

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
0	<u>Abkürzungen und Formelzeichen</u>	13
1	<u>Einleitung</u>	16
1.1	Problemstellung	16
1.2	Zielsetzung und Vorgehensweise	17
2	<u>Ausgangssituation</u>	18
2.1	Begriffe und Definitionen	18
2.2	Stand der Technik	19
2.2.1	Istzustand bei der Verdrahtung von Produkten	19
2.2.2	Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten	21
3	<u>Analyse des Istzustandes bei der manuellen Verdrahtung von Produkten und Ableitung von Anforderungen an flexible Systeme zur Direktmontage von Leitungen</u>	24
3.1	Produktspektrum	24
3.1.1	Eingesetzte Leitungen	24
3.1.2	Analyse der Anschlußtechniken	26
3.1.3	Automatisierungshemmnisse	28
3.2	Produktionstechnische Randbedingungen	29
3.2.1	Analyse der Produktionsstruktur	29
3.2.2	Montageablauf	30
3.2.3	Montagezeiten	30
3.3	Folgerungen aus den Analyseergebnissen	32
3.4	Anforderungen an flexibel automatisierte Systeme zur Direktmontage von Leitungen	33
3.4.1	Gesamtsystem und Teilsysteme	33
3.4.2	Anforderungen an Gesamtsysteme	33

3.4.3	Anforderungen an Teilsysteme	34
3.4.3.1	Handhabungssystem	34
3.4.3.2	Fügesysteme	35
3.4.3.3	Toleranzausgleichssystem	36
3.5	Anforderungen an den Produktaufbau und die Auslegung der Anschlußstellen	37
4	<u>Konzeption von Gesamt- und Teilsystemen zur flexiblen Direktmontage von Leitungen und Auslegung von Anschlußzonen</u>	39
4.1	Randbedingungen bei der Systemkonzeption	39
4.2	Lösungskonzepte zu Gesamtsystemen	40
4.2.1	Konzeption eines Verdrahtungssystems zur flexiblen Direktmontage von Leitungen	40
4.2.2	Integration in Mehrplatzsysteme	42
4.3	Lösungskonzepte zu den Teilaufgaben	44
4.3.1	Anschlußtechnikübergreifende Teilsysteme	44
4.3.2	Anschlußtechnikspezifische Teilsysteme	46
4.3.2.1	Löttechnik	46
4.3.2.2	Schneidklemmtechnik	48
4.4	Lösungskonzepte für die Auslegung von Anschlußzonen für die Direktmontage von Leitungen in Schneidklemmtechnik	50
5	<u>Entwicklung eines Verdrillverfahrens zur Direktmontage von Leitungen in Löttechnik</u>	52
5.1	Alternative Funktionsabläufe	52
5.2	Alternative Lösungsvarianten	54
5.3	Theoretische Betrachtung des Verdrillvorganges	55
5.3.1	Mathematische Beschreibung	55
5.3.2	Verdrillwinkel und Verdrillfaktor	56
5.3.3	Maximale Verdrillung	57
5.3.4	Verdrillgrad	59
5.3.5	Verdrillwirkungsgrad	60

5.4	Entwicklung eines Funktionsmusters zur Verdrillung	61
5.4.1	Funktionsprinzip	61
5.4.2	Konstruktive Gestaltung der Verdrilleinheit	63
5.5	Experimentelle Untersuchungen	64
5.5.1	Versuchsergebnisse	64
5.5.2	Ermittlung der experimentellen Verdrillwinkel	65
5.5.3	Bestimmung des Verdrillwirkungsgrades	66
6	<u>Konzeption und Entwicklung eines Kontaktier- und Verlegewerkzeuges zur Direktmontage von Leitungen in Schneidklemmtechnik</u>	68
6.1	Phasen des Kontaktievorganges	68
6.2	Werkzeugkonzeption und Verfahrensentwicklung	69
6.2.1	Schematisches Werkzeugkonzept	69
6.2.2	Alternative Kontaktierverfahren	69
6.2.3	Alternative Stempelformen	71
6.3	Entwicklung eines Versuchswerkzeuges	72
6.4	Experimentelle Untersuchungen	74
6.4.1	Ermittlung des Fügekraftverlaufes	74
6.4.2	Synchronisation des Leitungsvorschubes	76
6.4.2.1	Optimierung der Leitungsverlegung bei geradlinigen Verlegebahnen	77
6.4.2.2	Optimierung der Leitungsverlegung bei abgewinkelten Verlegebahnen	78
7	<u>Versuchsaufbau zur flexibel automatisierten Direktmontage von Leitungen in Löttechnik</u>	81
7.1	Ausgewähltes Produktspektrum	81
7.2	Aufbau des Gesamtsystems	81
7.3	Löt-/Verlegewerkzeug	82
7.4	Steuerungsstruktur	84
7.5	Erprobung des Gesamtsystems	85
7.5.1	Montageablauf und Montagezeiten	85
7.5.2	Notwendige Weiterentwicklungen	86

8	<u>Realisiertes Pilotsystem zur flexibel automatisierten Direktmontage von Leitungen in Schneidklemmtechnik</u>	88
8.1	Ausgewähltes Produktspektrum und technische Randbedingungen	88
8.2	Gesamtaufbau des Pilotsystems	89
8.3	Kontaktier-/Verlegewerkzeug	90
8.4	Steuerungsstruktur	91
8.5	Erprobung des Gesamtsystems	92
8.5.1	Montageablauf	92
8.5.2	Montagezeiten	94
8.5.3	Störverhalten	95
8.5.4	Fazit aus den Versuchen	96
9	<u>Zusammenfassung und Ausblick</u>	97
10	<u>Literaturverzeichnis</u>	100