

„Oszillation in textilen, tribologischen Kontakten“

„Oscillation at the Tribological Contacts in Textiles“

Von der Fakultät für Maschinenwesen der
Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen
zur Erlangung des akademischen Grades einer
Doktorin der Ingenieurwissenschaften
genehmigte Dissertation

vorgelegt von

Lisa Katharina Huck (geb. Papenbreer)

Berichter: Univ.-Prof. Prof. h.c. (MGU) Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Thomas Gries
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Georg Jacobs

Tag der mündlichen Prüfung: 29. April 2021

Textiltechnik/Textile Technology

herausgegeben von

Univ. Prof. Professor h. c. (MGU) Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Thomas Gries

Lisa Katharina Huck

Oszillation in textilen, tribologischen Kontakten

Shaker Verlag

Düren 2021

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	III
1 Einleitung	1
1.1 Ausgangssituation und Motivation der Arbeit	1
1.2 Zentrale Defizite und daraus abgeleitete Ziele der Arbeit	2
1.3 Ansatz und Vorgehen zur Erreichung der Ziele	4
2 Grundlagen und Theorie	6
2.1 Grundlagen zu Textilien mit Fokus auf Verstärkungsfasern	6
2.1.1 Fasermaterialien	7
2.1.2 Flächenherstellungsverfahren	12
2.2 Grundlagen und Theorie zur Tribologie mit Fokus auf die Textiltechnik	18
2.2.1 Definitionen	18
2.2.2 Reibungstheorien	27
2.2.3 Ebenen tribologischer Systeme	35
2.2.4 Arten tribologischer Systeme	37
2.2.5 Kategorien der tribologischen Prüftechnik	38
2.2.6 Methoden und Vorgehensweisen zur Analyse und Gestaltung von textilen, tribologischen Systemen	39
2.3 Grundlagen und Theorie zu Schwingungen mit Fokus auf den Ansatz schwingender Fäden	43
2.3.1 Grundlagen der Schwingungstechnik	43
2.3.2 Grundlagen zu schwingenden Fäden	51
2.3.3 Schwingungsbasierte Mechanismen zur Reibungsreduktion	58
2.3.4 Zusammenfassende Bewertung der Reibungsreduktionsmechanismen	65
2.4 Anwendung der Fünf-Schritt-Methode	67
3 Transfer auf reale Systeme	79
3.1 Gestaltung eines Schwingungsmoduls zur Übertragung der Schwingungen auf die Fäden	79
3.2 Fadenbelastung durch Schwingungsüberlagerung	83

3.3	Fazit und Ableitung des Untersuchungsraumes	85
4	Experimentelle Untersuchung im Labormaßstab	89
4.1	Nachbildung des Tribosystems nach Fünf-Schritt-Methode	92
4.2	Machbarkeitsnachweis: Reibungsreduktion durch Schwingungsüberlagerung zwischen Faden und Fadenleitelement	94
4.3	Variation relevanter Parameter nach Fünf-Schritt-Methode mittels Faktorenversuchsplan und One-factor-at-a-time Variation	97
4.3.1	Auswertung des Faktorenversuchsplans	97
4.3.2	Einfluss der Schwingungsrichtung	99
4.3.3	Einfluss der Frequenzänderung	101
4.3.4	Einfluss der Fadenzugkraft	104
4.3.5	Einfluss der Geschwindigkeit	106
4.4	Fazit zu den Laborversuchen	107
5	Validierung in Technikum und Industrie	109
5.1	Vorversuch mit Ultraschall	110
5.2	Versuchsaufbau und Durchführung	113
5.3	Versuchsauswertung	115
5.4	Ableitung von Verbesserungsmaßnahmen	121
5.5	Industrierversuch zur Validierung beim Bandweben: Rücktransfer in den Realprozess	121
5.6	Industrierversuch zur Validierung beim Breitweben: Rücktransfer in den Realprozess	125
5.7	Fazit zu den Industrierversuchen	130
6	Technisch-wirtschaftliche Umsetzungsmöglichkeiten	132
6.1	Energiekostenbetrachtung nach 6η -Methode	134
6.2	Wirtschaftliche Bewertung der Schwinger	139
6.3	Fazit der technisch-wirtschaftlichen Bewertung	144
7	Ausblick auf weitere Anwendungsmöglichkeiten	146
7.1	Anwendungsbeispiel: Flechten	146
7.2	Potential der Technologie für die Reduktion der Reibung zwischen textilen Flächen und Führungselementen	148

7.3 Potential der Technologie für die Reduktion der Reibung zwischen Fasern	149
7.4 Potential der Technologie für das Wirken	151
8 Zusammenfassung	153
9 Summary	156
10 Kurzzusammenfassung	159
11 Abstract	160
12 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	161
12.1 Abbildungen	161
12.2 Tabellen	167
13 Literatur	169
14 Anhang A: Abkürzungsverzeichnis, Formelzeichen	181