

Inhaltsverzeichnis

Symbolverzeichnis

1 Einleitung 1

 1.1 Vorbemerkung 1

 1.2 Problemstellung und Zielsetzung 3

 1.3 Darstellung der Lösungsmöglichkeiten 5

 1.3.1 Experimentelle Verfahren 5

 1.3.2 Numerische Verfahren 6

 1.4 Ergebnisse 8

Teil I: Theoretische Grundlagen des hybriden Verfahrens

2 Elastizitäts- und Viskoelastizitätstheorie 10

 2.1 Elastizitätstheoretische Grundlagen 10

 2.1.1 Der allgemeine räumliche Spannungszustand 10

 2.1.2 Das elastische Stoffgesetz 12

 2.1.3 Der ebene Spannungszustand 12

 2.2 Viskoelastizitätstheorie 15

 2.2.1 Allgemeines 15

 2.2.2 Die Darstellung mit Integraloperatoren 15

 2.2.3 Die Darstellung mit Differentialoperatoren 16

 2.2.4 Das allgemeine viskoelastische Stoffgesetz 17

 2.2.5 Die Bestimmung der mechanischen Materialfunktionen 19

 2.2.6 Die Bestimmung der ersten Invarianten des Spannungstensors 21

3 Theorie der photoviskoelastischen Versuchstechnik	24
3.1 Optische Grundlagen	24
3.1.1 Hauptgleichung der Spannungsoptik	26
3.1.2 Hauptgleichung der Photoviskoelastizität	27
3.1.3 Hauptspannungsdifferenz	31
3.2 Bestimmung der viskoelastischen Materialeigenschaften	33
3.2.1 Die optische Kriechfunktion	33
3.2.2 Die optische Relaxationsfunktion	39
4 Potentialtheorie	38
4.1 Grundlagen	38
4.1.1 Lösung der <i>Laplace</i> 'schen Differentialgleichung	40
4.2 Lösung mit der Methode der finiten Elemente	43
4.2.1 Grundlagen	43
4.2.2 Überführung in eine Variationsaufgabe	45
4.2.3 Beschreibung des verwendeten Elementtyps	47
4.3 Potentialproblem zusammengesetzter Querschnitte	49
4.3.1 Übergangsbedingung für elastisches Materialverhalten	49
4.3.2 Übergangsbedingung für viskoelastisches Materialverhalten	52
5 Kombination experimenteller und numerischer Verfahren	56
5.1 Grundlegendes Prinzip	56
5.2 Vor- und Nachteile der hybriden Beanspruchungsanalyse	57
5.3 Anwendung des Verfahrens	58

Teil II: Anwendungsorientierte Umsetzung des hybriden Verfahrens

6 Versuchstechnik	60
6.1 Modellmaterialien	60
6.2 Bestimmung der elastischen Materialkenngrößen	61
6.2.1 Optische Materialeigenschaften	61
6.2.2 Mechanische Materialkenngrößen	62
6.3 Bestimmung der viskoelastischen Materialeigenschaften	63
6.3.1 Die Messung der Lichtintensitäten und Dehnungen	63
6.3.2 Numerische Lösung der <i>Volterra</i> 'schen Integralgleichung	64
6.3.3 Die optischen Materialfunktionen	65
6.3.4 Die mechanischen Materialfunktionen	68
6.3.5 Eignung der Modellmaterialien	69
6.4 Versuchsdurchführung	70
6.4.1 Versuchsaufbau	70
6.5 Versuchsauswertung	72
6.5.1 Berechnung der Randspannungen	72
6.5.2 Erfassung von Einzellasten	73
7 Durchführung der hybriden Untersuchung	76
7.1 Anwendung für elastisches Materialverhalten	76
7.1.1 Experimentelle Untersuchung	76
7.1.2 Numerische Berechnung	79
7.1.3 Auswertung von Experiment und numerischer Berechnung	80
7.2 Anwendung für elastisches/viskoelastisches Materialverhalten	82
7.2.1 Experimentelle Untersuchung	82
7.2.2 Numerische Berechnung	86
7.2.3 Auswertung von Experiment und numerischer Berechnung	88

8 Vergleichsrechnung	89
8.1 Grundlagen der Methode der finiten Elemente	89
8.1.1 Einleitung	89
8.1.2 Beschreibung des verwendeten Elementtyps	93
8.1.3 Die mechanischen Materialkenngrößen	94
8.1.4 Beschreibung der Lösungstechnik	98
8.2 Vergleichsrechnung für elastisches Materialverhalten	99
8.3 Vergleichsrechnung für elastisches/viskoelastisches Materialverhalten	104
9 Gegenüberstellung der Ergebnisse	107
9.1 Ergebnisse für elastisches Materialverhalten	107
9.2 Ergebnisse für elastisches/viskoelastisches Materialverhalten	113
10 Fehlerbetrachtung	118
10.1 Fehler in der hybriden Spannungsermittlung	118
10.1.1 Experimentelle Fehler	118
10.1.2 Numerische Fehler	120
10.2 Fehler in der Vergleichsrechnung	121
10.2.1 Diskretisierungsfehler	121
10.2.2 Idealisierungsfehler	122
11 Schlußbemerkung	126
Literaturverzeichnis	128