

## Kurzfassung

---

Diese Diplomarbeit beschäftigt sich mit der numerische Berechnung der Schwingungsantwort von Sekundärstrukturen (Gebäudeausrüstung, Einbauten). Dabei stellen Sekundärstrukturen jene Teile eines Bauwerks dar, welche nicht der Lastabtragung dienen. Aufgrund der dynamischen Anregung können bei einem Erdbebenereignis die Schwingungsantworten der Sekundärstruktur unter ungünstigen Bedingungen sehr groß werden. Erfährt die Gebäudeausrüstung eine zu große Schwingungsantwort, stellt diese ein gewisses Sicherheitsrisiko dar. Beispiele dafür sind abgehängte Decken, welche im Zuge von Wiederherstellungsarbeiten nach einem Erdbebenereignis plötzlich versagen können, oder nicht funktionstüchtige Gebäudeausrüstungen in Krankenhäusern.

Die Schwingungsantwort der Komponente kann vereinfacht unter der Voraussetzung linear elastischen Materialverhaltens der Hauptstruktur oder unter Vernachlässigung des Einflusses der Kopplung zwischen Einbau und Tragwerk ermittelt werden. Diese Näherungen approximieren die tatsächliche Erdbebenantwort jedoch nicht hinreichend genau – die Sekundärelemente würden überdimensioniert werden.

In dieser Arbeit wird gezeigt, wie Systeme mit mehreren dynamischen Lagekoordinaten und gekoppelter Sekundärstruktur mittels Zweimassenschwingern abgebildet werden können.

Das innovative Potenzial dieser Arbeit besteht in der Einführung von periodenabhängigen Partizipationsfaktoren für die modale Superposition. Dadurch können die Schwingungsantworten von ebenen Rahmentragwerken mittels Zweimassenschwingern mit einer für das Bauwesen hinreichenden Genauigkeit approximiert werden. Es ist somit möglich, die Bauwerkskomponenten und deren Kopplung an das Haupttragwerk ressourcenschonender bzw. nachhaltiger zu konstruieren.

Trotz fortgeschrittener Computertechnologie, welche heute in nahezu jedem Ingenieurbüro Einzug gehalten hat, ist es dem entwerfenden Ingenieur nicht zumutbar Zeitverlaufsberechnungen anzustellen. Für praktische Einsätze ist es deshalb notwendig in Zukunft Entwurfsspektren für Sekundärstrukturen aus Antwortspektren abzuleiten. Eine hinsichtlich der Rechenzeit vernünftige Möglichkeit Antwortspektren zu ermitteln ist, wie in der Arbeit gezeigt wird, die Abbildung von Hauptstruktur und Sekundärelement anhand von Zweimassenschwingern.

Der Vorteil, welcher das Ingenieurbüro FCP aus dieser Arbeit ziehen kann, liegt auf der Hand. Durch die Näherung können Sekundärelemente wirtschaftlicher ausgelegt werden. Berechnungen an entkoppelten Systemen oder die Voraussetzung linear elastischen Materialverhaltens der Hauptstruktur, haben konservative Lösungen zur Folge. Aufgrund der Anwendung von aktuellem Know-How besteht zum Einen die Möglichkeit Auftraggebern neue Lösungswege vorzuschlagen, zum Anderen setzt man sich durch die Anwendung moderner Techniken erheblich von der Konkurrenz ab.

## Abstract

---

This thesis deals with the numerical calculation of the vibration response of secondary structures (also called building equipment or fixtures). Secondary structures are parts of a building, which do not belong to the load-bearing structure. Because of the dynamic excitation as a result of an earthquake event, the vibration responses can have large amplitudes. When the building equipment experiences a very large vibration response, this represents a security risk, such as suspended ceilings, which fail in the course of restoration work after an earthquake event, or not functional building equipment in hospitals.

The vibration response of the component can be determined with the simplified assumption of linear elastic material behavior of the main structure or by neglecting the influence of the coupling effects between the component and main structure. These methods, unfortunately, approximate earthquake responses insufficiently, thus, sections of secondary elements are most of the time oversized.

In these diploma theses the approximation of the earthquake response of multi-degree-of-freedom oscillators, as structural frames, with nonstructural elements, given by two-degree-of-freedom oscillators, is described.

The innovative part of this study is the introduction of period-dependent participation factors for the modal superposition. This allows the approximation of vibration response of frame structures using two-degree-of-freedom oscillators with sufficient accuracy for the construction industry. Using this approximation makes it possible to construct the building components and their coupling elements to the main structure efficiently and sustainably.

Despite of the progress in computer technology, it takes too much time for the designing engineer to conduct time-history calculations. For practical applications it is necessary to derive design spectra for secondary structures as an additional calculation of response spectra. The computation of a response spectrum of a multi-degree-of-freedom oscillator is a time-consuming process. As shown in the diploma theses, the approximations can be done with two-degree-of-freedom oscillators and the calculated result spectrum is suitable for structural engineering.

The advantage of this study for engineers of FCP is quite obvious. Due to the approximation of two-degree-of-freedom oscillators, economic advantages can be guaranteed for the construction industry. Calculations based on decoupled systems or conditions of linear elastic material behavior of the main structure have resulted in outdated and conservative solutions. With the application of the know-how discussed in this study, it is possible to suggest new ways to calculate the dimensions of the members of the secondary structure and to accomplish a competitive advantage.