

1	Einleitung	1
2	Bestehende Techniken zur Wärmestromdichthemessung an Membranwänden	4
3	Modell zur Bestimmung der Wärmestromdichte auf die Membranwand	9
3.1	Begriffserklärungen	9
3.2	Rippenbetrachtung	12
3.3	Verteilung der Wärmestromdichte im Wandaufbau	17
3.4	Grundlagen für die Modellierung	19
3.5	Wärmeübergang an Membranwänden ohne Zustellung	21
3.6	Modellierung des Wärmedurchgangs am Membranwandaufbau mit Zustellung	27
3.7	Einflüsse bei realen Anwendungen	30
3.7.1	Belagseinflüsse	30
3.7.2	Konstruktive Einflüsse	32
4	Messtechnik	34
4.1	Erfassung von Temperaturdifferenzen	34
4.1.1	Widerstandssensoren	34
4.1.2	Thermoelemente	34
4.1.3	Grundlagen zur direkten Temperaturdifferenzmesstechnik	35
4.1.4	Kalibrierung des Systems	36
4.1.5	Anwendung der Messtechnik an einer Membranwand	39
4.2	Dynamik der Messtechnik	40
4.2.1	Übergangsverhalten zur Charakterisierung der Dynamik	41
4.2.2	Harmonische Anregung zur Charakterisierung der Dynamik	43
4.2.3	Übertragung der Ergebnisse auf weitere Wandaufbauten und Anwendungen	47
5	Technikumsanlage	50
5.1	Funktion und Aufbau der Anlage	50
5.1.1	Aufbau der Versuchsanlage	52

Inhaltsverzeichnis

5.1.2	Eingesetzte Messtechnik	56
5.1.3	Bilanzierung	57
5.2	<i>Validierung der Messtechnik zur Bestimmung der Wärmestromdichte</i>	61
5.2.1	Einfluss des rohrinnenseitigen Wärmeübergangs	61
5.2.2	Nicht beschichtetes Segment (schwarze Wand)	63
5.2.3	<i>Membranwandsegment mit Auftragsschweißschicht.</i>	64
5.2.4	Membranwandsegment mit Rohrwandplatte aus SiC und Hintergussmasse	65
5.2.5	Membranwandsegment mit Luftspalt zwischen Rohrwandplatte und Membranwand	66
5.3	Prüfstand zur Bewertung von Feuerfestmaterialien hinsichtlich Verformungen	70
5.3.1	Grundlegende Daten für thermomechanische Modellierung	71
5.3.2	Thermomechanische Analyse - System Rohrwandplatte	72
5.3.3	Thermomechanische Analyse - Werkstoffverbund aus Rohrwandplatte und Membranwand	78
5.3.4	Experimentelle Bestimmung der Aufwölbung	82
6	Praxiseinsatz	85
6.1	Allgemeines zur Anlage	85
6.2	Installationssituation	86
6.3	Makroskopische Betrachtung	87
6.4	Mikroskopische Betrachtungen	90
6.4.1	Online-Reinigung und Belegungszustand	90
6.4.2	Charakterisierung von Belägen	93
7	Zusammenfassung	96
8	Quellenverzeichnis	99