

# 1 Einleitung

## *Introduction*

In der Regel beginnen ingenieurwissenschaftliche Dissertationsschriften mit der Einordnung des Dissertationsthemas in das große Ganze, meist mit der Relevanz des ausgewählten Themas für den Wirtschaftsstandort Deutschland. Eine solche Relevanz abzuleiten fällt beim Thema der Dämpfung in Wälzlagern jedoch schwer und falls sie vorhanden ist, so ist sie verschwindend gering. Aus ingenieurwissenschaftlicher Sicht ist sie jedoch durchaus ein relevantes Thema, was nicht zuletzt dadurch deutlich wird, dass Heerscharen von Berechnungsingenieuren und -ingenieurinnen verlässliche Dämpfungswerte für die Simulation von dynamischen Systemen fehlen und dies in der praktischen Anwendung der Simulationstechnik auch eine der größten Unsicherheiten bei der quantitativen Bewertung schwingungstechnischer Systeme ist. Auch die seit den 1980er Jahren immer wieder neu initiierten Forschungsprojekte, mit der Zielsetzung, Dämpfungswerte für verschiedenste Arten von Maschinenelementen und Fügestellen zu berechnen, experimentell zu bestimmen oder abzuschätzen, bestätigen das weiterhin bestehende Interesse an diesem Themenkomplex.

Für bestimmte Maschinenelemente, beispielsweise Gleitlager, sind diese Vorhaben gelungen und es bestehen mittlerweile hinreichend verlässliche Modelle zur Abschätzung der Dämpfung. Für andere Maschinenelemente hingegen müssen sich Ingenieure und Ingenieurinnen weiterhin zu großen Teilen auf Erfahrungswerte verlassen, die teils zu guten, teils zu weniger guten Ergebnissen führen. Eines dieser Maschinenelemente ist das Wälzlager, für das es aufgrund komplexer physikalischer Zusammenhänge und sehr großer möglicher Betriebsbereiche nach wie vor offene Fragen zu beantworten gilt. Eine dieser Fragen ist die nach dem Dämpfungsverhalten, zu dem bisher nur sehr wenige Publikationen existieren. Im Bereich hoher bis höchster Drehzahlen gibt es bisher überhaupt keine Erkenntnisse zu diesem Thema. Ein weiteres Problem in diesem Kontext ist auch die stetige Weiterentwicklung von Maschinenelementen, die grundsätzlich natürlich zu begrüßen ist, jedoch nach ein paar Jahren dazu führt, dass Untersuchungen die zum Zeitpunkt der Entstehung dem Stand der Technik entsprechen, schnell an Aktualität verlieren. Demnach ist auch nach der Entwicklung funktionierender Modelle stetig zu überprüfen, ob diese für erweiterte Betriebsbereiche weiterhin gültig sind. Diese Problematik fällt bei der Behandlung von Wälzlagern besonders ins Gewicht, da sich durch Entwicklungen

in der Werkstoff- und Schmierungstechnik die realisierbaren Leistungsdichten zum Teil deutlich gesteigert haben.

Eine weitere Motivation für diese Arbeit ist, dass es zwar an komplexen Modellen nicht fehlt, vielmehr jedoch an der Verfügbarkeit einfacher Modelle, die keine besonders hohe Rechenleistung erfordern und die sich einfach in bestehende Systemmodelle integrieren lassen. Hier ist es vor allem Aufgabe der universitären Forschung, komplexes Fachwissen in vereinfachte Modelle zu überführen, den Industrieunternehmen für die praktische Anwendung zur Verfügung zu stellen und in beratender Funktion die Umsetzung zu begleiten.

Aus den oben genannten Gründen leistet diese Arbeit einen Beitrag zum Verständnis der wirkenden Dämpfungseffekte in Wälzlagern, zu den Möglichkeiten von und den Anforderungen an deren Modellierung sowie zu Ansätzen, diese experimentell zu überprüfen. Das Ziel ist es, ein aussagekräftiges und in seiner Anwendung möglichst einfaches Dämpfungsmodell bereitzustellen, zu analysieren und seine Eignung für die praktische Anwendung zu bestätigen.

## Introduction

As a rule, engineering dissertation papers begin by placing the dissertation topic in the "big picture", usually with the relevance of the selected topic for Germany as a business location. However, it is difficult to derive such relevance for the topic of damping in rolling bearings, and if it exists, it is vanishingly small. From an engineering point of view, however, it is certainly a relevant topic, which is made clear not least by the fact that legions of calculation engineers lack reliable damping values for the simulation of dynamic systems and that in the practical application of simulation technology this is also one of the major uncertainties in the quantitative evaluation of vibration engineering systems. The research projects initiated since the 1980s with the aim of calculating, experimentally determining or estimating damping values for various types of machine elements and joints also confirm the continuing interest in this field of topics.

For certain machine elements, such as plain bearings, these projects have been successful and reliable models for estimating damping are now available. For other machine elements, however, engineers still have to rely to a large extent on empirical values, which sometimes lead to good results but also to those of lower quality. One of these machine elements is the rolling bearing, for which there are still open questions to be answered due to complex physical relationships and very large possible operating ranges. One of these questions is that of damping behavior, on which very few publications exist to date. In the range of high to very high speeds, there is as yet no knowledge at all on this subject. Another problem in this context is the constant further development of machine elements, which is of course to be welcomed in principle, but after a few years leads to the fact that investigations which correspond to the latest state of the art at the time of their development quickly lose their actuality. Accordingly, even after the development of functioning models, it must be constantly checked whether they are still valid for extended operating ranges. This problem is particularly important in the treatment of rolling bearings, since developments in materials and lubrication technology have significantly increased the achievable power densities in some cases.

Another motivation for this work is that, while there is no lack of complex models, there is rather a lack of availability of simple models that do not require particularly high computing power

and that can be easily integrated into existing system models. Here, it is primarily the task of university research to transfer complex expertise into simplified models, to make them available to industrial companies for practical application, and to accompany their implementation in an advisory capacity.

For the reasons mentioned above, this work contributes to the understanding of the damping effects acting in rolling bearings, to the possibilities of and the requirements for their modeling, and to approaches to verify them experimentally. The aim is to provide and analyze a meaningful damping model that is as simple as possible in its application and to confirm its suitability for practical use.