



Michael Plitzner (Autor)

# Der musikalische Fingerabdruck von Glocken als Mittel zur Schadensfrüherkennung



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/7043>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: [info@cuvillier.de](mailto:info@cuvillier.de), Website: <https://cuvillier.de>

## 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 lebensdauererlöndernde 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



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 Ungängen 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 gehörmäßige 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

---

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