

Praxisorientierte Resilienzbewertung mit Anwendung auf Hallenfassaden unter Hochwassereinwirkung

Michael Grune

Geboren am: 31.10.1991 in Kronach

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.)

Erstgutachter

Prof. Dr.-Ing. habil. Reinhard Pohl

Zweitgutachter

Prof. Dr.-Ing. Thomas Bösche

Prof. Dr. Robert Jüpner

Verteidigt am: 24.08.2026

Kurzfassung

Hydrometeorologische Belastungen wie Hochwasser, Starkregen oder Starkwind nehmen in Häufigkeit und Intensität zu und stellen technische Systeme vor wachsende Herausforderungen. Um diesen außergewöhnlichen Belastungen angemessen begegnen zu können, müssen bautechnische Systeme resilient konzipiert sein. Bislang existiert kein entscheidungsorientierter und zugleich flexibler Ansatz zur Bewertung der Resilienz bautechnischer Systeme. Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung einer ingenieurtechnischen Bewertungsmethodik zur quantitativen Bewertung der Resilienz bautechnischer Systeme, die sich auf verschiedene Anwendungskontexte übertragen lässt. Am Beispiel von Hallenfassaden unter Hochwassereinwirkung wird ihre Anwendung in der Praxis erprobt und evaluiert. Die Methodik wurde theoriegeleitet entwickelt und folgt einem hierarchischen Aufbau: Zur Ermittlung der Resilienz wird die Systemfunktionalität in Abhängigkeit von Zeit und Ereignisintensität abgebildet, wobei sich diese in Teilfunktionalitäten bis hin zu einer Komponentenebene untergliedern lässt. Die experimentelle Untersuchung des betrachteten Anwendungsfalls erfolgte in einem originalmaßstäblichen Laborversuch, für den ein spezieller Versuchsaufbau konzipiert und errichtet sowie ein Versuchsregime definiert wurde. Ziel war die Erfassung valider Daten zum Systemverhalten während und nach einer potenziellen Hochwasserbelastung. Untersucht wurden vier typische Hallenfassadenbauweisen und deren optimierte Varianten bei Wasserhöhen bis 2 m in 0,5-m-Intervallen. Die erarbeitete Bewertungsmethodik kann die Funktionsfähigkeit komplexer Systeme zeitabhängig und auf unterschiedlichen Detailebenen abbilden, wodurch sich die Resilienz quantifizieren lässt. Die Betrachtung auf Teilfunktions- und Komponentenebene ermöglicht die gezielte Identifikation vulnerabler Systembereiche als Basis für Optimierungsmaßnahmen. Für den Anwendungsfall zeigt die Testung der optimierten Varianten, dass geringfügige baukonstruktive Maßnahmen die Resilienz der beprobten Bauteile deutlich steigern können. Die Anwendung der Methodik eignet sich insbesondere für vergleichende Analysen unter identischen Versuchsbedingungen, wobei die Aussagekraft vom Umfang und der Qualität der Datengrundlage abhängt. Zugleich bildet die Methodik eine Grundlage für weiterführende Forschung, einschließlich der Integration in umfassendere Resilienzbewertungen sowie der Adaption auf andere Belastungsarten und Systemkontexte.

Abstract

Hydrometeorological loads such as flooding, heavy rainfall, or strong winds are increasing in both frequency and intensity and pose growing challenges to technical systems. To adequately cope with these exceptional loads, building structures and components must be designed to be resilient. To date, there is no decision-oriented yet flexible approach for assessing the resilience of building structures and components. The objective of this work is therefore the development of a framework for an engineering-based assessment methodology for the quantitative evaluation of the resilience of building structures and components that can be transferred to different application contexts. Using industrial hall façades subjected to flood loading as an example, the methodology is tested and evaluated in practice. The methodology was developed on a theory-driven basis and follows a hierarchical structure: for the determination of resilience, system functionality is represented as a function of time and event intensity, and can be subdivided into partial functionalities down to the level of individual components. The experimental investigation of the selected application case was conducted in a full-scale laboratory test, for which a dedicated test setup was designed and constructed and a test regime was defined. The aim was to obtain valid data on system behavior during and after potential flood loading. Four typical industrial hall façade systems and their optimized variants were examined at water levels of up to 2 m in increments of 0.5 m. The developed assessment methodology enables the time-dependent representation of the functional performance of complex systems at different levels of detail, allowing resilience to be quantified. The analysis at the level of partial functionalities and components facilitates the targeted identification of vulnerable system areas as a basis for optimization measures. For the application case, testing of the optimized variants shows that minor structural design modifications can significantly increase the resilience of the investigated components. The application of the methodology is particularly suitable for comparative analyses under identical boundary conditions, with the explanatory power depending on the scope and quality of the underlying data. At the same time, the methodology provides a basis for further research, including integration into more comprehensive resilience assessments as well as adaptation to other types of loading and system contexts.