



Doctoral Thesis

## **Einfluss der Bauteilgrösse auf die Bruchenergie von Beton**

**Author(s):**

Trunk, Bernhard Günter

**Publication Date:**

1999

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-002053523> →

**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

DISS. ETH Nr. 13013

Einfluß der Bauteilgröße auf die Bruchenergie von  
Beton

ABHANDLUNG  
zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

der  
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von:

Bernhard Günter Trunk  
Dipl.-Ing., Uni. Kaiserslautern  
geboren am: 13. April 1968  
von: Deutschland

Angenommen auf Antrag von:

Prof. F.H. Wittmann, Referent  
Prof. E. Brühwiler, Korreferent  
Dr. G. Darbre, Korreferent

1999

## Zusammenfassung

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Untersuchung des Einflusses der Größe eines Körpers auf die nicht-linearen bruchmechanischen Parameter zementgebundener Werkstoffe. Hierbei kommt den Betrachtungen zum repräsentativen Volumen eine große Bedeutung zu. Das repräsentative Volumen ist gekennzeichnet durch das Verhältnis der kleinsten Abmessung einer Struktur zur größten Heterogenität des Werkstoffes. Des Weiteren sollen Gesetzmäßigkeiten gefunden werden, die ein Extrapolieren der im Labormaßstab bestimmten bruchmechanischen Kenngrößen auf reale Bauwerksdimensionen erlauben. Ebenso werden Kriterien für das hier verwendete nicht-lineare Bruchmodell aufgestellt, welches den Übergang vom stabilen zum instabilen Versagen beschreiben.

In der Einleitung wird nach einem kurzen historischen Überblick über die Entstehung der heutigen Bemessungsverfahren kurz die praktische Bedeutung der Aufgabenstellung dieser Arbeit erörtert.

Anschließend erfolgt im zweiten Kapitel ein Überblick über die gebräuchlichsten Versagensmodelle. Hierbei wird kurz auf die Grundlagen der einzelnen Versagenshypothesen eingegangen und anschließend der Einfluß der Modelle auf die Tragfähigkeit verschieden großer Bauteile diskutiert. Hierbei soll zwischen dem Einfluß von größenunabhängigen und größenabhängigen Parametern unterschieden werden. Im letzten Teil dieses Kapitels werden Kriterien zur Beschreibung des Stabilitätsverhaltens von Rissen vorgestellt.

Mit Hilfe einiger in Kapitel 2 beschriebenen Versagensmodellen werden im 3. Kapitel die Vorgänge, die bei unterschiedlicher Bauteilgeometrie und -größe auftreten diskutiert. Weiterhin werden experimentelle Untersuchungen aus der Literatur zum Größen- und Geometrieinfluß auf die Parameter des fiktiven Rißmodells vorgestellt.

Um diese Größenabhängigkeit der bruchmechanischen Parameter zu untersuchen, wurden die in Kapitel 4 vorgestellten Versuchsserien durchgeführt. Es wurde sowohl der Keilspalt- als auch der direkte Zugversuch verwendet. Das maximale Größenspektrum der Keilspaltversuche betrug 1:64. Weiterhin wurde die Duktilität der Werkstoffe über den Größtkorndurchmesser skaliert. So wurde das Größtkorn von 0.01 mm für Zementstein bis hin zu 125 mm für Staumauerbeton variiert.

Die Interpretation der Meßergebnisse, die im 5. Kapitel vorgestellt werden, erfolgt im 6. Kapitel. Hier wird auch ein Verfahren zur Beschreibung des Einflusses der Bauteilgröße und -geometrie auf die nicht-linearen bruchmechanischen Parameter hergeleitet.

Das 7. Kapitel beschäftigt sich mit der Herleitung und Verifikation von Stabilitätskriterien für das fiktive Rißmodell. Hier muß zwischen bruchmechanischen Probekörpern, die sich durch einen Anriß bzw. durch eine Anfangskerbe auszeichnen und prismatischen, ungekerbten Probekörpern unterschieden werden.

Die wichtigsten Ergebnisse und deren Bedeutung für die Praxis werden als Folgerungen dieser Arbeit im Kapitel 8 zusammengefaßt.

## **Abstract**

This thesis deals with experimental investigations into the size dependence of non-linear fracture mechanics parameters of cementitious materials. The importance of the minimum representative volume is discussed. The representative volume is characterized by the maximum heterogeneity compared with the minimum structural dimension. Methods have to be developed to extrapolate the measured fracture mechanics properties from relatively small laboratory specimens to the existing structural size of large plain concrete structures such as dams. Criteria have been found to describe the transition from stable to unstable failure under displacement controlled conditions.

In the introduction the history of failure theories is reviewed. Their importance for the present work is discussed.

In the second chapter the state-of-the-art of failure theories is summarized. Most common models for prediction of the failure of a structure were introduced. Theories, which predict the influence of structural size on the failure are reviewed. A distinction between size dependent and size independent fracture mechanics parameters has to be made. The last part of this chapter deals with criteria to describe the stability of fracture with respect to different fracture models.

On the basis on some of the failure models introduced in chapter 2, the influence of structural size and geometry on the fracture behaviour is discussed in the third chapter. Furthermore experimental investigations from literature on the size and geometry dependence of fracture mechanics parameters of the fictitious crack model are introduced.

In order to investigate the size dependence of fracture mechanics parameters the test series introduced in chapter 4 have been carried out. The wedge splitting test and the direct tension test have been chosen to determine the non-linear fracture mechanics properties of the fictitious crack model. The maximum size range of the wedge splitting specimens was 1:64. The ductility of materials has been scaled with the maximum aggregate size. The maximum grain size varies between 0.01 mm for hardened cement paste and 125 mm for dam concrete.

The experimental results of all test series are reported in the fifth chapter.

The results are interpreted in chapter 6. In this chapter a method is derived to extrapolate the non-linear fracture mechanics parameters of the fictitious crack model from relatively small laboratory specimens to the structural size of large plain concrete structures such as dams.

Stability criteria for the fictitious crack model are derived in chapter 7. It is shown, that a distinction between pre-cracked or notched and unnotched prismatic specimens has to be made in order to predict the stability of fracture.

The most important results and their importance for practical applications are summarized in the last chapter.