Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis X
1 Einleitung 1
2 Die Glocke – Form und Material 3
2.1 Geschichte der Glocke 3
2.2 Aufbau und Material der Glocke 5
2.3 Herstellung von Glocken 6
2.3.1 Das Lehmformverfahren 6
2.3.2 Das Sandformverfahren 9
3 Der Glockenklang 11
3.1 Die Töne der Glocke 11
3.2 Der Schlagton 14
3.3 Das Schwingverhalten der Glocke 15
3.3.1 Geschichtlicher Exkurs 15
3.3.2 Die Eigenformen der Glocke 17
3.3.3 Modensplitting 20
3.4 Dämpfungseigenschaften der Glocke 22
4 Die läutende Glocke und ihre Schadensrisiken 25
4.1 Das System Glocke 26
4.2 Der Klöppel – Form und Material 27
4.3 Klöppelmaterial und Glockenverschleiß 30
4.4 Die Dynamik des Glockenläutens 31
4.5 Der Klöppelanschlag 32
4.6 Die Lebensdauer läutender Glocken 34
4.7 Das Drehen von Glocken als lebensdauerverlängernde Maßnahme 40
4.8 Schäden an Glocken und ihre Erkennung 42
4.8.1 Farbeindringverfahren 43
4.8.2 Wirbelstromverfahren 44
4.8.3 Ultraschallprüfung 45
4.8.4 Röntgenprüfung 45

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

4.8.5 Akustisches Resonanzverfahren 46
5 Erarbeitung einer zuverlässigen Schadensdiagnose am Modell 49
5.1 Modalanalyse am Glockenmodell 51
5.2 Simulation von Fehlstellen und Ungänzen der Fertigung 53
5.2.1 Unrundheit 53
5.2.2 Gussfehler 55
5.3 Simulation der Glockenzier 57
5.4 Simulation von Schäden durch Abnutzung und Verschleiß 60
5.4.1 Verschleiß am Schlagring 60
5.4.2 Verschleiß unterhalb des Schlagrings 62
5.4.3 Zusammenfassung Verschleiß 64
5.5 Simulation von Ermüdungsrissen 64
5.6 Bewertung der Ergebnisse der numerischen Modalanalyse 67
6 Messtechnische Erfassung und Auswertung des Schwingverhaltens von Glocken über den Klang 71
6.1 Stimmgabeln und gehörsmäßige Beurteilung 72
6.2 Klangmessungen an der ruhenden Glocke 73
6.2.1 Verfahren zur Auswertung der Frequenzen und des Abklingverhaltens 74
6.2.2 Analyse des Modensplittings durch Klangmessungen über den Umfang der Glocke 75
6.2.3 Ermittlung der Knotenkreise der Eigenformen einer Glocke 79
6.3 Klangmessungen an der läutenden Glocke 80
6.3.1 Einfluss der Schallabstrahlung und Raumakustik 81
6.3.2 Einfluss des Dopplereffekts 85
7 Verifikation der Schadensdiagnose an Glocken 89
7.1 Einfluss der Oberflächenbeschaffenheit 89
7.2 Glocken mit Schlagverschleiß 91
7.3 Glocke mit vertikaler Trennfläche (Schnitt) 100
7.4 Glocke mit geschweißtem vertikalen Riss 105
7.5 Bewertung der Analysen des Klangs ruhender Glocken 109
8 Schadensdiagnose an läutenden Glocken 113
8.1 Glocke mit wachsendem Ermüdungsriss 114

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

8.2 Einfluss der Umweltbedingungen auf den Klang läutender Glocken 118
8.3 Bewertung der Analysen des Klangs läutender Glocken 121
9 Der musikalische Fingerabdruck von Glocken 123
9.1 Parameter des musikalischen Fingerabdrucks zur Früherkennung von Schäden 123
9.2 Vorschlag eines Verfahrens zur Schadensdiagnose an Glocken 125
10 Ausblick 127
Literaturverzeichnis 129

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.