

Berichte aus dem Bauwesen

Maria Bostenaru Dan

**Wirtschaftlichkeit und Umsetzbarkeit von Gebäude-
verstärkungsmaßnahmen zur Erdbebenertüchtigung**

Grundlagen und Lösungsansatz unter besonderer
Berücksichtigung der Situation in Bukarest, Rumänien

Shaker Verlag
Aachen 2006

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Copyright Shaker Verlag 2006

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN-10: 3-8322-5727-6

ISBN-13: 978-3-8322-5727-9

ISSN 0945-067X

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Zusammenfassung

Die Reduzierung des seismischen Risikos durch die Ertüchtigung von Altbauten dient der Katastrophenvorbeugung. Die Eingriffsplanung auf Altbauten unterscheidet sich von der Neubauplanung durch eine wichtige Randbedingung: der Altbau bildet die Basis für alle Planungs- und Bauvorhaben. An der Umsetzung der Maßnahmen sind Akteure aus den Sphären der passiven Öffentlichkeit und dem Expertenbereich sowie aktive Betroffene beteiligt. Der Schwerpunkt der Arbeit liegt auf das Planungsmanagement im Expertenbereich, mit einer detaillierten Sicht auf den Entscheidungsraum zwischen Zielen, Mitteln, Nutzen und Kosten. Die Forschung wurde hauptsächlich bezogen auf die Bausubstanz in Bukarest, Rumänien, durchgeführt, aber die Korrelation mit möglichen Ergebnissen an anderen Orten, nämlich Griechenland, wurde auch in Betracht gezogen. Die Motivation wird vom Bedarf an spezifischen Ertüchtigungsmaßnahmen an historischen Bauten in Bukarest, der Hauptstadt Rumäniens gebildet. Bukarest ist von einer Mischung an Gebäuden, unterschiedlich in ihrem Tragwerk, Alter, Zustand und Maßstab, charakterisiert. Die Arbeit beschreibt die architektonischen und technischen Charakteristiken und auch die Tragwerksschäden an Bauten mit verschiedenem Alter am Beispiel von Gebäudetypen in Bukarest.

Die Bausubstanz in Bukarest wurde sowohl typologisch als auch teillächendeckend analysiert. Nach der Bewertung aller historischen Wohnbautypen stellte sich heraus, dass am meisten vulnerabel der Typ der mehrgeschossigen Stahlbetonrahmenbauten der Zwischenkriegszeit ist. Es wurden fünf Gebäudemodelle dieses Typs entworfen und zusammen mit geeigneten Ertüchtigungsmaßnahmen für FE Simulation modelliert. Statt mit FE Modellen konzentrierter Plastizität heranzugehen, wurde für die Nichtlinearität des Baustoffes ein Modell verteilter Inelastizität eingesetzt: die Elementschnitte bestehen aus Fasern. Kriterien, um die Merkmale der gebauten Substanz so aufzunehmen, dass solche Modelle erstellt werden können, wurden festgelegt. Die allgemeine Gültigkeit der Vorhersagen wurde vertieft erforscht, durch den Vergleich der berechneten Schäden mit den realen, und sie haben sich als nah an der Wirklichkeit erwiesen. Für diesen Zweck wurde eine Matrix der an realen Gebäuden erlittenen Schäden entwickelt und eingesetzt. Die beschriebene Pathologie wurde von Skizzen unterstützt. Sowohl konservative als auch innovative Ertüchtigungsmethoden wurden analysiert.

Das Konzept der *Ertüchtigungselemente* wurde eigens dafür entwickelt, um Entscheidungen bezüglich der Wirtschaftlichkeit und Umsetzbarkeit der Strategie zu unterstützen. Diese sind räumliche Elemente, welche für die Bauaufnahme charakteristisch sind, typische Erdbebenschäden zeigen und ein besseres seismisches Verhalten im Fall der Ertüchtigung ergeben. Ein *Ertüchtigungselement* besteht aus allen Arbeiten, die gemacht werden, um ein Tragwerkselement zu verstärken, zu reparieren, wieder aufzubauen oder sogar neu zu bauen. Jedem *Ertüchtigungselement* werden: Erkennungsmerkmale, Baumaßnahmen, erdbebenresistente Eigenschaften, seismische Mängel und Erdbebenschadensmuster zugewiesen. Mit der Hilfe von *Ertüchtigungselementen* wird ein interdisziplinäres Herangehen an die Gebäudeertüchtigung möglich gemacht.

Ein Ertüchtigungssystem wird durch eine passende technische Strategie sowie durch eine passende Managementstrategie umgesetzt. Die Wechselwirkungen zwischen den Bau-, Nutzungs- und Ästhetikeigenschaften eines Gebäudes und die gewählte Ertüchtigungsstrategie wurden untersucht. In der Tragwerksstudie wurde die seismische Leistung von Stahlbetonrahmenbauten unter zyklischer Biegung untersucht. Hinausschauend auf die allgemeine Methodologie, die Kosten für die Reparatur vorbeschädigter Bauten denen für vorbeugende Ertüchtigung gegenüberzustellen, wurden Beschädigungen für nicht ertüchtigtes Gebäude, Ertüchtigung eines unbeschädigten Gebäudes und Ertüchtigung eines vorher beschädigten Gebäudes untersucht. Während der Auswertung wurden einige Computerprogramme dafür eingesetzt, um Ergebnisse bezüglich der Anteile und der Lage von Bauelementen, welche Schäden in unterschiedlichem Ausmaß aufweisen, zu erzielen. Der innovative Teil liegt in der Anwendung eines Spannung-Dehnung-basierten Ansatzes auf Modelle für Gesamtgebäude. Solch eine Analyse erlaubt nicht nur die Beschreibung der Versagensarten und die Bestimmung der Grenzzustände, die von dem Gebäude eventuell erreicht werden, sondern auch die spezifische Bestimmung der Anzahl und Lage der Tragwerksglieder, die eine bestimmte Art von Schäden erleiden. Diese Art von Ergebnissen kann die Eingabe für interdisziplinäre Studien bilden, z.B. für wirtschaftliche Studien. In einem leistungsbasiertem Herangehen wurden dann die so genannten Kostenkurven erstellt und die Ertüchtigungs-/Reparaturkosten mit verschiedenen Bemessungsbeben in Bezug gesetzt. Weiterhin werden verschiedene Aspekte des ‚Nutzens‘ der Ertüchtigungsmaßnahmen (Dauer, Veränderung der historischen Substanz, Bewohnerumzug) in Betracht bezogen und hierfür das für deren Auswahl entwickelte Modell auch präsentiert. Es handelt sich um ein integriertes Entscheidungsunterstützungssystem, das die Bauaufnahme, die Tragwerksaspekte und die Kostenberechnung umfasst, und das dieselben *Ertüchtigungselemente* als Basis benutzt. Somit konnten die Sichtweisen aller beteiligten Akteure auf einen gemeinsamen Nenner abgewogen und in die Entscheidung einbezogen werden.