

Dipl.-Ing. Seyed Mohammad Reza Behfar,
Essen

**Ein Beitrag zur
Formoptimierung
dickwandiger Schalen
am Beispiel von
Bogenstaumauern**

Reihe **4**: Bauingenieurwesen

Nr. **145**

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	V
SYMBOLVERZEICHNIS	VII
1 EINLEITUNG	1
1.1 ALLGEMEINES	1
1.2 ZIELSETZUNG UND AUFGABENSTELLUNG	3
1.3 VORBEMERKUNG.....	4
1.4 EINORDNUNG DER FORMOPTIMIERUNG IN DEN ENTWURFSPROZESS	6
1.5 LITERATURÜBERSICHT.....	6
2 SPEZIELLE ISOPARAMETRISCHE VOLUMENELEMENTE ZUR LÖSUNG DES FORMOPTIMIERUNGSPROBLEMS.....	7
2.1 STATISCHE ANALYSE MIT DER FINITE-ELEMENTE-METHODE.....	11
2.1.1 Lineare Analyse	11
2.1.2 Nichtlineare Analyse.....	12
2.2 STATISCHE ANALYSE MIT 3-D-ELEMENTEN	15
2.2.1 Topologie des Elementes	16
2.2.2 Verschiebungsansatz.....	18
2.2.3 Aufbau der Elementsteifigkeitsmatrix	19
2.2.4 Degenerierung des Elementes	20
2.2.5 Ersatzknotenlasten aus Volumenlasten.....	24
2.2.6 Ersatzknotenlasten aus Randlasten	24
2.2.7 Spannungen infolge der Verformungen.....	28
2.3 BEISPIELE	30
2.3.1 Patch-Test.....	30
2.3.2 Kragarm.....	31
2.3.3 Nichtlineare Berechnung dickwandiger Konstruktion.....	36
2.4 STATISCHE ANALYSE VON BOGENSTAUMAUERN.....	41
3 OPTIMIERUNGSVERFAHREN ZUR EFFIZIENTEN LÖSUNG VON FORMOPTIMIERUNGSPROBLEMEN.....	44
3.1 MATHEMATISCHE FORMULIERUNG DES OPTIMIERUNGSPROBLEMS.....	46
3.1.1 Sequentielle lineare Programmierung (SLP)	49
3.1.2 Sequentielle quadratische Programmierung (SQP).....	49
3.1.3 Gradientenberechnung	52
3.2 MATHEMATISCHE FORMULIERUNG DER FORMOPTIMIERUNG.....	53

4 BESTIMMUNGSGRÖßEN DER FORMOPTIMIERUNG VOLUMENHAFTER KÖRPER	55
4.1 FORMBESCHREIBUNG.....	55
4.1.1 Elemente der Geometrie.....	56
4.1.2 Punkte.....	57
4.1.3 Linien	57
4.1.4 Flächen	62
4.1.5 Volumen	63
4.1.6 Form	64
4.2 FINITE-ELEMENT-MODELL	66
5 VERKNÜPFUNG DER FORMBESCHREIBUNG MIT DER FORMOPTIMIERUNG	67
5.1 SCHNITTSTELLEN DATEN	67
5.2 PROGRAMMREALISIERUNG.....	68
5.2.1 Allgemeines.....	68
5.2.2 Struktur des Programmes	70
5.2.3 Formbeschreibungsmodule	72
5.2.4 Formoptimierungsmodul	72
6 OPTIMALE AUSLEGUNG DOPPELT GEKRÜMMTER BOGENSTAUMAUERN	73
6.1 LITERATURÜBERSICHT ÜBER DIE FORMOPTIMIERUNG VON BOGENSTAUMAUERN	75
6.2 BESCHREIBUNG DER AUSGANGSFORM	77
6.2.1 Stand der Forschung.....	79
6.2.2 Angewendete Methode.....	82
6.3 BEISPIEL 1.....	84
6.4 BEISPIEL 2.....	93
7 ZUSAMMENFASSUNG.....	96
8 ANLAGEN.....	98
9 LITERATUR.....	108