

Theorie und Numerik residualer Fehlerschätzer
für die Finite-Elemente-Methode unter
Verwendung äquilibrierter Randspannungen

Referenten:

*Prof. em. Dr.-Ing. Dr.-Ing.
E.h. Dr. h.c. mult. E. Stein*

*Prof. Dr. rer. nat.
C. Carstensen*

*Prof. Dr. rer. nat.
E. Stephan*

*Prof. Dr.-Ing.
P. Wriggers*

Vom Fachbereich
Bauingenieur- und
Vermessungswesen der
Universität Hannover

zur Erlangung der *venia
legendi* für das Fachgebiet

Numerische Mechanik

angenommene
Habilitationsschrift von

*Dr.-Ing. Dipl.-Phys.
Stephan Ohnimus*

Tag der Einreichung:
11. 1. 2000

Tag der mündl. Prüfung:
30. 1. 2001

Tag der Antrittsvorlesung:
11. 5. 2001

**Institut für
Baumechanik
und Numerische
Mechanik**

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung, Motivation und Aufgabenstellung	3
2	Modellproblem und FE-Darstellung	9
2.1	Linear elastisches Modellproblem	9
2.2	Diskrete Lösung und Residuum	14
3	Fehleranalyse äquilibrierter Residuen	17
3.1	Anisotrope- und dimensions-adaptive Fehlerschätzer	23
4	Berechnung äquilibrierter Randspannungen	27
4.1	Motivation zum Vorgehen und Einleitung	28
4.2	Netze ohne irreguläre Knoten	29
4.3	Irreguläre Knoten "hanging nodes"	35
4.4	Rekonstruktion der Knotenkräfte	40
4.5	Beschreibung für lineare Ansatzfunktionen	41
4.6	Beschreibung für quadratische Ansatzfunktionen	43
4.7	Äquilibrierte Randspannungen mit rekonstruierte Knotenkräfte	47
4.8	Beispiele	48
4.8.1	Fehlerschätzer, Fehlernormen und Referenzlösung	48
4.8.2	Beispiel an einem 3D- und 2D-Würfel	51
4.8.3	Beispiel eines Kragträgers	56
4.8.4	Beispiel für anisotrope und elastische Materialgleichungen	59
5	Gradierte Netze	63
5.1	Gradierungsmethode	64
5.2	Adaptionsstrategie	66
5.3	Beispiel für gradierte Netze	67

6 Lokale, zielorientierte Fehlerschätzer	73
6.1 Fehlerschätzung der zielorientierten Größe	75
6.2 Duales Problem für lokale Spannungen	80
6.3 Duales Problem für Querkräfte und Momente	81
6.4 Beispiel an einem Rahmensystem	84
7 Fehlerschätzer für Elastoplastizität	91
7.1 Modell-Problem	91
7.2 Residuum und Fehlerschätzung	94
7.3 Äquilibriertes Residuum	96
7.4 Beispiel einer quadratischen Platte mit Kreisloch	98
7.5 Beispiel für perfekte Elasto-Plastizität 2D	100
8 Fehlerschätzer für die Modellanpassung	105
8.1 Fehlerschätzer für die Modellerweiterung	108
8.2 Einfaches Beispiel für die Modellfehlerschätzer	109
8.3 Kopplung verschiedenartiger modellierter Teilgebiete	111
8.4 Beispiel für die Modelladaptivität	113
8.5 Materialgleichungen	116
8.5.1 Konsistente Linearisierung für ein verallgemeinertes plastisches Werkstoffmodell	118
8.5.2 Beispiel für ein allgemeines plastisches Werkstoffmodell im Hinblick auf Beton	121
8.5.3 Isotropes Schädigungsmodell für den Beton mit Plastizität	122
8.5.4 Beispiel zur gekoppelten Berechnung verschiedenartig modellierter Teilgebiete eines stahlbewehrten Balkens auf zwei Stützen	125
9 Zusammenfassung und Ausblick	131
Literaturverzeichnis	133
Lebenslauf	146
Forschungsberichte aus dem IBNM	147