

# Inhalt

<b>Liste der Bezeichnungen</b>	<b>X</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Ziel der Arbeit . . . . .	1
1.2 Zur einachsigen Materialprüfung in der Dynamik . . .	2
1.3 Die Eigenheiten keramischer Werkstoffe . . . . .	4
1.4 Bruchparameter . . . . .	5
1.5 Effizienz des Verfahrens . . . . .	6
1.6 Richtungsvorgaben . . . . .	7
<b>2 Longitudinale Wellenausbreitung in dünnen Stäben</b>	<b>9</b>
2.1 Einachsige Betrachtung . . . . .	9
2.1.1 Bewegungsgleichung für ein Stabelement . . . .	9
2.1.2 Wellenausbreitung . . . . .	10
2.1.3 Reflexion und Transmission an Grenzflächen .	11
2.1.4 Longitudinaler, koaxialer Stoß zweier Stäbe . .	14
2.2 Genauere Lösungen der Stabwellengleichung . . . . .	17
2.2.1 Gleichungen von Pochhammer und Chree . . . .	17
2.2.2 Phasen- und Gruppengeschwindigkeit eines ein- zelnem Impulses . . . . .	18

2.2.3	Spannungs- und Dehnungsverteilung im Stab- querschnitt . . . . .	20
2.2.4	Spannungssprung am Stabende . . . . .	21
<b>3</b>	<b>Untersuchung der dynamischen Zugfestigkeit</b>	<b>23</b>
3.1	Beanspruchungsprinzip . . . . .	23
3.2	Meßdatenerfassungsprinzip . . . . .	25
3.3	Auswertungsprinzip . . . . .	26
3.4	Mechanischer Versuchsaufbau . . . . .	28
3.4.1	Beschleunigungsvorrichtung . . . . .	28
3.4.2	Geschoße . . . . .	31
3.4.3	Meßstab . . . . .	33
3.4.4	Proben . . . . .	34
3.4.4.1	Probenwerkstoff . . . . .	34
3.4.4.2	Probengeometrie . . . . .	34
3.4.5	Probenlagerung . . . . .	37
3.4.6	Justierung . . . . .	39
3.4.7	Auffangvorrichtung . . . . .	42
3.5	Datenerfassungs- und Verarbeitungssystem . . . . .	43
3.5.1	Messung der Spannungsimpulse . . . . .	43
3.5.2	Messung der Geschwindigkeit . . . . .	45
3.5.3	Bestimmung der Probenbeanspruchung . . . . .	48
3.5.4	Erfassung der Bruchstellen . . . . .	49
3.5.5	Ermittlung der Zugfestigkeit . . . . .	50

3.6	Überprüfung der Biegespannungskomponenten . . . . .	52
3.6.1	Bedeutung der Problematik bei Versuchen mit Keramik . . . . .	52
3.6.2	Versuchsdurchführung . . . . .	53
3.6.3	Auswertung . . . . .	54
3.6.4	Ergebnis der Biegemessungen . . . . .	56
3.7	Ergebnisse der Zugversuche . . . . .	58
3.8	Beobachtungen . . . . .	69
<b>4</b>	<b>Korrektur bezüglich der Mehrfachbrüche</b>	<b>72</b>
4.1	Das Phänomen der Mehrfachabsplattung . . . . .	72
4.2	Verfahren zur Bestimmung der primären Bruchstelle .	75
4.3	Rechnerische Überprüfung der Lage der sekundären Bruchstelle . . . . .	77
4.4	Experimentelle Überprüfung der Bruchfolge . . . . .	78
4.4.1	Bestimmung des Bruchzeitpunktes durch Lei- terbahn und DMS . . . . .	79
4.4.2	Anwendung der Leiterbahnen zur Überprüfung der Bruchfolge . . . . .	83
4.4.3	Optische Bestimmung der Bruchfolge . . . . .	87
4.5	Ergebnis . . . . .	88
<b>5</b>	<b>Korrektur bezüglich der Dispersionseffekte</b>	<b>89</b>
5.1	Problemstellung . . . . .	89

5.2	Messung der Dispersion . . . . .	92
5.2.1	Versuchsaufbau . . . . .	92
5.2.2	Versuchsdurchführung . . . . .	93
5.3	Fouriersche Analyse der Spannungsimpulse . . . . .	93
5.4	Least-Square-Fit-Verfahren zur Ermittlung der Wellengeschwindigkeit . . . . .	94
5.5	Ergebnisse . . . . .	95
5.5.1	Dispersion im Meßstab . . . . .	95
5.5.2	Dispersion in langen $\text{Al}_2\text{O}_3$ - Proben . . . . .	96
5.6	Qualität der Ergebnisse bzgl. der Dispersion . . . . .	100
<b>6</b>	<b>Untersuchung der dynamischen Zugfestigkeit im Hochtemperaturbereich</b>	<b>101</b>
6.1	Versuchsaufbau . . . . .	101
6.2	Bestimmung der temperaturabhängigen Wellengeschwindigkeit . . . . .	104
6.3	Temperaturabhängigkeit des E-Moduls . . . . .	108
6.4	Ergebnisse der Zugfestigkeitsversuche bei erhöhten Temperaturen . . . . .	111
<b>7</b>	<b>Untersuchung der Bruchenergie</b>	<b>115</b>
7.1	Einleitung . . . . .	115
7.2	Modellbetrachtungen zum dynamischen Energiehaushalt . . . . .	116

7.3	Abschätzung der kinetischen Energie und der Verformungsenergie in einem Probenfragment . . . . .	117
7.4	Messung der Geschwindigkeiten der Bruchstücke . . .	124
7.4.1	Aufnahmen mit Trommelkamera . . . . .	124
7.4.2	Einzelbildaufnahmen . . . . .	127
7.5	Bestimmung der Bruchfläche . . . . .	129
7.6	Auswertung der Abhängigkeit der Energieanteile von der Bruchfläche . . . . .	130
7.7	Abschätzung der langzeitigen Schwingungsenergieanteile . . . . .	140
7.8	Bestimmung der Bruchenergiedichte . . . . .	142
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>145</b>
	<b>Literatur</b>	<b>147</b>