

Abkürzungs- und Symbolverzeichnis	IX
1 Einleitung, Problemstellung und Zielsetzung für den Einsatz vakuumbasierter Granulatgreifer	1
1.1 Herausforderungen, Anwendungsspektren und Potenzialausschöpfung für vakuumbasierte Granulatgreifer.....	1
1.2 Inhalt und Vorgehensweise in der Arbeit.....	3
2 Grundlagen zur formflexiblen Handhabung	4
2.1 Roboterbasierte Greifer in Forschung und Industrie.....	5
2.1.1 Ausgangslage für pneumatische Sauggreifer.....	6
2.1.2 Forschung im Bereich Soft Robotics bezüglich flexibler Greifer	9
2.2 Vorgehensweisen für eine Greifsystemauslegung.....	13
2.2.1 Differenzierung der Herausforderungen der Greiferfolg- und Greifkraftvorhersage für die Abhängigkeit von Objektgeometrie und Greiferkonfiguration.....	14
2.2.2 Möglichkeiten für eine objektabhängige Greifkraftvorhersage	15
2.2.3 Abhängigkeit der erzielbaren Greifkraft von der Konfiguration granulatbasierter Greifer.. ..	19
2.3 Vorstellung des in dieser Arbeit untersuchten vakuumbasierten Granulatgreiferkonzepts.....	23
2.4 Erkenntnisse und Handlungsbedarfe für vakuumbasierte Granulatgreifer	26
3 Experimentelle Studie der Einflussfaktoren auf die Greifkraft und Basisprozessdefinition.....	28
3.1 Kategorisierung und Eingrenzung der Handlungsfelder auf die erzielbare Greifkraft. 30	
3.1.1 Oberflächenbeschaffenheit und initiale Anpresskraft.....	31
3.1.2 Druckdifferenz, Luftundurchlässigkeit und Oberflächengeometrie	33
3.2 Aus dem Verhalten der Druckdifferenz und resultierenden Greifkraft abgeleitetes empirisch adaptiertes analytisches Modell für die Objektabhängigkeit	37
3.2.1 Auswirkung des gewählten Greifkraftmodells bezüglich der Einschätzung der Größenskalerung zu greifender Geometrien.....	41
3.3 Zwischenfazit zu relevanten Handlungsfeldern	42
4 Arbeitshypothesen für die Entwicklung von Methoden für vakuumbasierte Granulatgreifer	44
5 Modellierung und Methodenentwicklung für die greifkraftbasierte Greifsystemauslegung	47
5.1 Einflüsse und Vorhersage greiferspezifischer Parameter in Bezug auf erzielbare Greifkräfte.....	48
5.1.1 Analyse möglicher Einflussparameter der Greiferkonfiguration auf Basis des Standes der Forschung.....	48
5.1.2 Vorstellung des verwendeten Greiferparcours.....	49
5.1.3 Experimentelle Vorgehensweise zur Ermittlung der konfigurationsabhängigen erzielbaren Greifkräfte	50

5.1.4	Auswertung der Experimente zu Variationen von Granulat und Membran und deren Einfluss auf die erzielbaren Greifkräfte über den Formfaktor $C_{combined}$	57
5.1.5	Übertragung der experimentellen Ergebnisse auf beliebige Greiferkonfigurationen durch Interpolation der Formfaktoren	60
5.1.6	Validierung der Interpolationsansätze der Formfaktoren anhand ausgewählter Beispiele	62
5.1.7	Zukünftige Anpassungs- und Optimierungsmöglichkeiten für eine bessere Vorhersagbarkeit erzielbarer Greifkräfte unterschiedlicher Greiferkonfigurationen	69
5.1.8	Zusammenfassung zu Einfluss und Modellierung von greiferspezifischen Parametern in Bezug auf erzielbare Greifkräfte	70
5.1.9	Betrachtung der Streuungen und Abweichungen der erzielbaren Greifkräfte für das untersuchte Greiferkonzept und die untersuchten Greiferkonfigurationen	72
5.2	Einflüsse und Vorhersage objektgeometrieabhängiger Parameter in Bezug auf erzielbare Greifkräfte	77
5.2.1	Differenzierung der Vorhersagemöglichkeiten für objektgeometrieabhängige Greifkräfte	77
5.2.2	Anwendbarkeit und Auswahl von Greifbarkeitsvorhersagemethoden des Standes der Forschung für den untersuchten Greifer	78
5.2.3	Übersicht über die betrachteten Möglichkeiten zur objektbasierten Greifkräfteeinschätzung	80
5.2.4	Übersicht über die experimentellen Randbedingungen und verwendeten Objekte für die untersuchten Greifkraftvorhersagemodelle	82
5.2.5	Analytische Kennwertentwicklung zur Kontaktmodellierung auf Basis der charakteristischen Greiferfunktionsweise	84
5.2.6	Greifkraftvorhersage durch einen Ähnlichkeitsvergleich zu bekannten objektbezogenen Greifkräften mittels des Coherent Point Drift Algorithmus	95
5.2.7	Validierung der Kennwert- sowie CPD-basierten Greifkraftvorhersage	97
5.2.8	Diskussion und Erweiterungsmöglichkeiten der Kennwert- und CPD-basierten Greifkraftvorhersage	103
5.2.9	Zwischenfazit zur geometriebasierten Kennwertentwicklung und CPD-basierten Greifkraftvorhersage	107
5.2.10	Greifkraftvorhersage auf Basis eines Ähnlichkeitsvergleichs über geometriebeschreibende Parameter	108
5.2.11	Zusammenfassung der betrachteten Möglichkeiten zur Vorhersage der objektgeometrieabhängigen Greifkraft	113
5.3	Einflüsse und Möglichkeiten zur Integration angepasster Greifstrategien in den Handhabungsprozess	117
5.3.1	Grundlagen und Orientierungsmöglichkeiten für angepasste Greifstrategien	117
5.3.2	Experimentelles Vorgehen für die experimentelle Bestimmung des Einflusses von Greifstrategien auf erzielbare Greifkräfte	118
5.3.3	Definition der zu untersuchenden Ansatzpunkte im Greifprozess für den Einsatz von angepassten Greifstrategien	119
5.3.4	Experimentelle Ergebnisse für den Einfluss der Greifstrategien auf die erzielbare Greifkraft und Vergleich der Potenziale	121
5.3.5	Kritische Betrachtung und Potenziale für eine Anwendung von Greifstrategien zur Beeinflussung der erzielbaren Greifkraft	130
5.3.6	Zusammenfassung der Potenziale und der Anwendungsmöglichkeiten einer angepassten Greifstrategie zur Beeinflussung der resultierenden Greifkraft	137
6	Übergeordnete Vorgehensmethode für eine Auslegung des Greifprozesses	138

6.1	Zusammenfassung der Prozessrandbedingungen und deren Beeinflussbarkeit innerhalb individueller Handhabungsaufgaben	138
6.2	Auslegung des Greifprozesses auf Basis der aufgezeigten Erkenntnisse	140
7	Zusammenfassung der entwickelten Methoden zur Greifkraftvorhersage und weitere Handlungsempfehlungen	143
8	Anhang	146
	Abbildungsverzeichnis	152
	Tabellenverzeichnis	158
	Literaturverzeichnis	159