24008 für $\gamma_{MF} = 1,00$ | 146 |
| 6.4.1.4 | Restnutzungsdauer nach RL der SBB | 147 |
| 6.4.2 | Ermüdungsberechnung für den Hauptträger in Brückenmitte | 148 |
| 6.4.2.1 | Restnutzungsdauer nach RL 805 der DB | 149 |
| 6.4.2.2 | Restnutzungsdauer nach RL ONR 24008 für $\gamma_{MF} = 1,10$ | 150 |
| 6.4.2.3 | Restnutzungsdauer nach RL ONR 24008 für $\gamma_{MF} = 1,00$ | 151 |
| 6.4.2.4 | Restnutzungsdauer nach RL der SBB | 152 |
| 6.4.3 | Ermüdungsberechnung für den Schwellenträger | 153 |
| 6.4.3.1 | Restnutzungsdauer nach RL 805 der DB | 154 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 6.4.3.2 | Restnutzungsdauer nach RL ONR 24008 für $\gamma_{MF} = 1,10$ | 155 |
| 6.4.3.3 | Restnutzungsdauer nach RL ONR 24008 für $\gamma_{MF} = 1,00$ | 156 |
| 6.4.3.4 | Restnutzungsdauer nach RL der SBB | 157 |
| 6.5 | Zusammenfassung für die Brücke der Mühlkreisbahn in KM 55,988 | 158 |
| 7 | Beispiel 3: Brücke der Mühlkreisbahn in KM 38,319 | 159 |
| 7.1 | Geschichte der Brücke | 159 |
| 7.2 | Beschreibung der Brücke | 159 |
| 7.3 | Statisches Modell der Brücke | 162 |
| 7.4 | Ermüdungsberechnung des Hauptträgers | 163 |
| 7.4.1 | Ermüdungsberechnung für den Hauptträger nach RL 805, RL ONR 24008 und RL der SBB | 163 |
| 7.4.1.1 | Restnutzungsdauer nach RL 805 der DB | 164 |
| 7.4.1.2 | Restnutzungsdauer nach RL ONR 24008 für $\gamma_{MF} = 1,10$ | 165 |
| 7.4.1.3 | Restnutzungsdauer nach RL ONR 24008 für $\gamma_{MF} = 1,00$ | 166 |
| 7.4.1.4 | Restnutzungsdauer nach RL der SBB | 167 |
| 7.4.2 | Ermüdungsberechnung für den Hauptträger nach linearer Schadensakkumulation | 168 |
| 7.4.2.1 | Lastmodelle | 168 |
| 7.4.2.2 | Ermittlung von Spannungskollektiven und Schadensakkumulation | 170 |
| 7.5 | Zusammenfassung für die Brücke der Mühlkreisbahn in KM 38,319 | 174 |
| III | Ermüdungsberechnung für die Wiener Linien | 175 |
| 8 | Ermüdungsnachweis für die Brücke der Gürtellinie KM 1,350 | 176 |
| 8.1 | Einleitung | 176 |
| 8.1.1 | Methodik | 176 |
| 8.1.2 | Materialeigenschaften | 178 |
| 8.2 | Belastungszüge und Zugfrequenzen für die Untersuchung der Betriebsfestigkeit | 178 |
| 8.2.1 | Zeitraum von 1898 bis 1925: Dampfbetrieb | 179 |
| 8.2.2 | Zeitraum von 1925 bis 1980: 1. Periode des elektrischen Betriebes | 182 |
| 8.2.3 | Zeitraum von 1980 bis heute: 2. Periode des elektrischen Betriebes | 184 |
| 8.3 | Ermittlung von Spannungskollektiven und Schadensakkumulation | 187 |
| 8.3.1 | Auswertung für den Untergurt | 190 |
| 8.3.2 | Auswertung für die Zugdiagonale | 197 |

| | | |
|---|--|----------------|
| 8.3.3 | Auswertung für den Querträger | 203 |
| 8.3.4 | Auswertung für den Schwellenträger | 212 |
| 8.3.5 | Gegenüberstellung der Schadensakkumulation | 220 |
| 8.4 | Schlussfolgerung | 220 |
| Literaturverzeichnis | | 227 |
| Abbildungsverzeichnis | | 231 |
| Tabellenverzeichnis | | 237 |
| A Modellbildung der Brückentragwerke | | 240 |
| A.1 | Grundlagen | 240 |
| A.2 | Querschnittsberechnung | 241 |
| A.3 | Stabmodell der Brücke | 241 |
| A.3.1 | Querträger | 245 |
| B Verwendete Lastmodelle | | 247 |
| C Tabellen für den Betriebslastfaktoren λ | | 252 |