

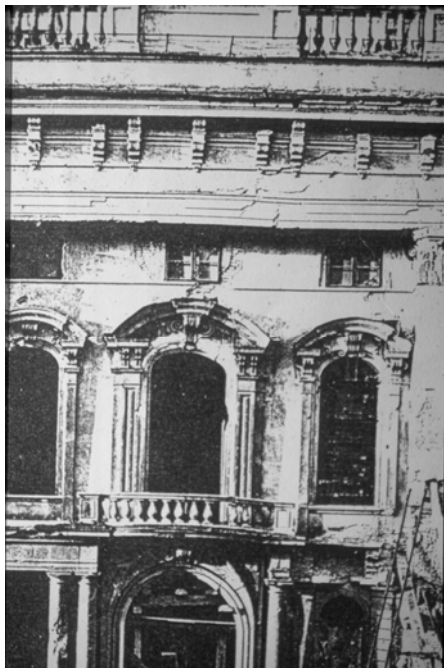
# **STANDFESTIGKEIT VON BESTANDSOBJEKTEN – NATURBEDINGTE AUßERGEWÖHNLICHE EINWIRKUNGEN**

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Andreas Kolbitsch, TU Wien - Institut für Hochbau und Technologie

Die Bewertung der Zuverlässigkeit von Tragwerken stand im Bauwesen seit jeher im Mittelpunkt des Interesses. Trotzdem sollte es bis zur Wende vom 20. zum 21. Jahrhundert dauern bis die Bewertung der Sicherheit von Baukonstruktionen auf der Basis wahrscheinlichkeitstheoretisch fundierter Grundlagen normativ festgeschrieben wurde.

Die mathematischen Grundlagen dazu wurden zunächst im Maschinenbau geschaffen und mit der Entwicklung besonders beanspruchter Konstruktionen (wie Bohrinseln) auch im Bauwesen implementiert.

Trotz der immer feineren Berechnungsmethoden und der zunehmend genaueren Erfassung der zu berücksichtigenden Einwirkungen standen jedoch vor allem die Abtragung der vertikal wirkenden Lasten und Kräfte aus Eigengewicht und – normativ vorgegebenen – Nutzlasten im Vordergrund der statisch-konstruktiven Überlegungen. Außergewöhnliche Einwirkungen wurden vor allem mit kriegsbedingten Einwirkungen in Zusammenhang (Abbildung 1) gebracht.



*Abbildung 1: Kriegsbedingte Zerstörungen Palais Harrach, Wien, 1945, Archiv Inst. F. Hochbau und Technologie.*

Außergewöhnliche Einwirkungen durch natürliche Ereignisse waren bislang von geringer Bedeutung, da entsprechende Katastrophen im unmittelbaren Einflussbereich Ostösterreichs mehrere Jahrhunderte zurücklagen (das so genannte Neulengbacher Erdbeben 1590 liegt bereits über 400 Jahre zurück, seine verheerenden Auswirkungen sind daher allgemein kaum bekannt.)

Ähnlich verhielt es sich bis vor wenigen Jahren mit Hochwasserereignissen und Murenabgängen, die lediglich mit alpinen Gebieten in Zusammenhang gebracht wurden.

### **BERÜCKSICHTIGUNG AUßERGEWÖHNLICHER EINWIRKUNGEN ZUR BEURTEILUNG VON BESTANDSOBJEKTEN**

Die in den Ingenieurwissenschaften aktuell angewandten Sicherheitskonzepte beruhen auf der Theorie der Strukturzuverlässigkeit. Im Rahmen dieser Betrachtungsweise werden einerseits die Unsicherheiten in Bezug auf Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit (zunehmend auch in Hinsicht auf die Dauerhaftigkeit), andererseits der Grad der Zuverlässigkeit aufgrund wahrscheinlichkeitstheoretischer Methoden und der Statistik untersucht und erfasst.

Die Betrachtung kann in den meisten Fällen auf die Untersuchung des

- Grenzzustandes der Tragfähigkeit und
- des Grenzzustandes der Gebrauchstauglichkeit<sup>1</sup> (auch als Gebrauchsfähigkeit bezeichnet)

eingeschränkt werden.

Dabei bezeichnet der Grenzzustand der Tragfähigkeit einen Zustand (von mehreren möglichen), der im Zusammenhang mit dem Einsturz oder anderen Formen des Tragwerksversagens steht.

Bei der Betrachtung außergewöhnlicher Einwirkungen wurde – entsprechend den internationalen Normvorgaben – ebenfalls auf das wahrscheinlichkeitsbasierende „semiprobabilistische“ Sicherheitssystem zurückgegriffen. Dies führte unter anderem dazu, dass auch länger zurückliegende Naturkatastrophen in die aktuellen Betrachtungen einfließen.

Während bei der Planung von Neubauten diese Einflussfaktoren relativ einfach berücksichtigt werden können, sind bei der Beurteilung von Bestandsobjekten – vor

---

<sup>1</sup> Bei den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit wird zwischen umkehrbaren und nicht umkehrbaren Grenzzuständen unterschieden.

allem bei geplanten Eingriffen in die dann nach aktuellen Ansätzen zu beurteilende Struktur – in vielen Fällen Probleme zu erwarten.

#### **BEURTEILUNG DER VULNERABILITÄT DER OBJEKTE**

Die so genannte „Vulnerabilität“ (auch durch die „Schädigungsanfälligkeit“ zu umschreibende) verringerte Widerstandsfähigkeit der Gebäude bei außergewöhnlichen Einwirkungen ist auch bei Bauwerken, die keinen maßgebenden Umbauten oder Adaptionen unterzogen werden (sollen) von Bedeutung, da von dieser Bewertung zukünftig (zumindest teilweise) der Wert des Objektes und die entsprechenden Versicherungsprämien abhängen werden.

In den aktuellen europäischen Normen werden dazu entsprechende Ansätze vorgeschlagen. In Österreich hat diese Betrachtung vor allem deswegen besondere Bedeutung, da der Altbaubestand im europäischen Vergleich einen signifikanten Stellenwert einnimmt. (Dies ist unter anderem auf die im Vergleich zu anderen Ländern geringeren kriegsbedingten Zerstörungen und den behutsamen Umgang mit Bestandsobjekten zurückzuführen.)

#### **BEWERTUNG IM ZUSAMMENHANG MIT DER ADAPTION (UMBAU, AUFSTOCKUNG VON BAUWERKEN)**

Im Zusammenhang mit Umbauten an Bestandsobjekten tritt die Bewertung der Tragfähigkeit von Konstruktionselementen der Bestandsobjekte besonders in den Vordergrund, da diese als Elemente des erneuerten Gesamtobjektes die gleichen Eigenschaften aufweisen sollten, wie neu hergestellte Konstruktionsteile (nur so kann die gleiche technische Nutzungsdauer wie diejenige eines adäquaten Neubaus sichergestellt werden).

Hier stehen vor allem die Bauteile, die an der Abtragung der horizontalen Einwirkungen aus Erdbebenkräften mitwirken, im Vordergrund der Betrachtungen.

#### **BEWERTUNG DER VERSAGENSWAHRSCHEINLICHKEIT**

Die Versagenswahrscheinlichkeit ist aufgrund aktueller Ansätze auch bei den in wesentlichen Elementen veränderten (adaptierten) Bauten so zu bewerten wie bei vergleichbaren Neubauten. Das induziert, dass bei den „nur“ erhaltenen Bauwerksteilen die Standsicherheit (auch unter außergewöhnlichen Einwirkungen) nicht verschlechtert wird und für die „ergänzten“ Bauwerksteile eine Standsicherheit (und damit technische Nutzungsdauer) sichergestellt wird, die vergleichbaren Neubauten entspricht.

#### **MAßNAHMEN ZUR BESTANDSSICHERUNG**

Die Bestandssicherung schließt daher in zunehmendem Maße die Bewertung und Sicherstellung der Abtragung der im Erdbebenfall anzusetzenden Horizontalkräfte ein. Dazu sind im Altbestand die vorhandenen aussteifenden Elemente (das sind vor

allem die gemauerten Wandscheiben), einschließlich der ansonsten nicht tragenden Zwischenwände und die, als horizontale Elemente wirkenden Decken zu zählen.

### **BAUTEILSPEZIFISCHE BETRACHTUNGEN**

Exemplarisch soll im Folgenden auf die Problemstellungen im Zusammenhang mit gemauerten Wandscheiben hingewiesen werden.

Hier stellen sich bereits im Zusammenhang mit der Bestandsbewertung häufig besondere Probleme. Speziell bei älteren, unter Denkmalschutz stehenden Objekten kann häufig kein durchgehender, regelmäßiger Mauerwerksverband vorausgesetzt werden; oft sind in regelmäßig aus keramischen Ziegeln vermauerten Wänden Natursteinelemente eingesetzt, die den Verband maßgebend stören.



*Abbildung 2: Mauerwerk mit Bruchsteinbereichen.*

Die Festigkeit (sowohl die Druckfestigkeit als auch die Schubtragfähigkeit) des „Verbundwerkstoffes“ Mauerwerk wird maßgebend durch die Mörtelfestigkeit mitbestimmt. Vor allem bei feuchtegeschädigtem Mauerwerk kann es dabei durch Bindemittelauswaschung zu deutlichen Entfestigungen kommen.

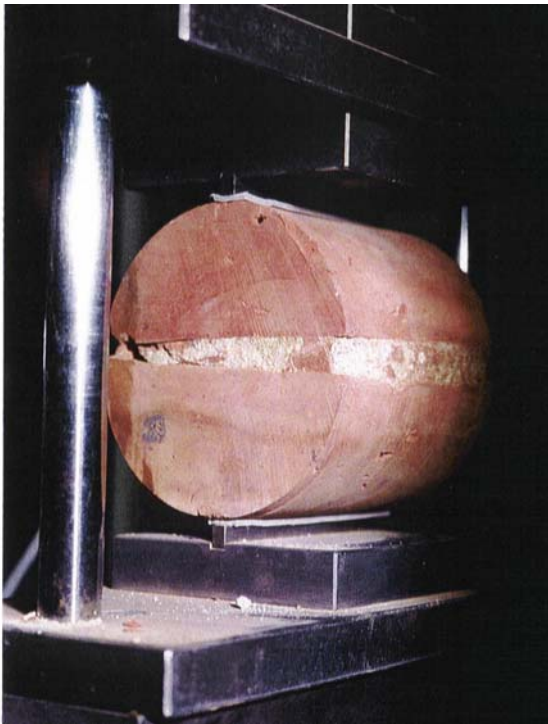


*Abbildung 3: Mauerwerk mit Bindemittelauswaschung in den Mörtelfugen.*

Der Beurteilung der Mauerwerksfestigkeit kommt daher bei der konstruktiven Beurteilung von Bestandsobjekten besondere Bedeutung zu. Am Institut für Hochbau und Technologie der TU Wien wurden dazu in den letzten beiden Jahrzehnten zahlreiche Untersuchungen durchgeführt.

Aktuell werden vor allem Untersuchungen zur Duktilität (plastische Verformbarkeit ohne nennenswerte Verringerung der Tragfähigkeit) durchgeführt, wobei die Besonderheit von Mauerwerksscheiben im möglichen unterschiedlichen Verhalten im Grenzlastbereich liegt. Unterschiedliche Grenzzustände haben wiederum unterschiedliche Auswirkungen auf die Gesamtduktilität.

Ein weiterer, derzeit intensiv behandelter Untersuchungsbereich betrifft die Schubtragfähigkeit von Mauerwerksscheiben mit Mörteln geringer Festigkeit.



*Abbildung 4: Untersuchung eines Mauerwerks-Bohrkernes zur Ermittlung der aktuellen Festigkeitskennwerte*

#### **AUSWIRKUNGEN AUF DIE BEWERTUNG DER BAUWERKE**

Aufgrund der geänderten normativen Vorgaben ist zukünftig bei der Bewertung von Bestandsobjekten besonderes Augenmerk auf außergewöhnliche Einwirkungen (wie Erdbebenbeanspruchung) zu legen. Dazu sind in den aktuellen Normenwerken Vorgaben enthalten, die auf die lokalen und regionalen Besonderheiten abzustimmen sind.

## **ZUSAMMENFASSENDE DARSTELLUNG DER ZUKÜNFTIG BEI DER BEURTEILUNG VON BAUWERKEN ZU ERFASSENDEN EIGENSCHAFTEN, KENNWERTE UND RANDBEDINGUNGEN**

Neben den bisher betrachteten mechanischen Eigenschaften der Baustoffe und Bauteile, die besonders im Zusammenhang mit der Abtragung der vertikalen Einwirkungen (Eigengewicht und Nutzlast) standen, werden zukünftig in besonderem Maß diejenigen Faktoren zu betrachten sein, die den Widerstand des Gesamtobjektes bei Erdbebeneinwirkung beschreiben. Dazu zählt vor allem die Bewertung der aussteifenden Wandscheiben.

Das Hauptaugenmerk aktueller Untersuchungen liegt dabei auf der Beurteilung der Duktilität einzelner Wandscheiben bzw. von Bauwerksteilen unter zyklischer Beanspruchung.

## Literaturhinweise

[ 1]	Bachmann, H.: Hochbau für Ingenieure. Stuttgart: Teubner, 1994.
[ 2]	Benevenuto, E.: An Introduction to the History of Structural Mechanics. Part II, Vaulted Structures and Elastic Systems. New York: Springer-Verlag, 1991.
[ 3]	Born, J.: Faltwerke; ihre Theorie und Berechnung. Stuttgart, Verlag Konrad Wittwer, 1954.
[ 4]	Dewitz, E., Tönsing, J.: Schritte zur Modellabbildung. Berlin: Ernst & Sohn, 2003.
[ 5]	Hake, E.: Meskouris, K.: Statik der Flächentragwerke: Einführung mit vielen durchgerechneten Beispielen. Berlin: Springer, 2001.
[ 6]	Heller, H.: Padia 1; Grundlagen Tragwerkslehre. Berlin: Ernst, 1998.
[ 7]	Hugi, H.,R.: Einführung in die Statik der Tragkonstruktionen. Zürich: Verlag der Fachvereine, 1992.
[ 8]	Kolbitsch, A.; Altbaukonstruktionen; Charakteristika, Rechenwerte, Sanierungsansätze. Wien, New York: Springer-Verlag 1989.
[ 9]	Kurrer, K-E.: Geschichte der Baustatik. Berlin: Ernst & Sohn, 2002.
[ 10]	Mang, H., Hofstetter, G.: Festigkeitslehre. Wien: Springer-Verlag, 2000.
[ 11]	Melchers, R., E.: Structural Reliability Analysis and Prediction. 2 <sup>nd</sup> ed.. New York: John Wiley & Sons Inc., 2001.
[12]	Moser, S.: Sicherheitsüberlegungen bei Bestandsobjekten; Diskussion der Teilsicherheitsbeiwerte für den Eigengewichtsanteil von Bestandskonstruktionen. Diplomarbeit, TU Wien, 2005.
[ 13]	Ötes, A., Löring, S.: Zum Tragverhalten von Mauerwerksbauten unter Erdbebenbelastung. In: Bautechnik 83 (2006), Heft 2 125-138.
[ 14]	Petersen, C.: Statik und Stabilität der Baukonstruktionen: elasto- u. plasto-stat. Berechnungsverfahren druckbeanspruchter Tragwerke; Nachweisverfahren gegen Knicken, Kippen, Beulen. Braunschweig; Wiesbaden: Vieweg, 1982.
[15]	Rackwitz, R.: Zuverlässigkeit und Lasten im konstruktiven Ingenieurbau, Teil I: Zuverlässigkeitstheoretische Grundlagen; Vorlesungsunterlagen TU München, 2002.
[16]	Rackwitz;R.: Zuverlässigkeit von Tragwerken. In: Handbuch für Bauingenieure (Hrsg: Zilch, K., Diederichs, C.J., Katzenbach, R.), Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 2001.
[ 17]	Rosman, R.: Gegliederte Wandscheiben mit stufenartig veränderlichen Querschnittswerten. Berlin, München: Ernst & Sohn, 1967.
[ 18]	Schneider, J.: Sicherheit und Zuverlässigkeit im Bauwesen: Grundwissen für Ingenieure. Stuttgart: Teubner, 1994.
[ 19]	Timoshenko, S.P.: History of Strength of Materials. New York, Toronto, London: McGraw-Hill, 1953.
[ 20]	Young, W.C., Budynas, R.G.: Roark's Formulas for Stress and Strain 7 <sup>th</sup> edition. Boston: McGraw-Hill, 2002.