



Schlussbericht

Vorhabensbezeichnung:

**Integration und Realisierung komplexer Elektronik
in textilen Strukturen durch Nutzung der Sticktechnologie**

Förderkennzeichen: 03I1846C

Laufzeit des Vorhabens: 01.04.2005 – 31.08.2006

Textilforschungsinstitut Thüringen-Vogtland e.V. Greiz

Greiz, Februar 2007

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzdarstellung.....	5
1.1	Voraussetzungen zur Durchführung des Vorhabens.....	5
1.2	Planung und Ablauf des Vorhabens.....	6
1.3	Wissenschaftlicher und technischer Stand zu Beginn des Vorhabens.....	6
1.4	Zusammenarbeit mit anderen Stellen.....	8
2	Eingehende Darstellung.....	9
2.1	Erzielte Ergebnisse.....	9
2.1.1	Entwicklung eines Verfahrens zur Zuführung, Fixierung und Verstickung mikroelektronischer Bauelemente bzw. Baugruppen.....	9
2.1.2	Versuchsreihe 1: Kontaktierung elektronischer Baugruppen durch gestickte Leiterbahnen und Untersuchungen zur Zuverlässigkeit (Waschtest).....	10
2.1.3	Versuchsreihe 2: Kontaktierung elektronischer Baugruppen durch gestickte Leiterbahnen und Untersuchungen zur Zuverlässigkeit (Waschtest, mikroskopische Untersuchungen), verbesserte Technologie.....	13
2.1.4	Versuchsreihe 3: Untersuchungen zur Zuverlässigkeit gecrimpter textiler Leiterbahnen (Waschtest und Scheuerprüfung).....	21
2.1.5	Versuchsreihe 4: Untersuchungen zur Zuverlässigkeit von Kontaktierungen mit Druckknöpfen (Waschtest und mikroskopische Untersuchungen).....	25
2.1.6	Kontaktierung elektronischer Baugruppen durch gestickte Leiterbahnen und Untersuchungen zur Zuverlässigkeit (Waschtest, mechanischer Belastungstest), optimierte Verbindungstechnologie.....	31
2.1.7	Funktionsmuster: Textile Funktastatur.....	55
2.2	Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse.....	56
2.3	Fortschritt bei anderen Stellen.....	58
2.4	Veröffentlichungen der Ergebnisse.....	59
2.5	Literatur.....	60

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Versuchsproben.....	11
Abb. 2: Detailansicht Kontaktierung mit Kontaktkleber	11
Abb. 3 : Detailansicht Kontaktierung ohne Kontaktkleber	11
Abb. 4: gestickte Leiterbahnen.....	14
Abb. 5: Detailansicht Kontaktierung mit Kontaktkleber	14
Abb. 6: gestickte Pads.....	14
Mikroskopische Aufnahmen vor der Wäsche:	
Abb. 7: Probe rot, Loch 3 und 4	18
Abb. 8: Probe rot, Faden 4 und 5.....	18
Abb. 9: gelber Leiter (Kontakt kurzer Schenkel).....	18
Abb. 10: gelber Leiter (Kontakt langer Schenkel).....	18
Abb. 11: blauer Leiter, geschlossener Kontaktpunkt.....	18
Abb. 12: blauer Leiter, offener Kontaktpunkt.....	18
Mikroskopische Aufnahmen nach der 20. Wäsche:	
Abb. 13: Probe rot, Loch 3 und 4	19
Abb. 14: Probe rot, Faden 4 und 5.....	19
Abb. 15: gelber Leiter, (Kontakt kurzer Schenkel).....	19
Abb. 16: gelber Leiter, (Kontakt langer Schenkel).....	19
Abb. 17: blauer Leiter, geschlossener Kontaktpunkt.....	19
Abb. 18: blauer Leiter, offener Kontaktpunkt.....	19
Abb. 19: grüne Probe (Abdeckung geöffnet), Loch 3 und 4 im Auflicht 8 : 1	20
Abb. 20: grüne Probe (Abdeckung geöffnet), Faden 4 und 5 im Auflicht 8 : 1	20
Aufnahmen einzelner Filamente vom Faden Nr.4 (grüne Probe) nach der 20. Wäsche	
Abb. 21: 100 : 1.....	20
Abb. 22: 100 : 1.....	20
Abb. 23: 32 : 1.....	20
Abb. 24: 50 : 1.....	20
Abb. 25: Proben Crimpverbindung.....	21
Abb. 26: Probenentnahme	23
Mikroskopische Aufnahmen vor der Wäsche:	
Abb. 27: Muster „weiß“	23
Abb. 28: Muster „weiß“	23
Abb. 29: Muster „weiß“	23
Abb. 30: Muster „weiß“	23
Abb. 31: Muster „weiß“	24
Abb. 32: Muster „rosa“.....	24
Abb. 33: Muster „blau“	24
Abb. 34: Versuchsproben.....	25
Abb. 35: ELITEX® 110x2, Nr. 3 rot.....	28
Abb. 36: ELITEX® 110x2, Nr. 5 rot.....	28
Abb. 37: ELITEX® 110x2, Nr. 3 grau	28
Abb. 38: ELITEX® 110x2, Nr. 5 grau	28
Abb. 39: ELITEX® 235 dtex, Nr. 3 gelb.....	28
Abb. 40: ELITEX® 235 dtex, Nr. 5 gelb.....	28
Abb. 41: ELITEX® 235dtex, Nr. 3 blau.....	28
Abb. 42: ELITEX® 235dtex, Nr. 5 blau.....	28
Mikroskopische Aufnahmen nach der 8.Wäsche:	
Abb. 43: ELITEX® 110x2, Nr. 3 rot	29
Abb. 44: ELITEX® 110x2, Nr. 5 rot	29
Abb. 45: ELITEX® 110x2, Nr. 3 grau	29
Abb. 46: ELITEX® 110x2, Nr. 5 grau	29

Abb. 47: ELITEX® 235 dtex, Nr. 3 gelb	29
Abb. 48: ELITEX® 235 dtex, Nr. 5 gelb	29
Abb. 49: ELITEX® 235 dtex, Nr. 3 blau	29
Abb. 50: ELITEX® 235 dtex, Nr. 5 blau.....	29
mikroskopische Aufnahmen von einzelnen Filamenten aus der Reihe Nr.1 nach der 20. Wäsche	
Abb. 51: Muster grau 100 : 1	30
Abb. 52: Muster grau 100 : 1	30
Abb. 53: Muster rot 100 : 1	30
Abb. 54: Muster rot 100 : 1	30
Abb. 55: Muster blau 100 : 1	30
Abb. 56: Muster blau 100 : 1	30
Abb. 59: Platinenvarianten V1-V4	32
Abb. 60: Verbindung Platine (oben) und Textil (unten)	33
Abb. 62: Mechanische Fixierung der Platine auf Fixierungsrahmen	34
Abb. 63: aufgestickte Platine	34
Abb. 64: Versuchsplatinen im Stickrahmen.....	34
Abb. 65: Beschaltung der Leittest-Platinen	35
Abb. 66: Versuchsplatinen für Waschtest	35
Abb. 67: Versuchsplatinen für mechanischen Belastungstest	45
Abb. 68: Verschaltung der Versuchsproben.....	47
Abb. 69: Versuchsaufbau mechanischer Belastungstest	47
Abb. 70: auf der Testvorrichtung kontaktierte Versuchsprobe	48
Abb. 71: Messwerterfassung und Versuchsauswertung am PC	48
Abb. 72: gesticktes Layout der Funktastatur	56
Abb. 73: innerer Aufbau des Funktionsmusters	56
Abb. 74: Internetseite der Projektpartner	59

1 Kurzdarstellung

Aufgabenstellung

Im Rahmen des Vorhabens sollen Verfahren entwickelt werden, die eine Einbringung mikroelektronischer Bauelemente in Textilien ermöglichen. Dabei ist das Vorhaben in verschiedene Aufgabenbereiche gegliedert. Zunächst muss die definierte Zuführung des Bauelementes vom Reservoir zur Arbeitsfläche und die Positionierung sowie die Fixierung im textilen Verbund ermöglicht werden. Hierbei muss eine hohe Positionsgenauigkeit und Reproduzierbarkeit erreicht werden. Im nächsten Schritt ist die sichere Befestigung der Bauelemente auf textilen Substraten zu erreichen. Hierbei ist großes Augenmerk darauf zu legen, die textilen Eigenschaften möglichst wenig zu beeinträchtigen.

Als wesentliche Voraussetzung für die sichere Funktion der späteren Anwendungen ist eine zuverlässige elektrische Verbindung herzustellen. Verschiedene leitfähige Fadenmaterialien sind hinsichtlich ihrer Verarbeitbarkeit und Funktionstüchtigkeit zu untersuchen.

In einem weiteren Aufgabenschwerpunkt sollen Erkenntnisse darüber gewonnen werden, inwieweit es möglich ist, mit leitfähigen Fäden elektrische und sensorische Funktionen zu erfüllen. Zu diesem Zweck müssen Untersuchungen durchgeführt werden, welche Funktionen überhaupt mit Fadenstrukturen realisierbar sind. Die ermittelten Funktionsmodelle sind labormäßig herzustellen und durch entsprechende Messreihen die erwarteten Ergebnisse zu überprüfen.

Im weiteren Verlauf des Vorhabens sind die gewonnenen Erkenntnisse in komplexeren Funktionsmodulen zu vereinen. Hierzu sind die vorgesehenen Schaltungen zunächst als Flachbaugruppe auszuführen und zu optimieren. Anschließend erfolgt die Umsetzung mit den textilen Komponenten.

Zur Lösung dieser Aufgaben sind umfangreiche Laboreinrichtungen zu konzipieren. Alle Funktionsmodule sind umfangreichen Tests zu unterwerfen. Entsprechende geeignete Prüfverfahren mussten entwickelt werden.

1.1 Voraussetzungen zur Durchführung des Vorhabens

Das Projektziel kann nur durch enge interdisziplinäre Zusammenarbeit realisiert werden. Zwischen den Bereichen Textiltechnologie (Stickerei), Elektronik und Medizintechnik ist eine gemeinsame Arbeitsplattform zu organisieren, die einen reibungslosen Wissenstransfer auf der Basis einer gemeinsamen Terminologie ermöglicht.

Die Firma Sandner verfügte über einen modernen Maschinenpark, der dank elektronischer Steuerung und Vernetzung höchsten Ansprüchen an die Fertigung von Stickereierzeugnissen genügt. Ein erfahrener Mitarbeiterstamm garantierte hohe Produktqualität und Produktionssicherheit. Die in der Entwicklungsabteilung vorhandene CAD-Technik bildet eine gute Grundlage für die konstruktive Vorbereitung der Versuchsmuster.

Der Ingenieurbetrieb Kunze befasst sich mit der Entwicklung und Produktion von kundenspezifischen Funkbaugruppen. Besondere Erfahrungen bestehen im Bereich der industriellen Elektronik und im Bereich der Fernübertragung von Daten und

Fernsteuerungen. Die Firma verfügt über eine umfangreiche messtechnische Ausstattung und ein erfahrenes Entwicklerteam.

Das Hauptgeschäftsfeld von SUESS Medizin-Technik GmbH ist die psychophysiologische Funktionsdiagnostik in den Bereichen Neurokardiologie, Psychophysiologie, Leistungsmedizin und Medical Wellness. Entwicklung, Herstellung, Vertrieb und Service entsprechender Messeplätze gestalten das Leistungsprofil des Unternehmens. Die Mehrzahl der Mitarbeiter der Firma besitzt einen Hochschulabschluss und verfügt über langjährige spezifische Fachkenntnisse in Forschung, Entwicklung und Herstellung von Medizintechnik.

Das Textilforschungsinstitut Thüringen-Vogtland kann unter anderem auf eine langjährige Forschungstätigkeit auf dem Gebiet der Stickerei verweisen. In vorangegangenen Projekten wurde gezeigt, welche Möglichkeiten leitfähige textile Strukturen eröffnen. Die im Institut vorhandene Prüftechnik schafft maßgebliche Voraussetzungen, die erreichten Versuchsergebnisse zu bewerten und Rückschlüsse auf weitere Entwicklungsschritte zu ziehen.

1.2 Planung und Ablauf des Vorhabens

Die Durchführung des Vorhabens wurde für den Zeitraum April 2005 bis Juni 2006 geplant.

Der geplante finanzielle Rahmen wurde eingehalten.

Bis zum März des Jahres 2006 wurden alle Arbeiten entsprechend des aufgestellten Arbeitsplanes termingemäß durchgeführt.

Durch den Insolvenzantrag der Firma Sandner im März 2006 war die Fortführung des Projektes in der bisherigen Konstellation nicht mehr möglich. Die bis dahin erreichten Ergebnisse und daraus resultierende Erfolgsaussichten wurden von allen Beteiligten positiv beurteilt. Zwischen den Projektpartnern bestand daher Übereinstimmung darüber, das Projekt in seinen wesentlichsten Teilen weiterzuführen und wie geplant zu beenden.

Um dieses Ziel zu erreichen wurde vereinbart, dass die noch von der Firma Sandner ausstehenden Aufgaben durch das Textilforschungsinstitut Thüringen-Vogtland übernommen werden. Zur Realisierung dieses Vorhabens wurde ein Teil des bei der Firma Sandner bisher mit der Projektdurchführung betrauten Personals zeitlich begrenzt eingestellt. Damit konnte die Fortführung des Projektes ohne größeren Zeitverlust gesichert werden.

Die Arbeiten zum vorliegenden Projekt wurden Ende August 2006 abgeschlossen.

1.3 Wissenschaftlicher und technischer Stand zu Beginn des Vorhabens

Durch den Einsatz elektrisch leitfähiger Fäden in Textilien können elektrische Signale und elektrische Energie auf einem textilen Träger übertragen werden.

Aufgrund ihrer hohen Flexibilität, des geringen Gewichtes und ihrer Knickbruchbeständigkeit bieten textile Trägermaterialien in Verbindung mit textilen elektrisch leitfähigen Fadenmaterialien vielfältige Innovationspotenziale in den unterschiedlichsten Anwendungsbranchen.

Mit der SticKtechnologie ist man i n der Lage, äußerst präzise Stichfolgen zur Trassierung elektrischer Leiterbahnen sowie zur Kontaktierung elektr onischer Bauelemente und Baugruppen zu realisieren.

Ziel des Projektes war es, Verfahren zu entwickeln, mikroelektronische Bauelemente in textile Flächen einzubringen, so dass sie b efestigt und gleichzeitig mit de m im Textil befindlichen elektrischen Leiter kontaktiert werden.

Folgende Verfahren wurden zum Zeitpunkt des Vorh abensbeginnes angewandt, um Mikroelektronik ins bzw. ans Textil zu bringen:

1. Einbringen des Bauelements in eine Tasche
2. Aufkleben des Bauelements
3. Anbringen des Bauelements in Form eines Interposers (derzeit nur für Transponder)

Die Variante „Tasche“ war die populärste. Sicher spielt eine große Rolle, dass die Elektronik sehr einfach entfernt bzw. getauscht werden kann. Andererseits ist die se Variante auch die einzige, die ohne größeren Aufwand wirklich realisierbar ist.

Der Abschlußbericht „ Smart – Clothes – Te chnologien für die Bekleidungsindustrie“ /1/ beschreibt ausführlich die Möglichkeiten der Integration von Elektronik in Taschen. Weitere Möglichkeiten werden nicht näher b etrachtet. Diese Untersuchung belegt, dass auf diesem Gebiet Nachholbedarf besteht und außerordentlich viel Neuland zu beschreiten ist.

Der VDI/VDE–IT führte im zweiten Halbjahr 2 003 in Koo peration mit den Hohe nsteiner Instituten Bönningheim, dem TITV Greiz und der RWTH Aachen drei Experten-Workshops zum Thema „Smart Clothes – Produ kte in 3 Jahren“ durch. Zwei dieser Workshops wurden von den Antragstellern besucht. Die Veranstaltungen zeigten deutlich das Defizit, welches hinsichtlich der Integ ration von mikroelektro nische Bauelementen in Textilien besteht. Sowohl Industrie, als a uch Forschungseinrichtungen konnten keine Lösung anbieten, die dem gesteckten Ziel de s Vorhabens gerecht wurde. Es wurden viele Ideen kreiert , jedoch zumeist mit Lösungsvarianten, die plakativer Natur waren.

Das Thema Elektronik in der Bekleidung ist für die Öffentlichkeit aktueller als jemals zuvor. Textile Optik und Haptik dürfen nicht durch die neuen Funktionen beeinflusst werden, also muss die Technik kle in, leicht und anschmiegsam werde n. Mechanische Beanspruchung darf nicht zu Defekten führen, Waschen u nd Reinigen müssen möglich sein. Diese Forderungen von Siglinde Zisler, Meisterschu le für Mode, München, sind die Zielsetzungen die für Elektronik im Textil stehen. /2/

Ein Verbundvorhaben des STFI, der HEITEC AG und der YETI GmbH mit dem Thema „Kälteschutzkleidung“, welches innerhalb InnoRegio gefördert wurde, beinhaltete eb enfalls die Thematik der Kontaktierung. Jedoch wurde in diesem Projekt auf konventionelle Methoden zurückgegriffen. Die elektrischen Leiter bestehen aus herkömmlichen Drähten, die in Kanälen ins Textil eingebracht werden. Die Verbindung wird vorzu gsweise durch Löten bzw. Pressen durchgeführt. /3/

Bisher wurden die Ele ktronikmodule lediglich angeheftet bzw. im Textil versteckt. Diese applizierte Technik wird vom Verbraucher nur unzureiche nd akzeptiert. Grundlage für die unauffällige Integration von Elektronik im Textil ist, die elektrische Leitfähigkeit im Texti l selbst herzustellen. Eine Möglichkeit diese Leitfähigkeit zu realisieren ist das Einbringen von dünnen Drähten. Auf Grund eigene r Versuche wurde die Eignung von Drähten durch die Knick- und Zugbeanspr uchung während der Verarbeitung und im Gebrauch der flexiblen Textilien als ungenügend eingeschätzt. /4/

Die elektrisch leitfähigen Materialien müssen eine Grundleitfähigkeit aufweisen. Heute sind bereits textile metallisierte Fäden am Markt erhältlich, die diese Bedingung erfüllen. Bisher wurden diese aber lediglich zur Abschirmung elektromagnetischer Wellen und wegen ihrer antimikrobiellen Eigenschaften bei Patienten mit Neurodermitis zu deren Heilung genutzt. /5/ Vorteil dieser metallisierten Fäden ist die weitestgehend problemlose textile chemische Verarbeitbarkeit und der textile Charakter. Untersuchungen haben gezeigt, dass sich die daraus hergestellten textilen leitfähigen Strukturen galvanisch und elektrochemisch modifizieren lassen. Dabei können sehr gleichmäßige Filme erzeugt werden, so dass die Leitfähigkeit für Leiterbahnen und Antennenstrukturen ausreichend ist. Auch erste Tests zur Waschbeständigkeit der leitfähigen Strukturen verliefen positiv. /6/

Die Kontaktierung von Chips oder anderen elektronischen Modulen auf flexible leitfähige Textilien erfordert anders als bei konventionellen Leiterplatten eine flexible Verbindung mit den Modulen. Gegenwärtig gibt es noch keine qualifizierten produktionsstauglichen Technologien zum Kontaktieren von mikroelektronischen Modulen an leitfähigen Fäden. Verschiedene Firmen und Institute (z.B. Infineon) arbeiten an solchen Verfahren. Dabei konzentrieren sich die Arbeiten auf modifizierte Techniken aus der Mikroelektronik, z.B. Löten (auch mittels Laser) und auch leitfähiges Kleben. /7/

Textile Verfahren wurden bisher noch nicht als Verbindungstechnologie untersucht. Erstmals soll die Kontaktierung der Module durch das leitfähige Fadenmaterial selbst erfolgen. Um produktionsrelevante Verfahren zu entwickeln, werden Stichbildungsverfahren aus der Stickerei und Näherei untersucht. Diese Technik soll zum Positionieren und Kontaktieren der Module genutzt werden. Dazu ist erforderlich, dass der Aufbau mikroelektronischer Module entsprechend der Stichbildungsmöglichkeiten und Paillettenzuführungseinrichtungen verändert wird.

Im Rahmen des Projektes wird neben neuartigen leitfähigen Faden- und Gewebestrukturen deren Kontaktierung mit Mikrobauelementen untersucht. Flexible leitfähige Fäden auf der Basis nichtmetallischer Werkstoffe eröffnen neue Möglichkeiten für die Entwicklung neuartiger funktioneller Textilien. Eine effiziente Technologie zur Positionierung und Kontaktierung von Mikrobauelementen auf leitfähigen Textilien bildet die notwendige Basis für die Weiterentwicklung und Produktionsrelevanz von textilen Transpondern. Gleichzeitig ist die Verfahrensentwicklung eine Grundlage für eine Vielzahl von Produktinnovationen, wie textile Sensoren für medizinische Anwendungen, textile Leiterplatten, Displays, oder elektronische Bekleidung.

In der Patentschrift DE 19755792C2 /8/ wird ein textiles Flächengebilde aus mehreren miteinander verbundenen, teilweise elektrisch leitenden Drähten/Fäden enthaltenden Gewebelagen beschrieben. Dieses Patent des Textilforschungsinstitutes Thüringen-Vogtland e. V. Greiz und des ICR International Consulting Bureau Dr. Hieber Jena bildet die Basis für die Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiet textiler Elektronik.

1.4 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Für die Erfüllung der Aufgaben im Rahmen des vorliegenden Projektes war keine nennenswerte Zusammenarbeit mit anderen Stellen erforderlich.

2 Eingehende Darstellung

2.1 Erzielte Ergebnisse

2.1.1 Entwicklung eines Verfahrens zur Zuführung, Fixierung und Verstickung mikroelektronischer Bauelemente bzw. Baugruppen

In Anlehnung an die bisher bekannte Paillettentechnik ist ein Verfahren entwickelt worden, um mikroelektronische Bauelemente auf textilen Substraten zu fixieren.

Hierzu mussten zunächst geeignete Träger für die Elektronik entwickelt werden. Diese hatten mehrere Anforderungen zu erfüllen. Ihre Geometrie musste so gestaltet werden, dass ein technologisch sicherer Ablauf im Stickprozess gewährleistet war und gleichzeitig eine optimale elektrische Verbindung ermöglicht wurde. Es entstand eine Vielzahl von Platinenvarianten, wie sie weiter unten beschrieben wird.

Für die Ansteuerung des Stickautomaten konnte ein vorhandenes Punchprogramm verwendet und für die anstehenden Aufgaben modifiziert werden. Die Konstruktionsdaten der Platinen konnten konvertiert und als Grundlage für die Erstellung der Stickdaten übernommen werden.

Die Fixierung der Bauelemente wurde von der elektrischen Funktion abgekoppelt und mit einem separaten Fadensystem ausgeführt. Die am Ende der Versuche erreichte Genauigkeit bei der Positionierung war für die spätere Kontaktierung völlig ausreichend.

Bei der Konstruktion der Stickerei für das vorgesehene Anwendungsgebiet zeigte sich, dass bisherige Konstruktionsprinzipien größtenteils nicht anwendbar waren. So konnten An- und Verstechstiche nicht in der gewohnten Form ausgeführt werden, da die entstehenden Verdickungen zu elektrischen Kurzschlüssen führten. Eine Lösung wurde darin gefunden, diese für den technologischen Ablauf notwendigen Passagen außerhalb des Funktionsbereiches auszuführen und dann im Funktionsbereich mit differenzierteren Stichlängen zu arbeiten.

Um die geforderten Funktionen auf möglichst kleinem Raum auszuführen, musste der Abstand zwischen den textilen Leitern minimiert werden. Kleinste abstehende Fasern der leitfähigen Fadenmaterialien stehen diesem Bemühen entgegen. Versuche haben gezeigt, dass abhängig vom verwendeten Material der Mindestabstand zwischen zwei als Steppstichlinien ausgeführten Leiterbahnen bei ca. 2 mm liegt. Bei geringerem Abstand besteht insbesondere bei mechanischer Beanspruchung die Gefahr von Kurzschlüssen. Durch eine Optimierung der Fadenspannungsverhältnisse sind hier noch Verbesserungen möglich.

Die elektrisch leitfähigen Fadenmaterialien wurden sowohl im Unter- als auch im Oberfadensystem eingesetzt. Die prinzipielle Möglichkeit der Verarbeitung wurde in beiden Systemen nachgewiesen.

Es wurden verschiedene leitfähige Fäden in die Stickversuche einbezogen. Nach umfangreichen Tests erfolgten die weiteren Versuche mit TITV- ELITEX[®] versilbert dtex235/ f 34. /9/ Ein wesentliches Problem bei der Verarbeitung des favorisierten Fadenmaterials besteht in der Ablagerung von leitfähigem Abrieb im Stickprozess sowohl an den Stickwerkzeugen als auch auf den verarbeiteten Textilien und Bauelementen. Durch das Anbringen entsprechender Absaugvorrichtungen konnte dieses Problem gelöst werden.

Um die Verarbeitbarkeit der Spezialfäden zu verbessern, wurden neue Zuführeinrichtungen entwickelt. Durch die Reduzierung von Umlenkstellen konnte der Fadenlauf optimiert werden.

Um die verschiedenen Bauelemente beim Verarbeitungsprozess sicher zuführen, wurde ein spezieller Drückerfuß entwickelt, der sich der veränderlichen Geometrie der Bauelemente anpassen lässt.

Breiten Raum nahmen die Versuchsreihen zur Optimierung der elektrischen Kontaktstellen ein. Dabei wurde mit verschiedenen geometrischen Gestaltungen der Kontaktstellen und unterschiedlichen Ausführungen der Stickereikonstruktion gearbeitet. Außerdem wurden verschiedene zusätzliche Möglichkeiten der Fixierung der elektrischen Kontakte getestet. Die Ergebnisse sind weiter unten in diesem Bericht dargestellt.

2.1.2 Versuchsreihe1: Kontaktierung elektronischer Baugruppen durch gestickte Leiterbahnen und Untersuchungen zur Zuverlässigkeit (Waschtest)

Vor dem Beginn der Versuchsreihen wurden zunächst verschiedene Fadenmaterialien auf Ihre Eignung als textiler elektrischer Leiter und auf Ihre Verarbeitbarkeit auf Stickmaschinen hin untersucht. Weiterhin wurden Labortests zum Verschleiß der Maschinenelemente der Stickmaschinen durchgeführt.

Folgende Materialien wurden getestet:

- 1) Statex dtex235/ f 34 umwunden
Umwindefaden 50 dtex PES monofil
- 2) Statex dtex235/ f 34 umwunden
Umwindefaden Statex dtex33/ f 13
- 3) TITV- ELITEX[®] versilbert dtex235/ f 34
- 4) Statex dtex117/ f 17
- 5) Statex dtex235/ f 34
- 6) Statex dtex117/ f 17 x 2
- 7) TITV- ELITEX[®] versilbert dtex235/ f 34 umwunden
Umwindefaden Statex dtex33/ f 13

Das Fadenmaterial 7) wies die besten Verarbeitungseigenschaften und auch sehr gute elektrische Eigenschaften auf. Die nachfolgenden Versuchsreihen wurden daher mit diesen Fäden durchgeführt.

Durch eine zusätzliche Umwindung des Fadens lassen sich sehr gute Verarbeitungseigenschaften erzielen. Abstehende Fasern werden hierdurch fixiert und der Faden erhält eine glattere Oberfläche. Desweiteren wurde eine Avivage aufgebracht, durch die sich gute Laufeigenschaften in der Stickmaschine erzielen lassen.

Proben:

Anzahl: 4
Art: gestickte Leiterbahnen (2 mit und 2 ohne Kontaktkleber)
Fadenmaterial: TITV- ELITEX® versilbert dtex235/ f 34 umwunden
Umwindefaden Statex dtex33/ f 13

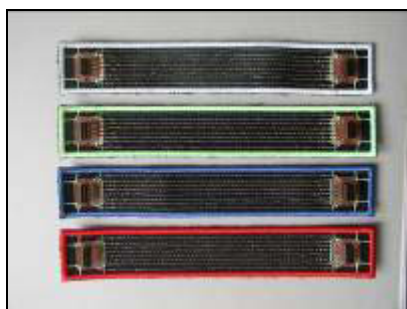


Abb. 1: Versuchsproben



Abb. 2: Detailansicht Kontaktierung mit Kontaktkleber



Abb. 3 : Detailansicht Kontaktierung ohne Kontaktkleber

durchgeführte Prüfungen:

1. Washtests
2. nach jeder Wäsche erfolgt eine Messung der Widerstände der einzelnen textilen Leiterbahnen am Steckverbinder

In diesem Versuch soll die Waschbeständigkeit textiler elektrischer Verbindungen zwischen zwei elektronischen Modulen getestet werden.

Hierfür wurden Module mit entsprechendem leitfähigem Fadenmaterial und aufgebrauchter Leiterplatte mit Steckverbinder von der Stickerei Sandner hergestellt. An 50% der Proben wurden die Verbindungsstellen Textil mit der Leiterplatte zusätzlich mit einem Kontaktkleber versehen. Zur Unterscheidung der Proben besitzen diese verschiedenfarbige Konturen.

Probe blau: ohne Kontaktkleber
 Probe rot: ohne Kontaktkleber
 Probe grün: mit Kontaktkleber
 Probe weiß: mit Kontaktkleber

Es erfolgte die Durchführung von Waschtests und Funktionsprüfung der hergestellten Muster sowie Untersuchungen zur elektrisch – physikalischen Qualität der Proben. Die Proben wurden mit einem phosphatfreien IEC-Bezugswaschmittel (DIN ISO 63 00:2000) gewaschen. Die Module sollten 12 Wäschen unterzogen werden. Die Messung der Widerstände an den Steckverbindern erfolgte vor der ersten Wäsche (Messreihe 1) und nach jeder weiteren Wäsche.

Versuchsergebnisse:

Auszug aus dem Messprotokoll der Versuchsreihe 1:
 Elektrischer Widerstand nach Durchführung von Waschvorgängen (alle Werte in Ohm)

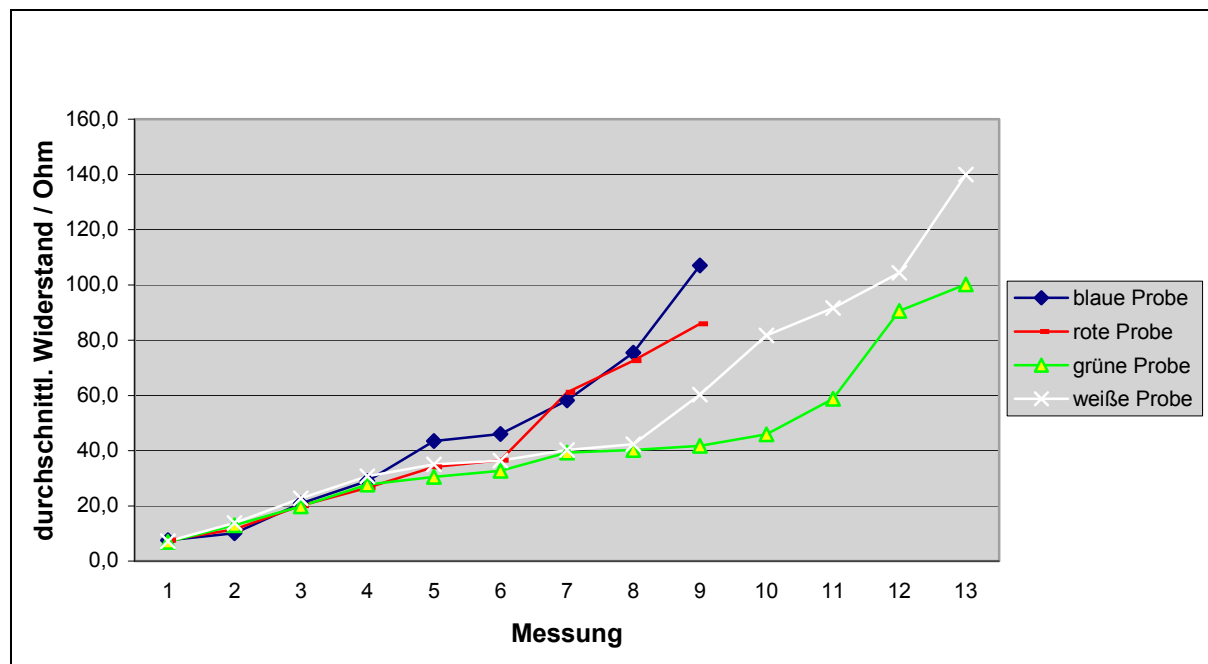
Kontakt	Messreihe 1/ vor Versuchsbeginn	...	Messreihe 6/ nach 5. Wäsche	...	Messreihe 13/ nach 12. Wäsche
1	5,4		30,3		∞
2	9,9		47,8		∞
3	6,5		27,6		∞
4	5,6		20,1		∞
5	6,6		37,3		∞
6	9,8		64,1		∞
7	11,4		46,1		100
8	5,2		18,5		230*

Tabelle 1: Probe rot (ohne Kontaktkleber)

Kontakt	Messreihe 1/ vor Versuchsbeginn	...	Messreihe 6/ nach 5. Wäsche	...	Messreihe 13/ nach 12. Wäsche
1	4,9		15,5		36,5
2	8,9		54,0		190
3	7,6		34,3		82,1
4	5,6		20,7		48,3
5	6,1		19,6		39,6
6	8,6		52,7		202
7	9,4		52,1		178,5
8	4,2		12,7		24,2

Tabelle 2: Probe grün (mit Kontaktkleber)

* Wert nicht sicher bestimmbar



Anmerkung: bei roter und blauer Probe war nach der 8. Wäsche keine sichere Messwertbestimmung mehr möglich und nach der 9. Wäsche ist eine vollständige Unterbrechung der elektrischen Verbindung an mehreren Prüfpunkten aufgetreten

Diagramm 1: Waschtest Versuchsreihe 1

Versuchsauswertung:

Es ist ein Anstieg des Widerstandes der elektrischen Verbindung an den Steckverbindern mit zunehmender Anzahl der Waschvorgänge zu beobachten. Ursache kann eine Beschädigung des Fadenmaterials sowie ein erhöhter Widerstand der elektrischen Verbindung zwischen dem leitfähigen Faden und der Leiterplatte sein. Die mit Kontaktkleber versehenen Verbindungen (grüne und weiße Probe) weisen ein besseres Widerstandsverhalten auf. Hier sind auch keine vollständigen Ausfälle zu beobachten gewesen.

Die Proben ohne Kontaktkleber fallen z. T. bereits nach 10 Wäschen aus. Bei Proben mit Kontaktkleber können auch nach 12 Wäschen (Messreihe 13) Widerstandswerte gemessen werden. Der Widerstandswert hat sich allerdings auch bei diesen Proben stark erhöht.

Auffällig ist, dass bei Kontaktstellen 1 und 8 (seitlich liegend) die Widerstandswerte meist besser sind. Der Grund ist die Anordnung der Punkte und die geringere Beanspruchung während des Waschprozesses sein.

Aufgrund dieser Erkenntnisse ist eine neue Anordnung der Kontakte entwickelt worden. Hierbei erfolgt die Verbindung nicht nur durch 1 Loch sondern über 2 Löcher. Das textile Substrat ist somit fest mit der Leiterplatte verbunden. Hierdurch wird die Verbindung nicht durch die Relativbewegung zwischen Leiterplatte und Textilsubstrat beeinflusst.

Die weiteren Stickproben werden unter Beachtung dieser Ergebnisse hergestellt. Weiterhin wurden in den nachfolgenden Untersuchungen auch mikroskopische Auswertungen vorgenommen, um die Ursachen des Anstieges des elektrischen Widerstandes zu ermitteln.

2.1.3 Versuchsreihe 2: Kontaktierung elektronischer Baugruppen durch gestickte Leiterbahnen und Untersuchungen zur Zuverlässigkeit (Waschtest, mikroskopische Untersuchungen), verbesserte Technologie

Proben:

Anzahl:	4	Anzahl:	2
Art:	gestickte Leiterbahnen	Art:	gestickte Pads



Abb. 4: gestickte Leiterbahnen
(davon 1 offen, 3 mit einer Abdeckung versehen, davon 1 (grün) auch von hinten geschlossen)



Abb. 5: Detailansicht Kontaktierung mit Kontaktkleber



Abb. 6: gestickte Pads

In diesem Versuch soll die Waschbeständigkeit textiler elektrischer Verbindungen zwischen zwei elektronischen Modulen getestet werden. Die Kontaktierung von elektrisch leitenden Fäden und der elektronischen Baugruppe wurde verbessert, indem jetzt 2 Löcher zur Verbindung von Leiterplatte und elektrisch leitendem Fadenmaterial vorgesehen wurden.

Weiterhin wurden verschiedene Varianten der textilen Abdeckung und der Einfluss einer zusätzlichen Aufbringung eines Klebers an der Kontaktierungsstelle getestet.

Zwei weitere Proben (Pads) enthalten verschiedene Strukturen elektrisch leitender Verbindungen, deren Waschbeständigkeit ebenfalls getestet werden sollte.

Zusätzlich zur Ermittlung des elektrischen Widerstandes wurden nach jeder 2. Wäsche mikroskopische Untersuchungen der Proben vorgenommen, um die Ursachen des Widerstandsverhaltens herauszufinden.

durchgeführte Prüfungen:

1. Waschtests
2. nach jeder Wäsche erfolgt eine Messung der Widerstände der einzelnen textilen Leiter am Steckverbinder
3. Mikroskopische Dokumentation der Proben nach jeder zweiten Wäsche

Versuchsergebnisse:

Auszug aus dem Messprotokoll der Versuchsreihe 2:

Elektrischer Widerstand nach Durchführung von Waschvorgängen (alle Werte in Ohm)

Kontakt	Messreihe 1/ vor Versuchsbeginn	...	Messreihe 11/ nach 10. Wäsche	...	Messreihe 21/ nach 20. Wäsche
1	7,8		23,1		**
2	13,0		87,5		∞
3	7,8		650,8		**
4	8,1		24,9		**
5	14,7		146,1		∞
6	13,3		174,3		∞
7	12,2		43,9		**
8	8,0		30,8		**

Tabelle 3: Waschtest Probe rot - ohne Abdeckung, mit Kontaktkleber

Kontakt	Messreihe 1/ vor Versuchsbeginn	...	Messreihe 11/ nach 10. Wäsche	...	Messreihe 21/ nach 20. Wäsche
1	5,7		10,9		**
2	9,7		85,5*		**
3	6,2		15,2		**
4	7,5		16,7		35,6*
5	14,0		62,2*		∞
6	12,8		91,3		**
7	10,5		96,2*		**
8	7,3		19,1		**

Tabelle 4: Waschtest Probe blau - mit oberer Abdeckung, ohne Kontaktkleber

Kontakt	Messreihe 1/ vor Versuchsbeginn	...	Messreihe 11/ nach 10. Wäsche	...	Messreihe 21/ nach 20. Wäsche
1	8,3		15,2		14,7
2	6,5		11,3		12,4
3	9,1		21,6		36,1
4	7,8		13,0		13
5	5,7		9,5		10,6
6	5,4		7,1		7,7
7	5,2		7,7		8,3
8	7,4		13,6		16,3

Tabelle 5: Waschtest: Probe grün - mit oberer und unterer Abdeckung, ohne Kontaktkleber

Kontakt	Messreihe 1/ vor Versuchsbeginn	...	Messreihe 11/ nach 10. Wäsche	...	Messreihe 21/ nach 20. Wäsche
1	8,8		17,0		44,5
2	19,7		100,9*		**
3	9,8		34,3		**
4	9,8		38,2		**
5	7,5		29,9		42,3
6	9,7		**		**
7	6,0		12,5		16,9
8	13,4		47,7*		**

Tabelle 6: Waschtest Probe gelb - mit oberer Abdeckung , mit Kontaktkleber

Kontakt	Messreihe 1/ vor Versuchsbeginn	...	Messreihe 11/ nach 10. Wäsche	...	Messreihe 21/ nach 20. Wäsche
1	0,7		1,0		**

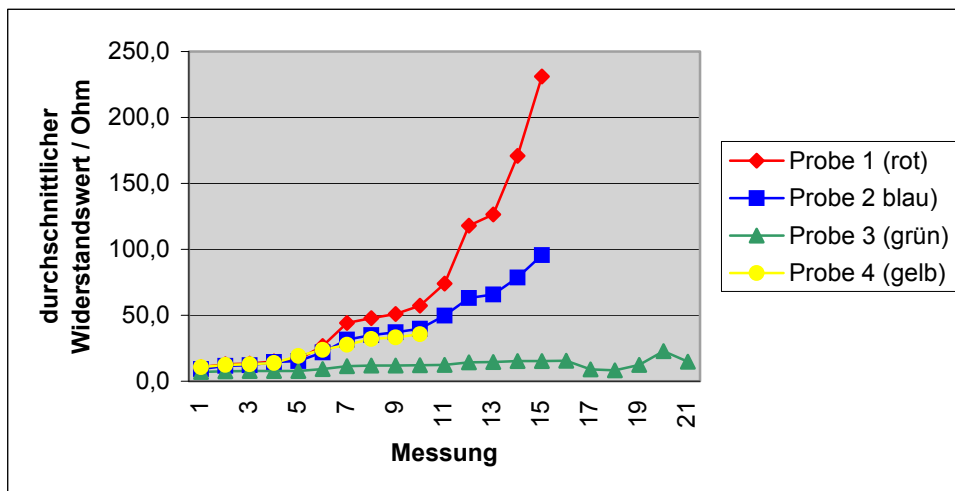
Tabelle 7: Probe blauer Leiter, gerade Leiterbahn

Kontakt	Messreihe 1/ vor Versuchsbeginn	...	Messreihe 11/ nach 10. Wäsche	...	Messreihe 21/ nach 20. Wäsche
1	1,7		3,0		**
2	1,7		2,9		**
3	1,7		2,8		**
4	1,6		2,6		**

Tabelle 8: Probe gelber Leiter abgewinkelte Leiterbahn

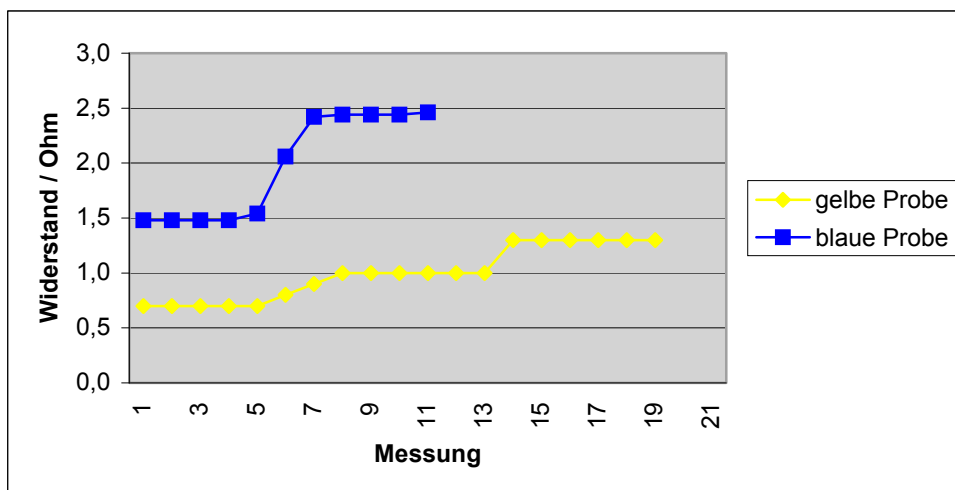
* Wert nicht sicher bestimmbar

** Wert nicht bestimmbar



Anmerkung: bei Probe ohne Kennzeichnung sowie bei blauer und gelber Kennzeichnung war bereits vor dem Versuchsende keine sichere Bestimmung des Widerstandes mehr möglich

Diagramm 2: Waschtest gestickte Leiterbahnen



Anmerkung: bei den Pads war nach der 11. bzw. nach der 19. Wäsche keine genaue Bestimmung des Widerstandswertes mehr möglich, d.h. der Widerstandswert änderte sich bei Bewegung der Probe sehr stark, eine elektrische Unterbrechung der textilen Leiterstruktur ist aber nicht aufgetreten

Diagramm 3: Waschtest gestickte Pads

Mikroskopische Aufnahmen:

Die Proben wurden bei einer Vergrößerung von 8:1 und 16:1 im Auflicht und ab der 6. Wäsche (sofern möglich) absteigende Filamente 100:1 im Durchlicht mikroskopiert und dokumentiert.

vor der Wäsche:

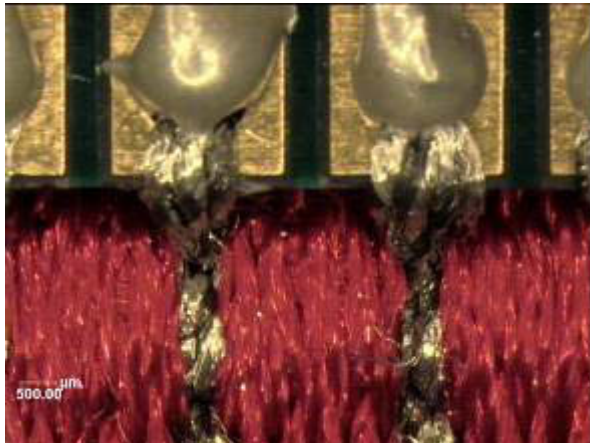


Abb. 7: Probe rot, Loch 3 und 4



Abb. 8: Probe rot, Faden 4 und 5



Abb. 9: gelber Leiter (Kontakt kurzer Schenkel)



Abb. 10: gelber Leiter (Kontakt langer Schenkel)



Abb. 11: blauer Leiter, geschlossener Kontaktpunkt



Abb. 12: blauer Leiter, offener Kontaktpunkt

nach der 20. Wäsche:

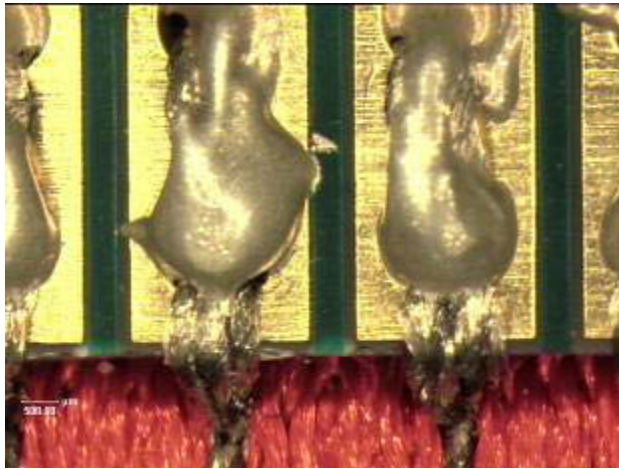


Abb. 13: Probe rot, Loch 3 und 4

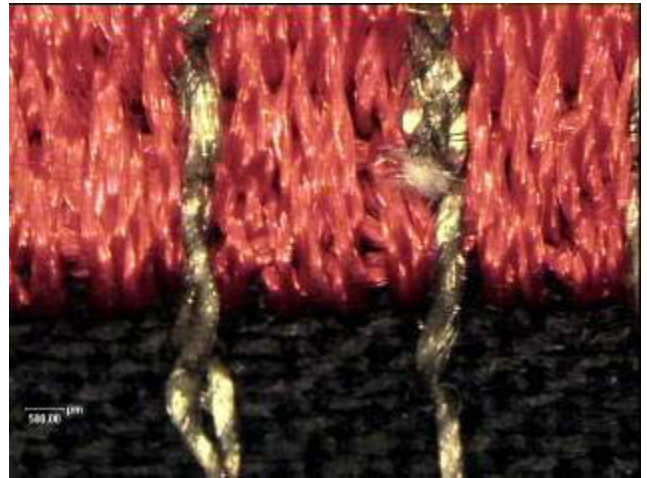


Abb. 14: Probe rot, Faden 4 und 5

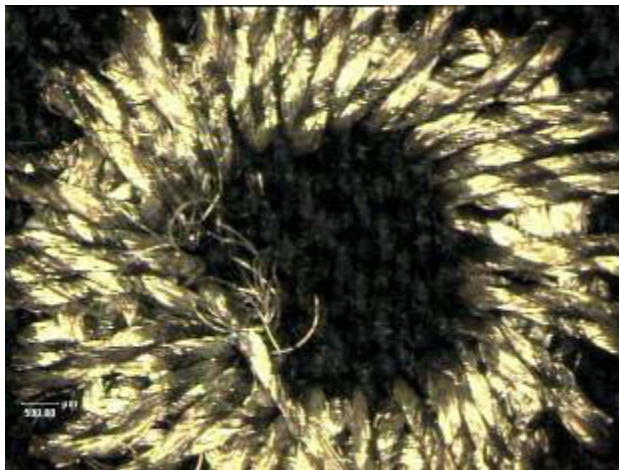


Abb. 15: gelber Leiter, (Kontakt kurzer Schenkel)



Abb. 16: gelber Leiter, (Kontakt langer Schenkel)



Abb. 17: blauer Leiter, geschlossener Kontaktpunkt



Abb. 18: blauer Leiter, offener Kontaktpunkt



Abb. 19: grüne Probe (Abdeckung geöffnet),
Loch 3 und 4 im Aufsicht 8 : 1



Abb. 20: grüne Probe (Abdeckung geöffnet),
Faden 4 und 5 im Aufsicht 8 : 1

Aufnahmen einzelner Filamente vom Faden Nr.4 (grüne Probe) nach der 20. Wäsche



Abb. 21: 100 : 1

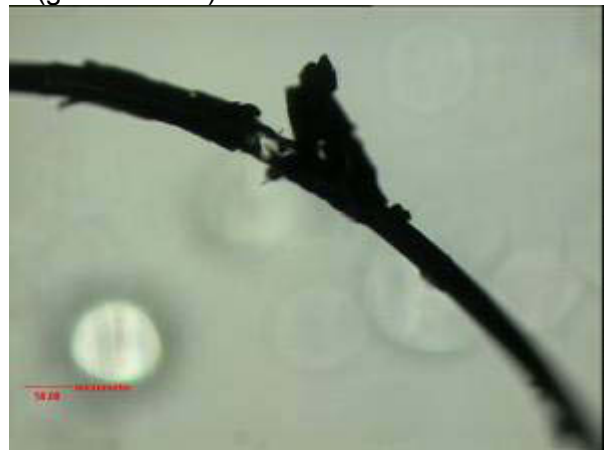


Abb. 22: 100 : 1

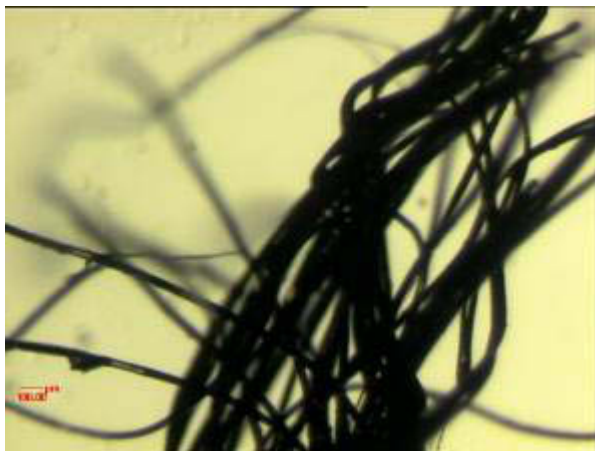


Abb. 23: 32 : 1



Abb. 24: 50 : 1

Versuchsauswertung:

Die mikroskopischen Aufnahmen zeigen bei einer Vergrößerung von 8:1 bzw. 16:1 zunächst keine größeren Schäden an den gestickten Strukturen.

Erst durch die mikroskopische Untersuchung des leitfähig galvanisierten Fadenmaterials bei einer Vergrößerung von 100:1 sind größere Schäden am leitenden Fadenmaterial zu erkennen. Deutlich sind teilweise und auch flächig zerstörte leitfähige Schichten an den galvanisierten Filamenten festzustellen. Durch eine beidseitige textile Abdeckung der leitenden Fadenstrukturen (grüne Probe) war die größte Haltbarkeit zu erzielen.

2.1.4 Versuchsreihe 3: Untersuchungen zur Zuverlässigkeit gecrimpter textiler Leiterbahnen (Waschtest und Scheuerprüfung)

Proben:

Anzahl: 10
Art: gestickte Leiterbahnen mit Crimpstelle

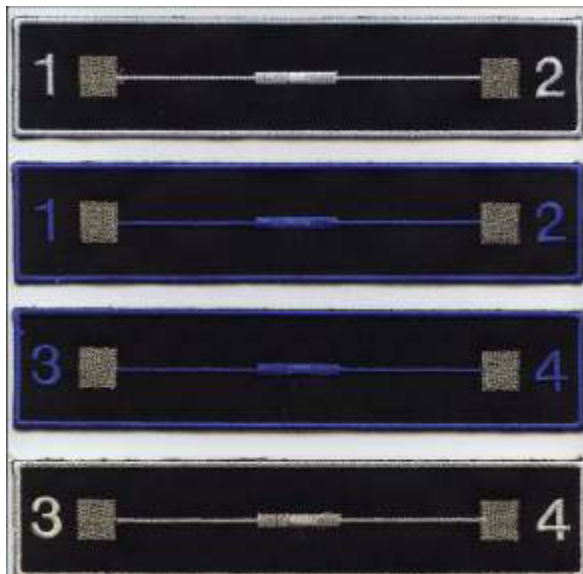


Abb. 25: Proben Crimpverbindung

Gewebe: Gunold Twilly schwarz

Garne: ELITEX® 235 dtex unwunden 78 dtex Heißapplikation 1,6
farbiges Polyester Gunold Poly 40
üblicher Unterfaden 40g Abzug

Crimphülse: 0,50 mm² Kupfer verzinkt lt. Muster

Ausführung der Versuchsproben:

Es wurden 2 Kontaktflächen je 15 x 15 mm aus ELITEX® Fadenmaterial im Abstand von 150mm gestickt. Beide Flächen wurden zweimal miteinander verbunden. Jeder Verbindungsfaden wurde zu 1/3 gestickt, die anderen 2/3 sind als Sprügestiche ausgeführt.

Die Springstiche wurden am Ende abgeschnitten. Somit sind zwei lose Fäden vorhanden, die durch die Crimphülse geführt werden können. Die Crimpung erfolgte genau in der Mitte des Musterstiches. Zur Abdeckung des Steppstiches und der Crimpstelle wurde ein Plattstich gestickt.

durchgeführte Prüfungen:

1. Waschtests (7 Proben)
2. nach jeder Wäsche erfolgt eine Messung der Widerstände zwischen beiden Kontaktflächen (Messung erfolgte in der Mitte der Kontaktfläche)
3. Mikroskopische Dokumentation (100:1) nach jeder zweiten Wäsche
4. Scheuerprüfung (Proben 1,3,5)

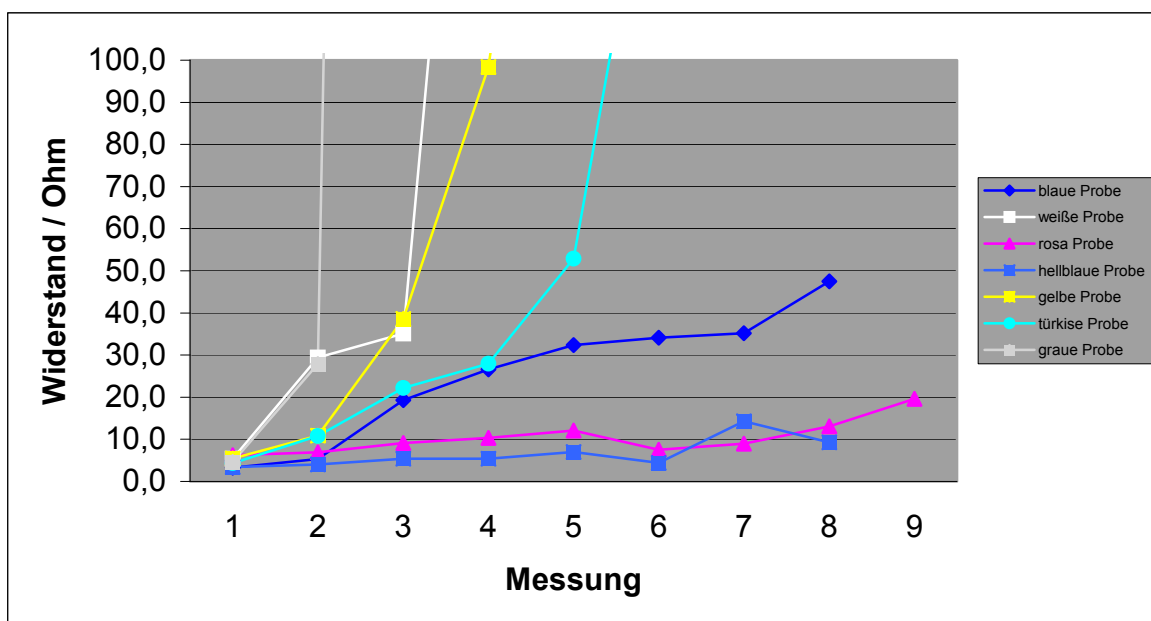
Versuchsergebnisse Waschprüfung:

Auszug aus dem Messprotokoll der Versuchsreihe 3:

Probe	Farbe	Kontakt	Messreihe 1/ vor Versuchsbeginn	...	Messreihe 4/ nach 3. Wäsche	...	Messreihe 9/ nach 8. Wäsche
1	blau	1-2	3,6		-		-
2	blau	3-4	3,3		26,6		**
3	weiß	1-2	4,7		-		-
4	weiß	3-4	5,4		255		3800
5	rosa	1-2	3,7		-		-
6	rosa	3-4	6,2		10,3		19,6
7	hellblau	3-4	3,4		5,4		**
8	Gelb	3-4	5,5		98,4		2700
9	türkis	3-4	4,3		28,0		**
10	grau	3-4	4,6		∞		∞

Alle Messwerte in Ohm
** Wert nicht bestimmbar

Tabelle 9: Waschtest Versuchsreihe 3



Anmerkung : nur bei der rosa Probe war bis zum Versuchsende (nach 8 Wäschen) noch ein Widerstand unter 20 Ohm zu ermitteln, bei allen anderen Proben war keine sichere Messwerterfassung mehr möglich bzw. war die elektrische Verbindung vollständig unterbrochen.

Diagramm 4: Waschtest Crimpverbindung

Mikroskopische Aufnahmen:

Die vorliegenden Proben wurden bei einer Vergrößerung von 100:1 im Durchlicht mikroskopiert und dokumentiert.

Skizze zur Probenentnahme:

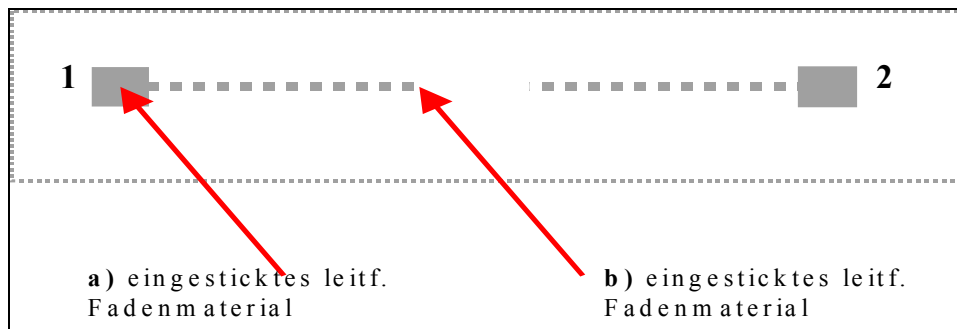


Abb. 26: Probenentnahme

vor der Wäsche:

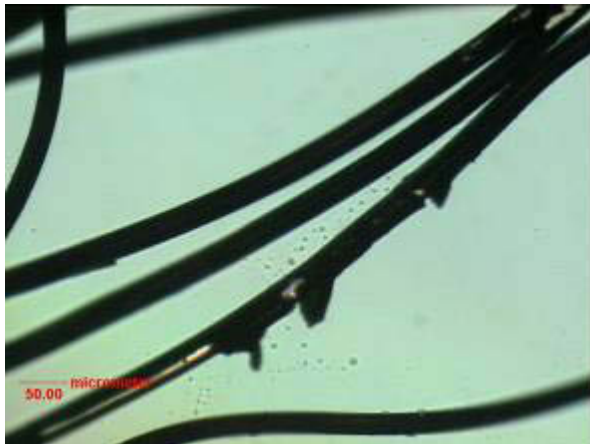


Abb. 27: Muster „weiß“

nach der 8. Wäsche:



Abb. 28: Muster „weiß“



Abb. 29: Muster „weiß“



Abb. 30: Muster „weiß“

Versuchsauswertung Waschtest:

Es ist ein deutlicher Anstieg des elektrischen Widerstandes mit zunehmender Anzahl von Waschvorgängen zu verzeichnen. An den Crimpverbindungen kam es durch die hohe mechanische Belastung bei den Waschvorgängen oft frühzeitig zur Beschädigung des elektrisch leitenden Fadenmaterials und zur vollständigen Unterbrechung der elektrischen Leitfähigkeit. An den Crimpverbindungsstellen ist daher eine bessere mechanische Stabilität erforderlich, um eine höhere Zuverlässigkeit der elektrischen Verbindung zu gewährleisten.

Versuchsbeschreibung Scheuerprüfung:

Mit den Proben 1,3 und 5 (blau, weiß, rosa) wurde eine Scheuerprüfung (2000 Touren) der Crimpkontaktierung durchgeführt.

Die Proben wurden bei einer Vergrößerung von 6,5:1 im Auflicht mikroskopiert und dokumentiert.

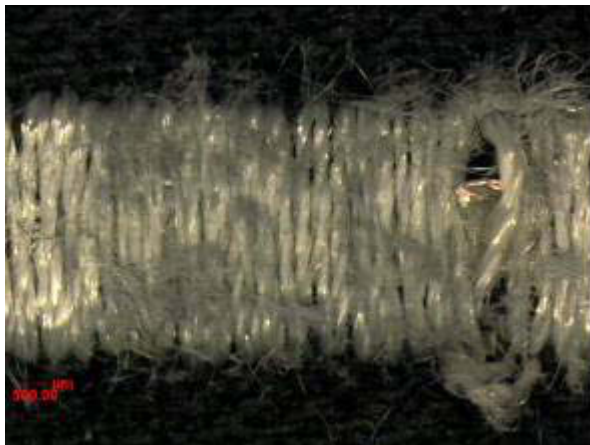


Abb. 31: Muster „weiß“

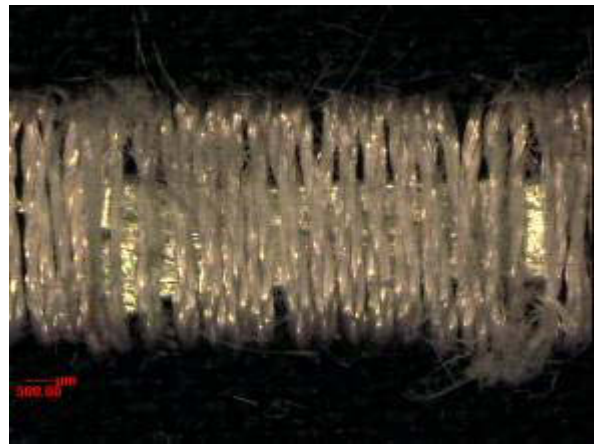


Abb. 32: Muster „rosa“



Abb. 33: Muster „blau“

Versuchsauswertung Scheuertest:

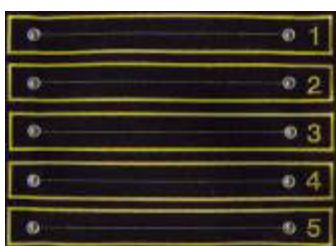
Beim Scheuertest kam es teilweise zu Beschädigungen des Fadens im Bereich der Crimpstelle. Eine Unterbrechung der elektrischen Leitfähigkeit ist nicht erfolgt.

2.1.5 Versuchsreihe 4: Untersuchungen zur Zuverlässigkeit von Kontaktierungen mit Druckknöpfen (Waschtest und mikroskopische Untersuchungen)

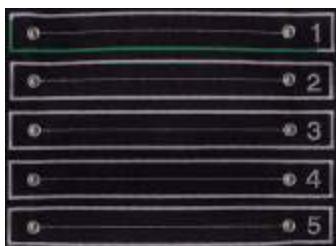
Proben:

Anzahl: 4 Probestücke a 7 Leiterbahnen mit je 2 Druckknöpfen

Art: gestickte Leiterbahnen



ELITEX® 235 dtex



ELITEX® 110 x2

Abb. 34: Versuchsproben

Dieser Test sollte dazu dienen, die Waschbeständigkeit der Verbindung zwischen dem Druckknopf und gestickten, leitfähigen Strukturen zu prüfen. Insbesondere der Übergangswiderstand zwischen dem Druckknopf und dem ELITEX®-Fadenmaterial soll bei diesem Test ermittelt werden. Die Erosion des ELITEX®-Fadens durch mechanischen Abrieb ist ebenfalls Aufmerksamkeit zu widmen.

Als Druckknopf kam ein System von YKK-Stocko zum Einsatz. Der Zackenring besteht aus Messing mit Kunststoffkappe, die Ringkugel aus Messing mit Weißbronze versilbert. Laut Hersteller YKK ist mit keiner Korrosion zwischen Silberfäden und der Weißbronze zu rechnen.

Bei diesem Test wurden zwei verschiedene Garne zum Einsatz gebracht:

Oberfaden:

- Grau 1-7 und Rot 1-7 ELITEX® 110 x 2 dtex, gewachst
- Gelb 1-7 und Blau 1-7 ELITEX® 235 dtex umwunden mit 78 dtex Heißapplikation 0.8

Unterfaden:

- Normaler Mehrkopf Unterfaden (Polyester gezwirnt)

Stickboden:

- Gunold Twilly 61005 Black

Abmessungen:

- Abstand zwischen den Druckknöpfen (Länge des Leiters) beträgt 200mm

Programmierte Stickeinstellungen:

Als Unterbau unter den Druckknöpfen kam ein Stern zum Einsatz, der von drei unterschiedlich großen Steppstichkreisen umrahmt wurde. Der Stern liegt unmittelbar unter dem Metallkern des Druckknopfes. Der Abstand zwischen Stern- und Steppstichlinien dient der Durchdringung des Zackenringes. Die Steppstichkreise dienen zur Kontaktierung des äußeren Randes der Ringkugel. Der 200mm lange Leiter besteht aus 3 Steppstichlinien mit einer Stichlänge von 2,5mm.

Messung des Ohmschen Widerstandes:

- Anschluss an Multimeter mittels EKG-Elektroden Messkabel

Durchgeführte Prüfungen:

1. Waschtests (Waschbeständigkeit der Verbindung zwischen Druckknopf und gestickten leitfähigen Strukturen)
2. nach jeder Wäsche erfolgt eine Messung der Widerstände mittels am Druckknopf kontaktierter EKG-Elektroden-Messkabel
3. Mikroskopische Dokumentation (8:1) nach jeder vierten Wäsche

Versuchsergebnisse Waschtest:

Auszug aus dem Messprotokoll der Versuchsreihe 4 (Tabellen 10 bis 13)

Blaue Probe
ELITEX® 235 dtex

Kontakt	Messreihe 1/ vor Versuchsbeginn	...	Messreihe 11/ nach 10. Wäsche	...	Messreihe 21/ nach 20. Wäsche
1	3,2		aufgetrennt		aufgetrennt
2	3,4		13,8		28,2
3	2,9		8,8		16,9
4	3,1		7,9		16,9
5	3,0		8,0		17,3
6	3,0		7,9		16,5
7	3,1		7,4		17,3

Graue Probe
ELITEX® 110 x 2

Kontakt	Messreihe 1/ vor Versuchsbeginn	...	Messreihe 11/ nach 10. Wäsche	...	Messreihe 21/ nach 20. Wäsche
1	3,7		aufgetrennt		aufgetrennt
2	3,5		6,9		13
3	3,8		7,7		13,9
4	3,7		7,2		13,1
5	3,8		7,4		13,8
6	4,2		8,6		16,6
7	3,5		6,3		10,9

Gelbe Probe
ELITEX® 235 dtex

Kontakt	Messreihe 1/ vor Versuchsbeginn	...	Messreihe 11/ nach 10. Wäsche	...	Messreihe 21/ nach 20. Wäsche
1	3,6		Aufgetrennt		aufgetrennt
2	3,1		9,8		16,9
3	3,6		14,1		28,1
4	3,6		12,4		21,1
5	3,4		11,5		25,7
6	3,5		14,6		24,3
7	4,3		13,7		8,3

Rote Probe
ELITEX® 110 x 2

Kontakt	Messreihe 1/ vor Versuchsbeginn	...	Messreihe 11/ nach 10. Wäsche	...	Messreihe 21/ nach 20. Wäsche
1	3,8		Aufgetrennt		aufgetrennt
2	4,5		9,9		19,9
3	4,7		10,9		20,3
4	3,8		8,3		16,7
5	3,6		7,5		14,1
6	4,1		8,3		16,7
7	3,8		7,0		12,8

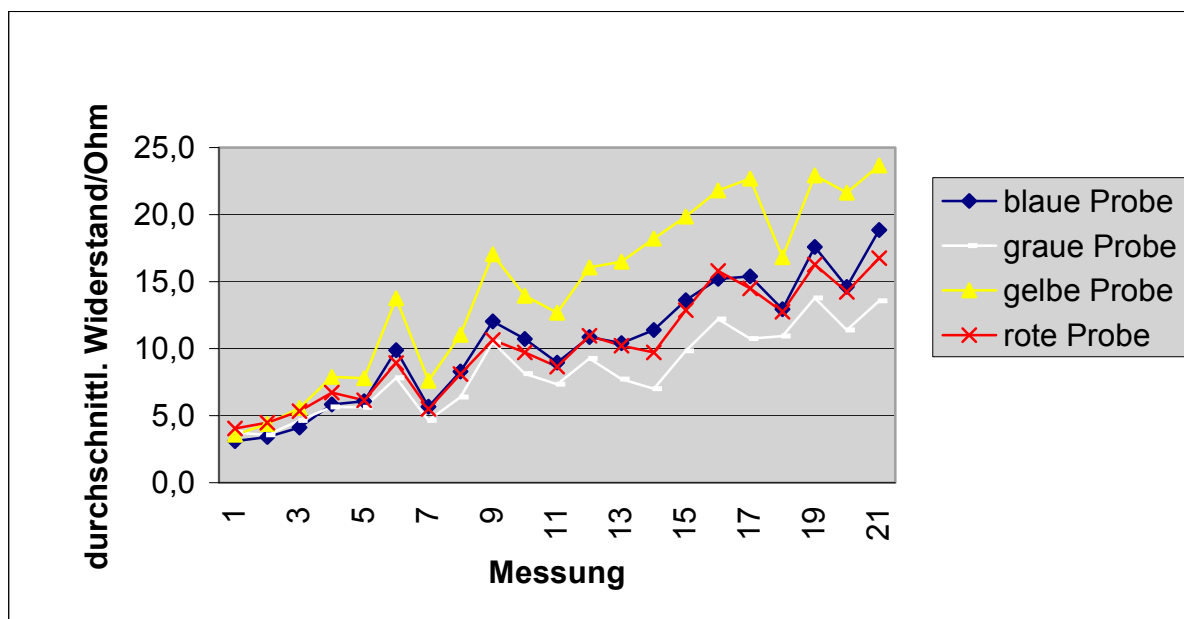


Diagramm 5: Waschtest Versuchsreihe 4

Mikroskopische Aufnahmen:

Die Proben wurden bei einer Vergrößerung von 8:1 im Auflicht mikroskopiert. Für die Aufnahmen nach der 20. Wäsche wurden Filamente aus der Reihe Nr. 1 entnommen und bei einer Vergrößerung von 100:1 im Durchlicht aufgenommen.

vor der Wäsche

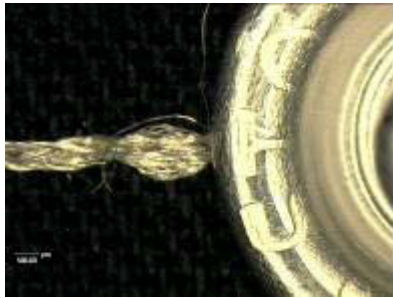


Abb. 35: ELITEX® 110x2, Nr. 3 rot

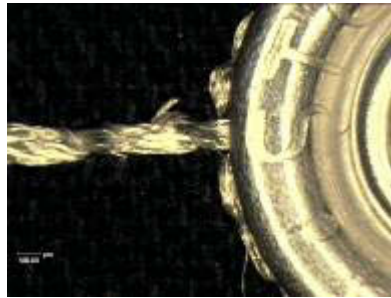


Abb. 36: ELITEX® 110x2, Nr. 5 rot

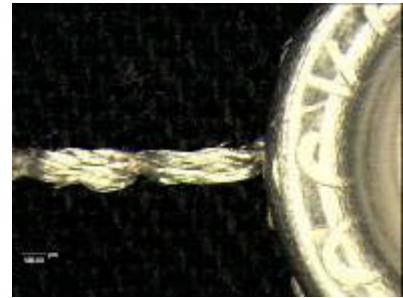


Abb. 37: ELITEX® 110x2, Nr. 3 grau

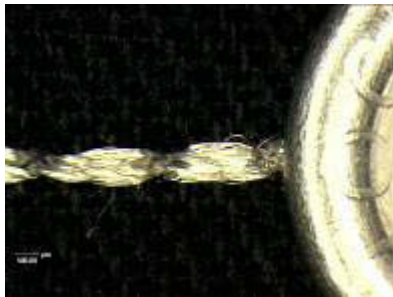


Abb. 38: ELITEX® 110x2, Nr. 5 grau



Abb. 39: ELITEX® 235 dtex, Nr. 3 gelb



Abb. 40: ELITEX® 235 dtex, Nr. 5 gelb



Abb. 41: ELITEX® 235dtex, Nr. 3 blau



Abb. 42: ELITEX® 235dtex, Nr. 5 blau

nach der 20. Wäsche:



Abb. 43: ELITEX® 110x2, Nr. 3 rot

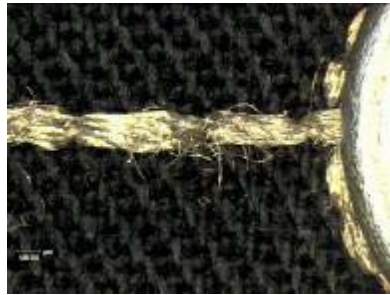


Abb. 44: ELITEX® 110x2, Nr. 5 rot



Abb. 45: ELITEX® 110x2, Nr. 3 grau



Abb. 46: ELITEX® 110x2, Nr. 5 grau



Abb. 47: ELITEX® 235 dtex, Nr. 3 gelb



Abb. 48: ELITEX® 235 dtex, Nr. 5 gelb



Abb. 49: ELITEX® 235 dtex, Nr. 3 blau

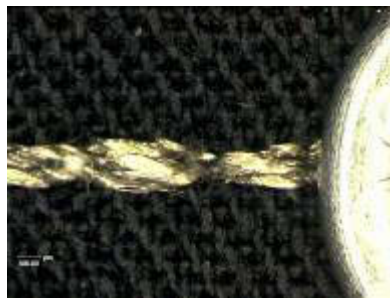


Abb. 50: ELITEX® 235 dtex, Nr. 5 blau

mikroskopische Aufnahmen von einzelnen Filamenten aus der Reihe Nr. 1
nach der 20. Wäsche



Abb. 51: Muster grau 100 : 1



Abb. 52: Muster grau 100 : 1



Abb. 53: Muster rot 100 : 1



Abb. 54: Muster rot 100 : 1

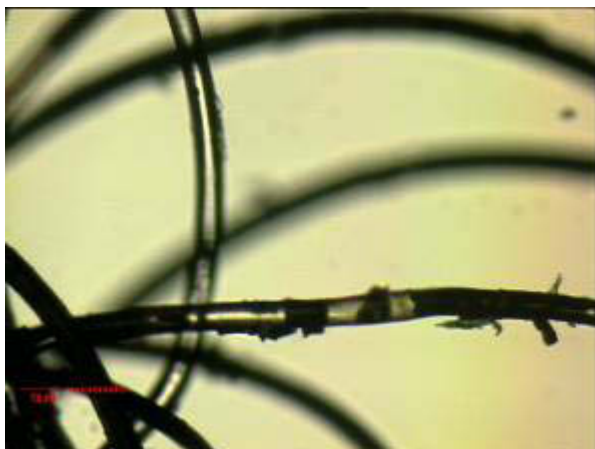


Abb. 55: Muster blau 100 : 1



Abb. 56: Muster blau 100 : 1

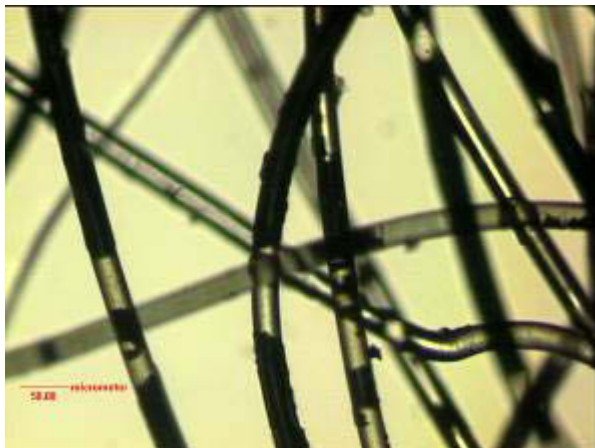


Abb. 57: Muster Gelb 100 : 1

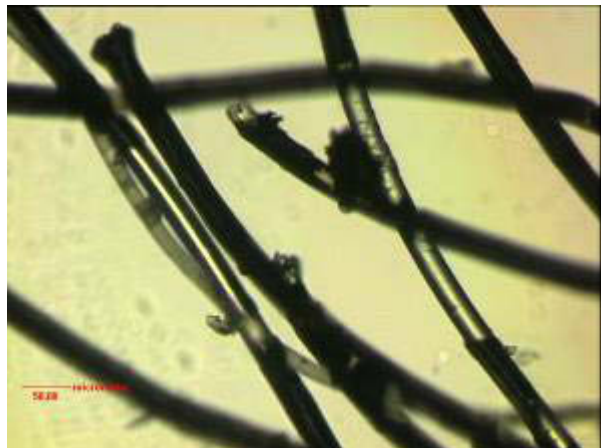


Abb. 58: Muster Gelb 100 : 1

Versuchsauswertung Waschtest:

Beim Waschtest kam es zwar zu einem Anstieg des elektrischen Widerstandes der textilen Leiterbahnen. Eine vollständige Unterbrechung ist bei den durchgeführten 20 Waschvorgängen jedoch nicht aufgetreten. Schäden am Fadenmaterial, insbesondere am ELITEX® 235 dtex – Faden sind mikroskopisch deutlich erkennbar. Diese sind auch an den schlechteren Widerstandswerten nach den durchgeführten Waschvorgängen ersichtlich. Das beste Widerstandsverhalten zeigten die grauen und roten Proben. Diese wurden mit ELITEX® 110x2 Faden realisiert. Die Kontaktierung des elektrisch leitenden Fadens mit den Druckknöpfen funktionierte auch nach 20 Waschvorgängen noch sehr gut.

2.1.6 Kontaktierung elektronischer Baugruppen durch gestickte Leiterbahnen und Untersuchungen zur Zuverlässigkeit (Waschtest, mechanischer Belastungstest), optimierte Verbindungstechnologie

Aufbau der Versuchsproben der Versuchsreihe 5 und 6

Mit Hilfe der Platinen sollen folgende Verarbeitungsparameter untersucht werden:

- Vor- und Nachteile verschiedener Ausführungen von Kontaktierungspads
- Notwendigkeit von leitfähigem Klebstoff zwischen textilem Kontaktierungsmaterial und Platine auf Platinenober- und Unterseite
- Vor- und Nachteile der Verstickung der Knopflöcher nach Kreuz- oder Rautensystem
- Vor- und Nachteile von Fixierungsrahmen

Allgemeine Merkmale der Platinen:

- Platinen industriell hergestellt (Material 1,5mm FR4, DK)
- Oberfläche chem. Nickel-Gold
- 3-4 Kontaktierungslöcher, die durch Pads miteinander verbunden sind
- vergrößerte Pads auf der Platinenunterseite, dadurch Aufsetzen der Platinen auf textilen Pads möglich (Verbindung kann zusätzlich mit leitfähigem Klebstoff versehen werden)

Das textile Trägermaterial übernimmt 2 Funktionen:

- Kontaktierung der Leiterplatte
- Fixierung der Leiterplatte

Um eine sichere Kontaktierung zu erreichen, ist es notwendig, den textilen Untergrund mit zusätzlichen Pads zu versehen, auf die die Platine später aufgesetzt wird. Zu diesem Zweck werden auf dem textilen Untergrund leitfähige Pads gestickt. Zwischen diesen Flächen wird dann, je nach Verarbeitungsvorschrift, leitfähiger Klebstoff gegeben. Der Klebstoff härtet bei 66-121°C in 10 Minuten aus. Bei einer Raumtemperatur von 24°C dauert der Aushärtvorgang ca. 24 Stunden. Je nach den Vorgaben wurde dieser Klebstoff auch auf der Padoberseite aufgebracht.

Das Versticken erfolgt dann je nach Vorgabe kreuz-, rauten oder deltaförmig. Die Kontaktierung wurde mit ELITEX® Fadenmaterial hergestellt.

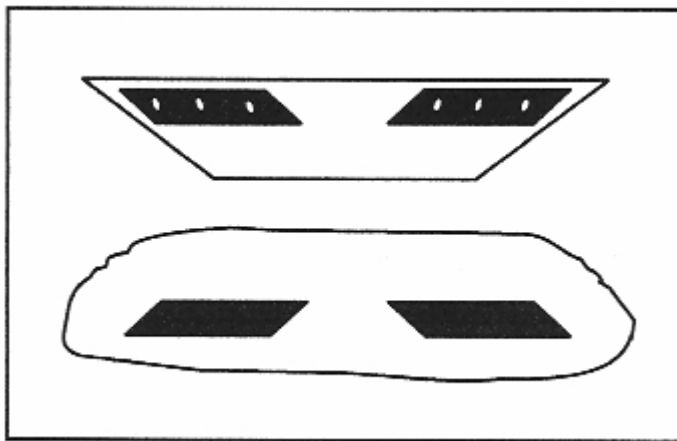


Abb. 60: Verbindung Platine (oben) und Textil (unten)

Die Kontaktierungspads wurden unterschiedlich verstickt. Die Platinen V1 und V3 können nur nach einer Variante gestickt werden, die Platinen V2 und V4 sind sowohl kreuzförmig als auch rautenförmig verstickt.

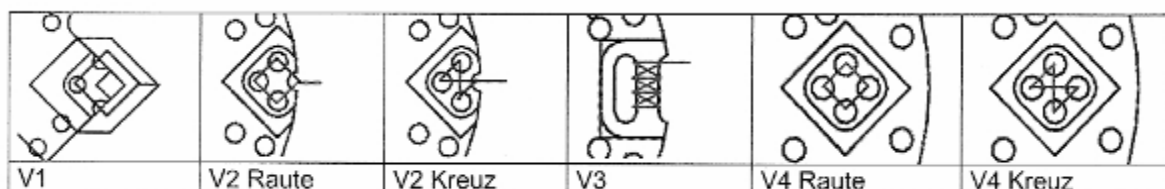


Abb. 61: Mögliche Arten der Verstickingung der Pads

mechanische Fixierung:

Den Zweck der mechanischen Fixierung erfüllen die Bohrungen auf der Platine, die die Kontaktierungspads umgeben. Um zusätzlich die Knickung am Rand der Platine zu verhindern, wird die Platine von einem textilen Fixierungsrahmen umgeben. Dieser soll verhindern, dass das Textil direkt an der Kontaktierungsstelle knickt und dadurch Schäden an der Kontaktierungsstelle auftreten.

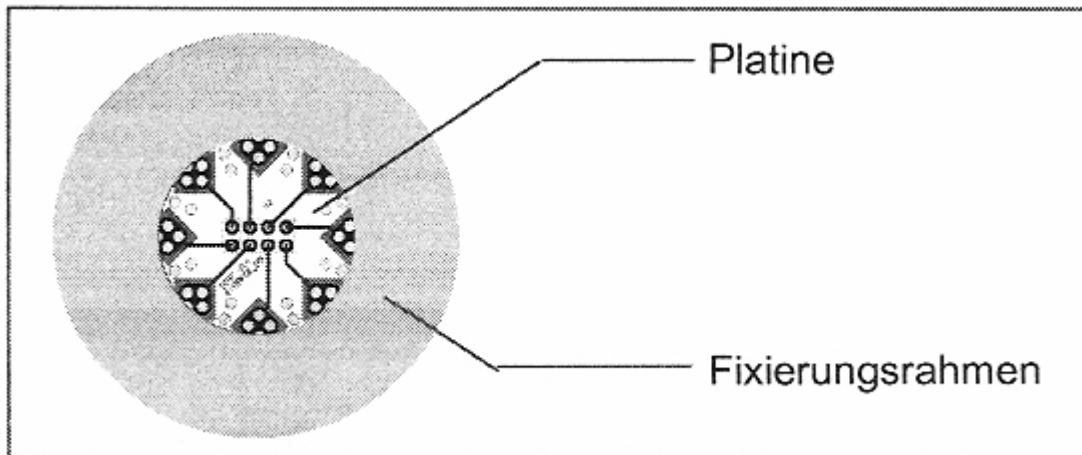


Abb. 62: Mechanische Fixierung der Platine auf Fixierungsrahmen

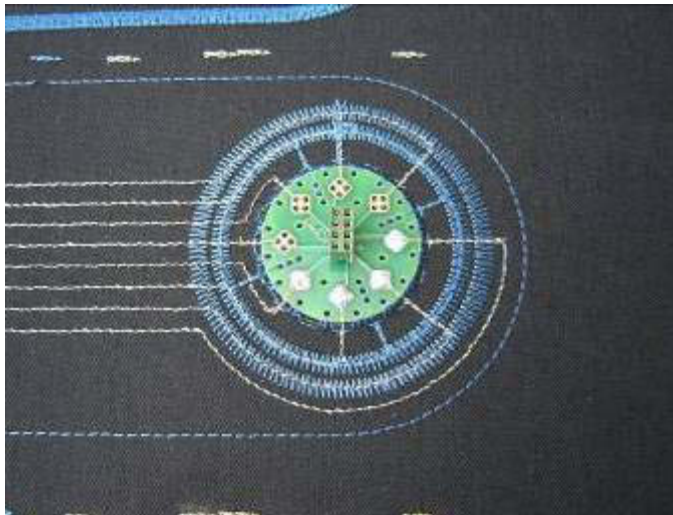


Abb. 63: aufgestickte Platine
(eine Kontaktierungshälfte mit elektrisch leitfähigem Klebstoff versehen)



Abb. 64: Versuchsplatinen im Stickrahmen

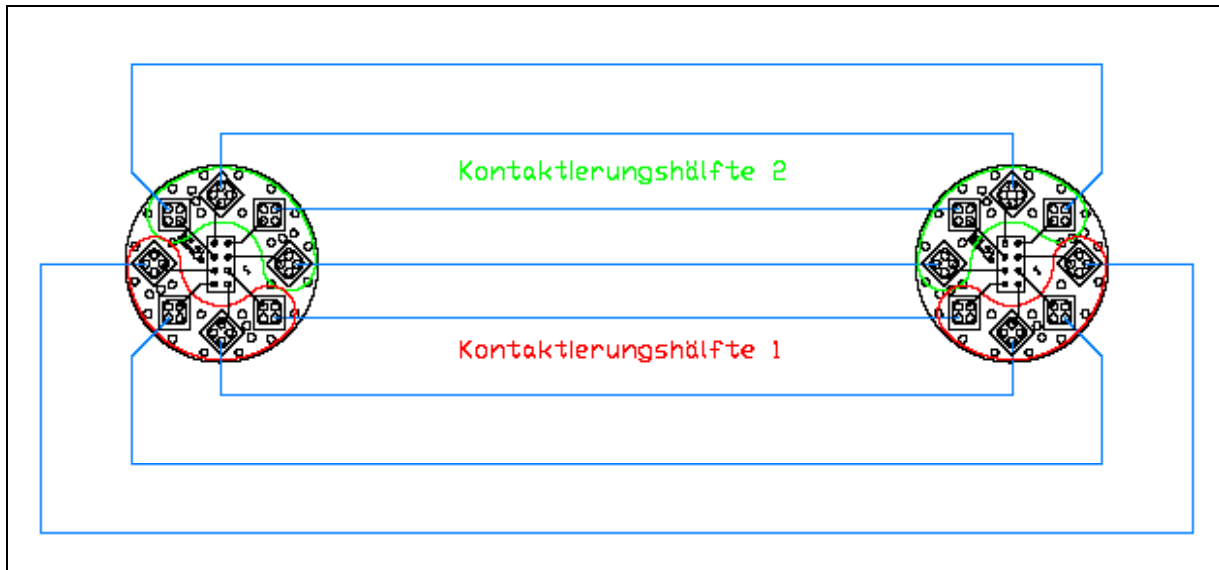


Abb. 65: Beschaltung der Leittest-Platinen

2.1.6.1 Versuchsreihe 5: Waschtest

Proben:

Anzahl: 9 Probestücke a 8 Leiterbahnen mit je 2 Steckverbindern
Art: gestickte Leiterbahnen



Abb. 66: Versuchsplatinen für Waschtest

Platinen-Variante	Bezeichnung	Kontaktierungshälfte	Klebstoff Oberseite	Klebstoff Unterseite	Kreuz	Raute	Delta	Fixierungsrahmen	textiles Pad	Textile Abdeckung Oberseite	Textile Abdeckung Unterseite	Verlötete Pads	Untersuchungsparameter	Bemerkungen	
		1													2
V2	V2-41	1				X				X	X		ohne Pad	Kurzschluss 7+8	
		2			X					X	X		Kreuz		
	V2-31	1					X	X	X	X			Rahmen	Kurzschluss 6+7,1+8	
		2					X	X	X	X					
	V2-01	1					X				X	X		ohne Pad	Kurzschluss 4+5
		2				X					X	X		Kreuz	
V3	V2-61	1	X	X			X	X	X	X	X		Klebstoff Ober-, Unterseite, mit Pad		
		2					X	X	X	X	X				
V4	21-28	1	X	X		X		X	X	X	X		Klebstoff Ober-, Unterseite mit Pad		
	halb Kleber	2				X		X	X	X	X				
	1-8	1	X			X	X	X	X	X	X				
	voll Kleber	2		X		X	X	X	X	X	X				
	11-18	1					X	X	X	X	X		ohne Pad		
		2				X		X	X	X	X		Kreuz		
	91-98	1					X			X	X		Rahmen		
		2					X			X	X				
	51-58	1					X			X	X	X	verlötet		
		Verlötet	2				X			X	X	X			

Tabelle14: Aufbau der Versuchsproben Waschtest

Durchgeführte Prüfungen:

1. Waschtests (Waschbeständigkeit der Verbindung zwischen den Steckverbindern und den gestickten leitfähigen Strukturen)
2. nach jeder Wäsche erfolgt eine Messung der Widerstände der einzelnen Leiterbahnen am Steckverbinder

Versuchsergebnisse:

Auszug aus dem Messprotokoll der Versuchsreihe 5:

Elektrischer Widerstand nach Durchführung von Waschvorgängen (alle Werte in Ohm),
 grau: Kontaktierungshälfte 1 / Reihe 1
 weiß: Kontaktierungshälfte 2 / Reihe 2
 (Tabellen 15 bis 23)

Probe V2-01: Raute/Kreuz

Kontakt	Messreihe 1/ vor Versuchsbeginn	...	Messreihe 11/ nach 10.Wäsche	...	Messreihe 21/ nach 20. Wäsche
1	7,6		15,8		21,3
2	10,4		28,5		67,3
3	5,6		13,1		26,4
4	7,4		29,8		46,9
5	1,5		6,1		10,4
6	6,0		18,2		31,8
7	5,7		13,2		19,4
8	8,5		23,8		48,5

Probe V2-31: Raute/Raute, Fixierungsrahmen

Kontakt	Messreihe 1/ vor Versuchsbeginn	...	Messreihe 11/ nach 10.Wäsche	...	Messreihe 21/ nach 20. Wäsche
1	7,4		27,9		54,8
2	6,2		52,3		536
3	5,1		47,5		62,5*
4	5,2		46,2		52,6*
5	3,4		28,5		122,8*
6	4,9		28,3		139,7*
7	4,9		12,8		22,9
8	6,6		19,8		32,6

Probe V2-41: Raute/Kreuz

Kontakt	Messreihe 1/ vor Versuchsbeginn	...	Messreihe 11/ nach 10.Wäsche	...	Messreihe 21/ nach 20. Wäsche
1	9,6		21,0		29,2
2	10,4		36,9		97,4
3	5,5		13,3		24,7
4	8,3		50,8		84
5	4,8		19,6		35,7
6	7,6		29,8		58,3
7	9,2		**		∞
8	11,7		35,0		60

Probe V2-61: Delta/Delta, Klebstoff Ober- und Unterseite (Kontaktierungshälfte 1), textiles Pad

Kontakt	Messreihe 1/ vor Versuchsbeginn	...	Messreihe 11/ nach 10.Wäsche	...	Messreihe 21/ nach 20. Wäsche
1	8,8		17,0		44,5
2	19,7		100,9		**
3	9,8		34,3		**
4	9,8		38,2		**
5	7,5		29,9		42,3
6	9,7		**		**
7	6,0		12,5		16,9
8	13,4		47,7*		**

Probe 1-8: Raute/Raute, Klebstoff Oberseite (Kontaktierungshälfte 1),
Klebstoff Unterseite (Kontaktierungshälfte 2), Fixierungsrahmen, textiles Pad

Kontakt	Messreihe 1/ vor Versuchsbeginn	...	Messreihe 11/ nach 10.Wäsche	...	Messreihe 21/ nach 20. Wäsche
1	14,6		35,2		57,6
2	10,6		25,3		33,1
3	14,4		48,3		76,6
4	4,5		9,5		15,8
5	5,5		**		∞
6	6,4		21,2		26,3
7	7,0		18,6		24,8
8	10,8		31,3		37

Probe 11-18: Raute/Kreuz, Fixierungsrahmen, textiles Pad

Kontakt	Messreihe 1/ vor Versuchsbeginn	...	Messreihe 11/ nach 10.Wäsche	...	Messreihe 21/ nach 20. Wäsche
1	20,2		91,6		172,4
2	12,1		23,5		28
3	8,1		23,3		29,3
4	5,6		10,5		13,2
5	5,9		∞		∞
6	5,5		13,4		18,1
7	7,9		20,0		23,4
8	12,1		31,1		37,7

Probe 21-28: Raute/Raute, Klebstoff Ober- und Unterseite (Kontaktierungshälfte 1), textiles Pad

Kontakt	Messreihe 1/ vor Versuchsbeginn	...	Messreihe 11/ nach 10.Wäsche	...	Messreihe 21/ nach 20. Wäsche
1	14,3		31,9		48,1
2	8,6		12,5		15,4
3	11,7		39,4		76,4
4	5,0		11,2		14,3
5	5,0		87,0		∞
6	5,0		12,1		15,5
7	8,1		21,0		28,1
8	9,9		21,4		26,8

Probe 51-58: Raute/Raute, verlötete Pads

Kontakt	Messreihe 1/ vor Versuchsbeginn	...	Messreihe 11/ nach 10.Wäsche	...	Messreihe 21/ nach 20. Wäsche
1	16,2		35,4		54,1
2	10,9		17,1		22,1
3	9,8		20,1		29,9
4	5,7		10,4		14,1
5	5,9		18,3		49,4
6	5,4		10,0		12,9
7	9,7		21,0		28,3
8	10,2		21,9		30,4

Probe 91-98: Raute/Raute

Kontakt	Messreihe 1/ vor Versuchsbeginn	...	Messreihe 11/ nach 10. Wäsche	...	Messreihe 21/ nach 20. Wäsche
1	18,3		36,0		42,5
2	9,9		21,3		24,4
3	10,5		27,4		74,5
4	8,5		15,2		18,9
5	9,0		**		10000000
6	5,9		12,6		13,9
7	8,4		17,6		19,6
8	9,9		19,0		20,5

* Wert nicht sicher bestimmbar

** Wert nicht bestimmbar

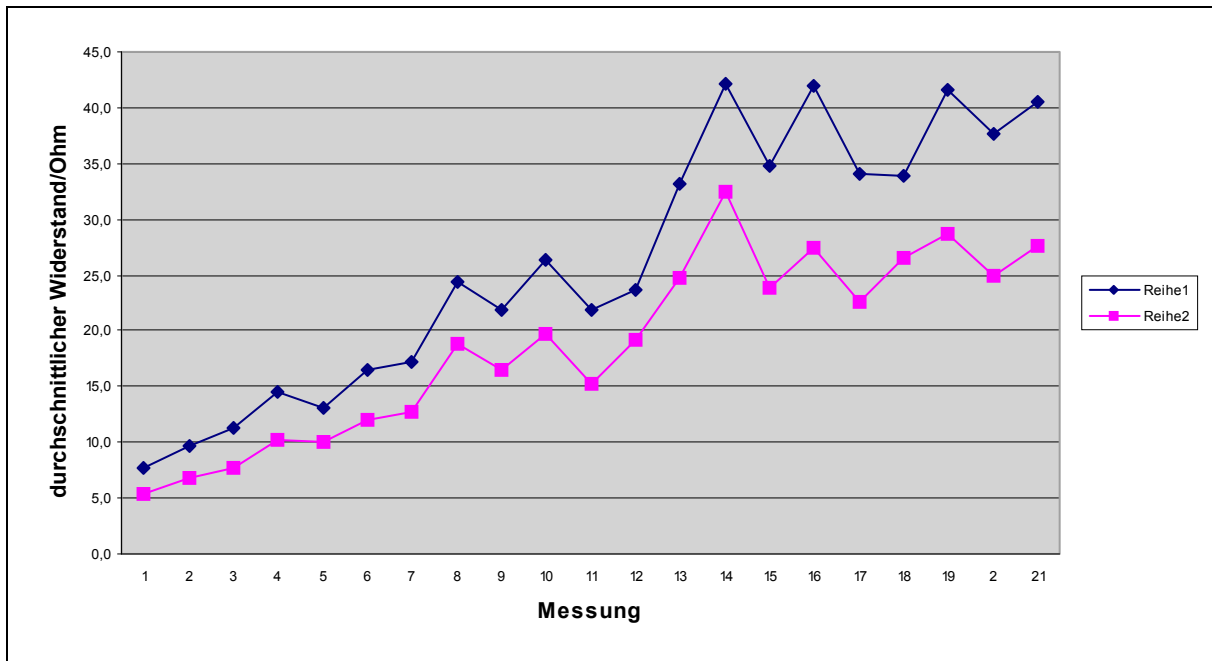
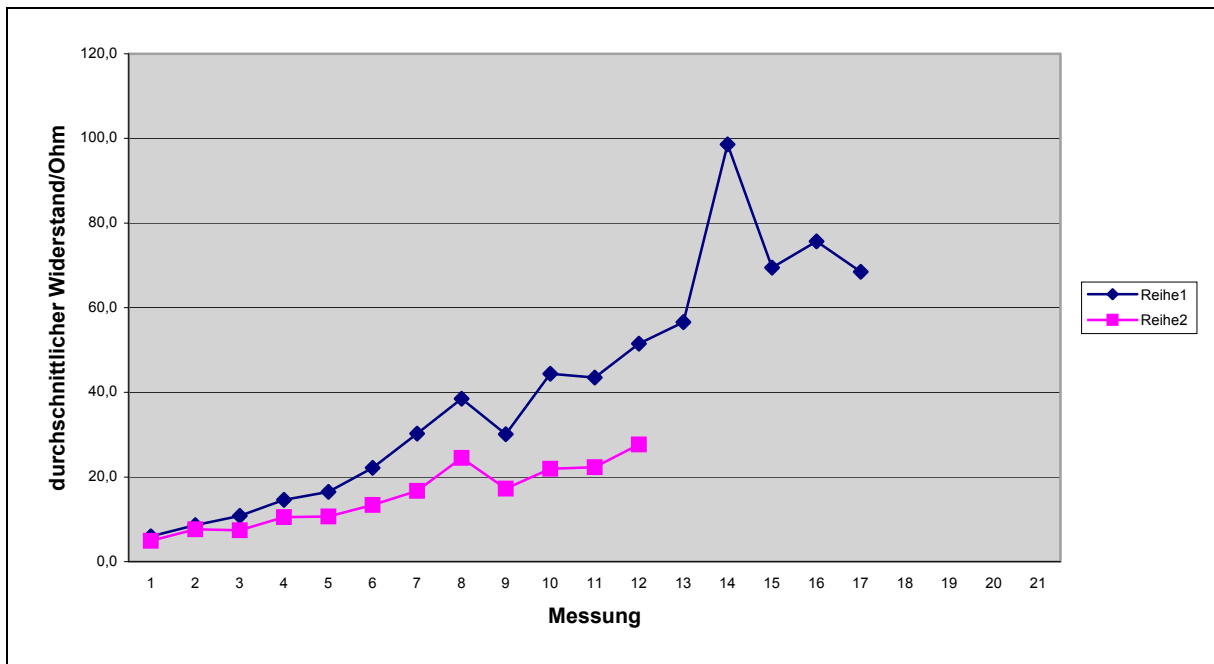
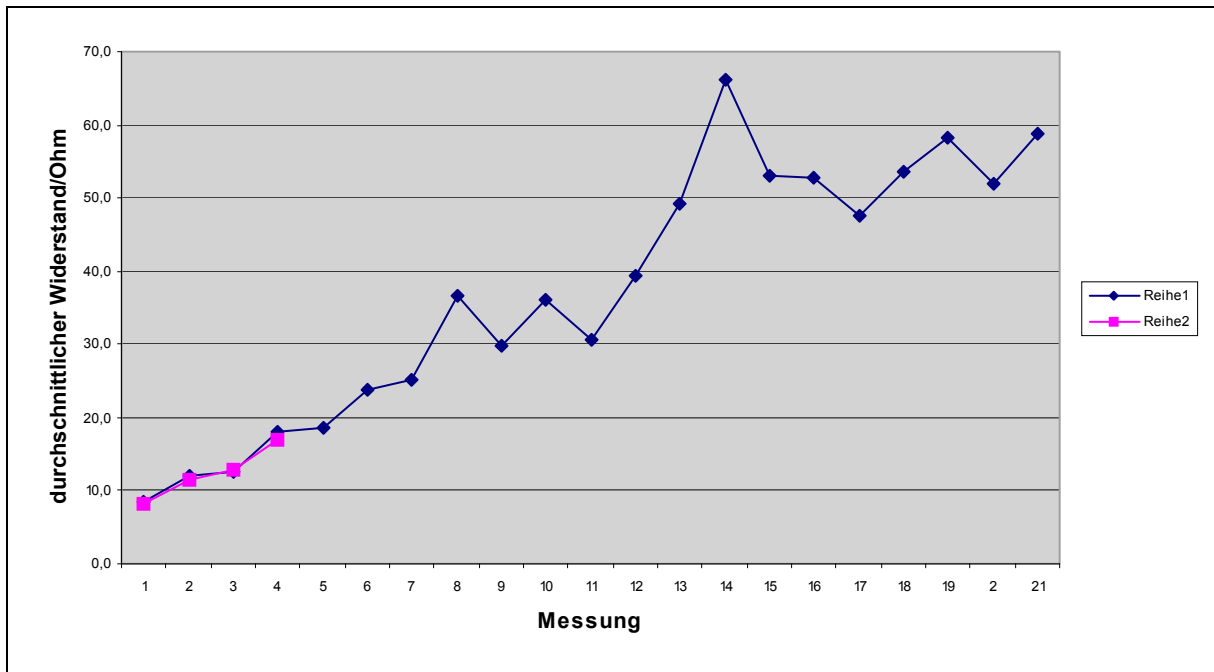


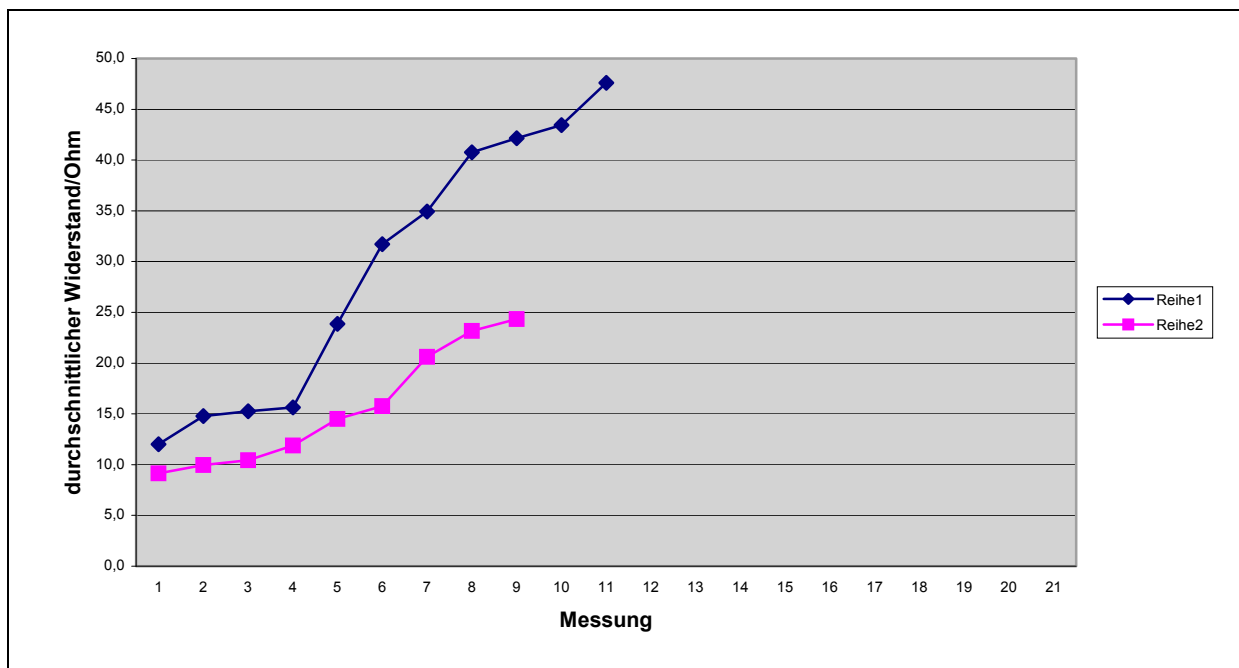
Diagramm 6: Widerstandsverhalten Probe V2-01 bei Waschtest (Raute/Kreuz)



Anmerkung: keine sichere Messwerterfassung bis zum Versuchsende möglich
Diagramm 7: Widerstandsverhalten Probe V2-31 bei Waschtest (Raute/Raute, Fixierungsrahmen)

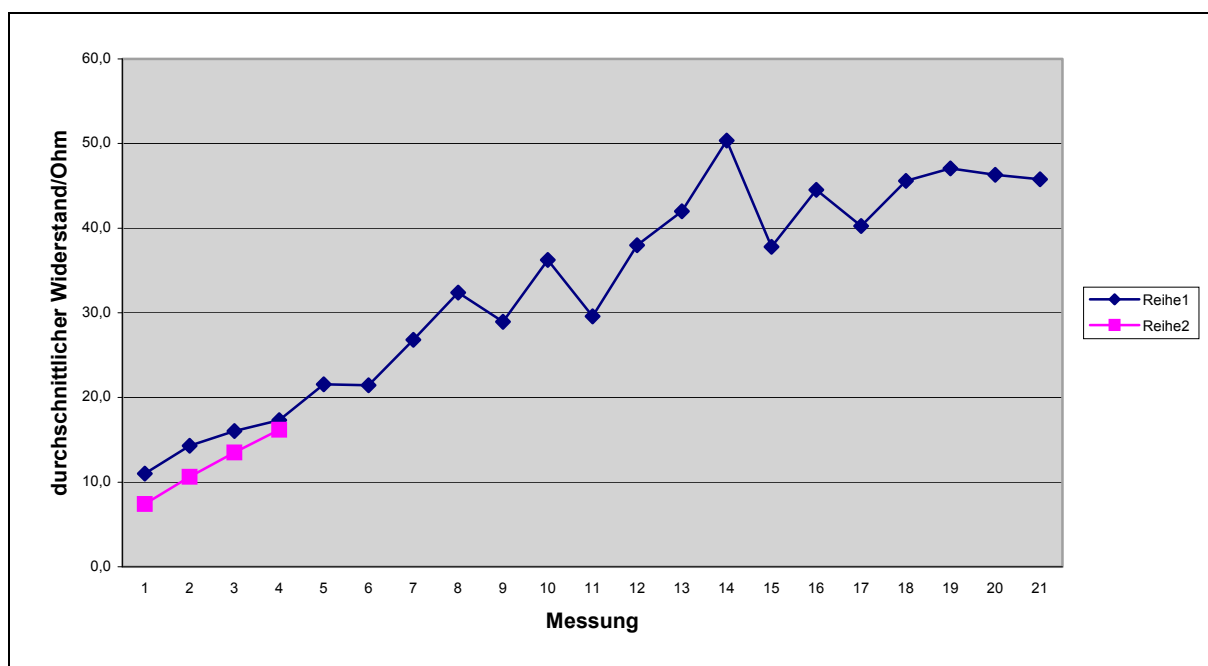


Anmerkung: bei Kontaktierungshälfte2 keine sichere Messwerterfassung bis zum Versuchsende möglich
Diagramm 8: Widerstandsverhalten Probe V2-41 bei Waschtest (Raute/Kreuz)



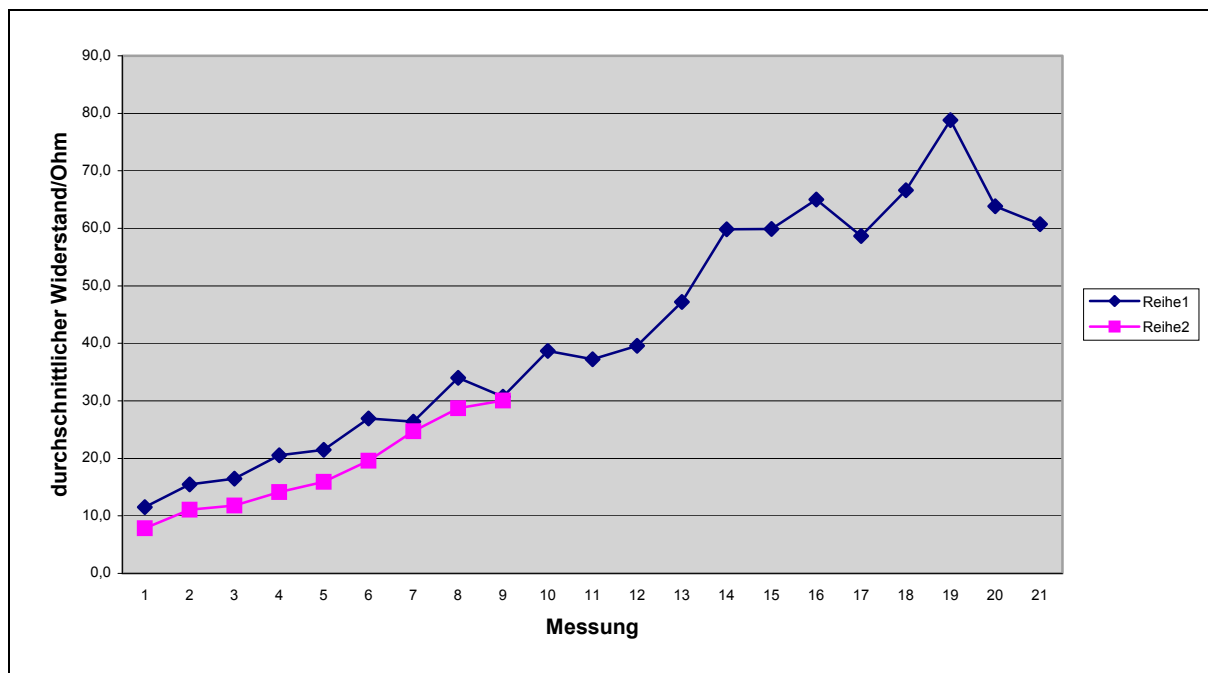
Anmerkung: keine sichere Messwerterfassung bis zum Versuchsende möglich

Diagramm 9: Widerstandsverhalten Probe V2-61 bei Waschtest (Delta/Delta, Klebstoff Ober- und Unterseite (Kontaktierungshälfte 1), textiles Pad)

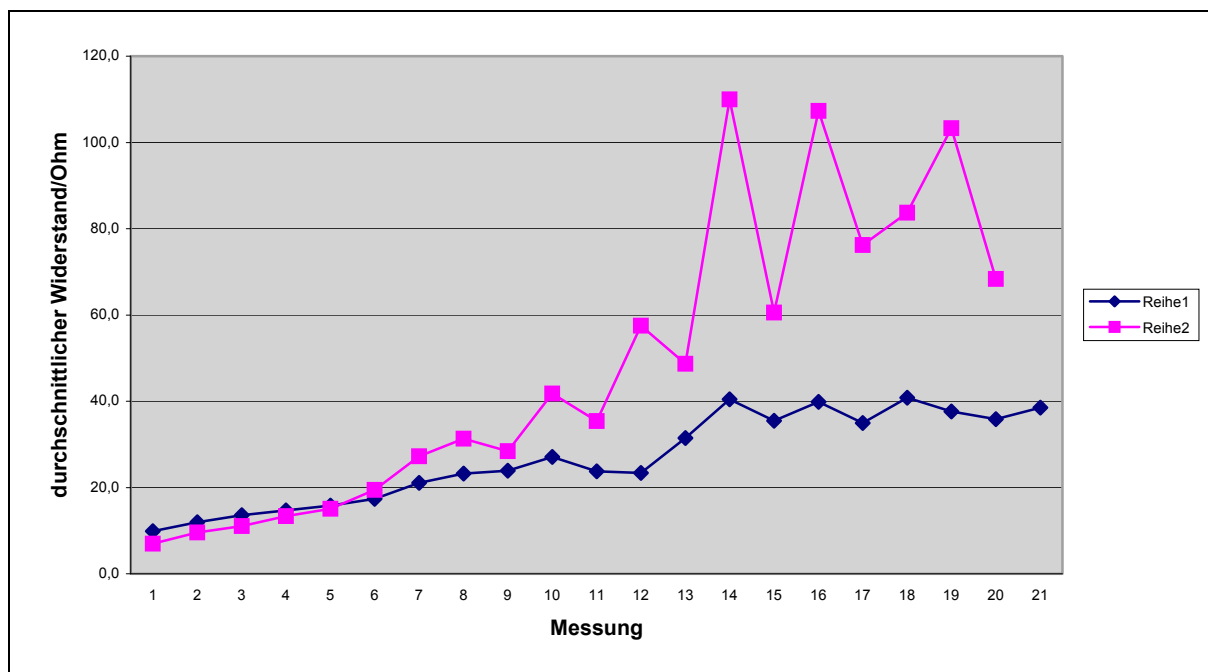


Anmerkung: bei Kontaktierungshälfte2 keine sichere Messwerterfassung bis zum Versuchsende möglich

Diagramm10: Widerstandsverhalten Probe1-8 bei Waschtest (Raute/Raute, Klebstoff Oberseite (Kontaktierungshälfte 1), Klebstoff Unterseite (Kontaktierungshälfte 2), Fixierungsrahmen, textiles Pad)



Anmerkung: bei Kontaktierungshälfte2 keine sichere Messwernerfassung bis zum Versuchsende möglich
Diagramm11: Widerstandsverhalten Probe 11-18 bei Waschtest (Raute/Kreuz, Fixierungsrahmen, textiles Pad)



Anmerkung: bei Kontaktierungshälfte2 keine sichere Messwernerfassung bis zum Versuchsende möglich
Diagramm12: Widerstandsverhalten Probe 21-28 bei Waschtest (Raute/Raute, Klebstoff Ober- und Unterseite (Kontaktierungshälfte 1), textiles Pad)

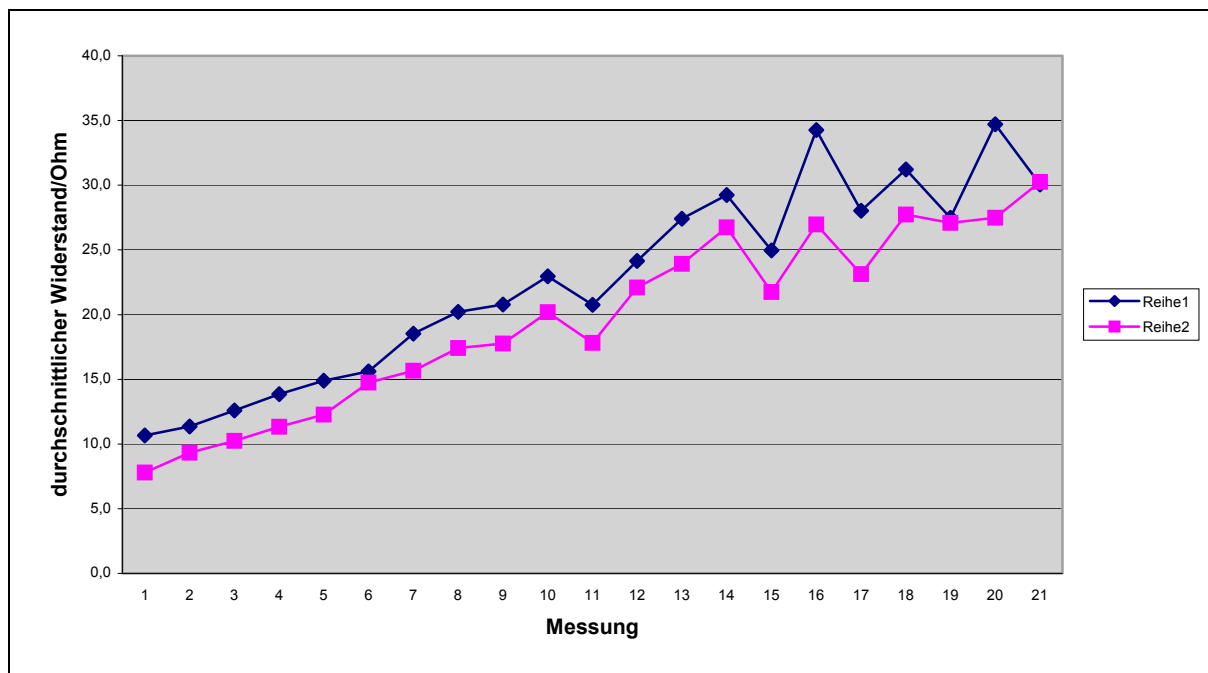
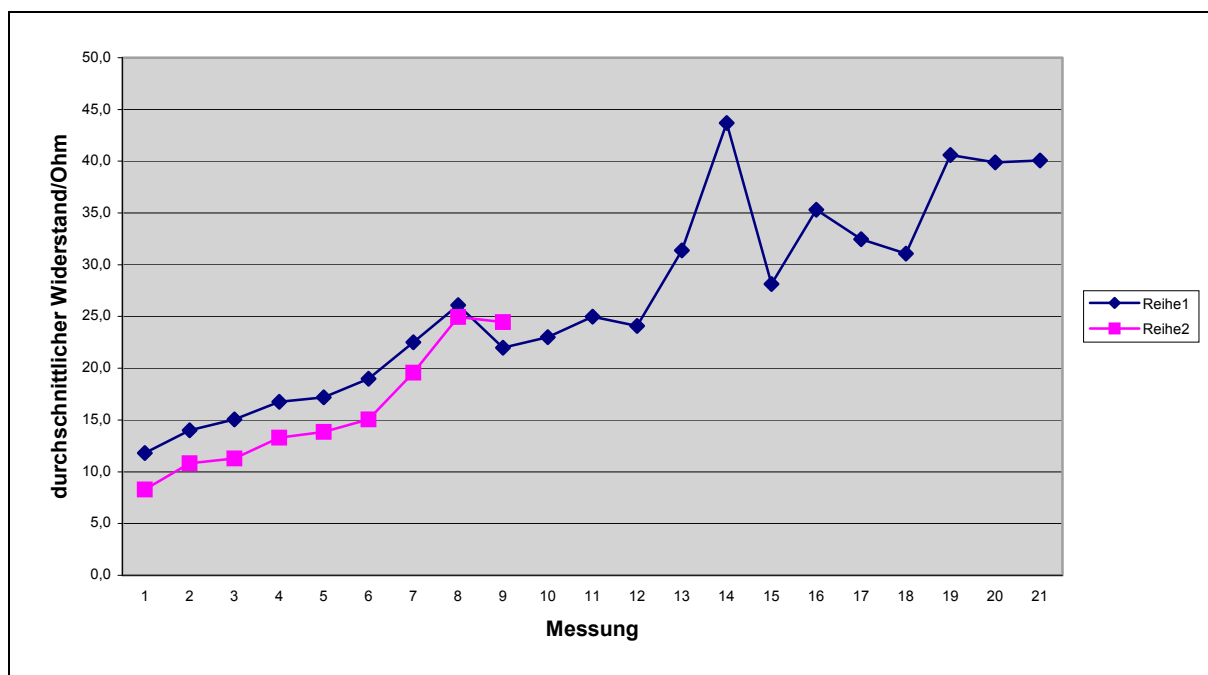


Diagramm13: Widerstandsverhalten Probe51-58 bei Waschtest (Raute/Raute, verlötete Pads)



Anmerkung: bei Kontaktierungshälfte2 keine sichere Messwertauffassung bis zum Versuchsende möglich
Diagramm14: Widerstandsverhalten Probe 91-98 bei Waschtest (Raute/Raute)

Versuchsauswertung:

Die Probe mit verlöteten Anschlüssen (Probe 51-58) zeigte die beste Langzeitstabilität beim Waschtest.

Die rautenförmig verstickten Pads weisen ein besseres Widerstandsverhalten auf. Deltaförmig verstickte Pads (Probe V2-61) führten frühzeitig zu vollständiger Unterbrechung der elektrischen Leitfähigkeit beim Waschtest.

Der Einfluss des textilen Fixierungsrahmens war in diesem Versuch nicht nachweisbar. Ebenso ist keine eindeutige Verbesserung des Widerstandsverhaltens durch zusätzliche textile Pads bei der Kontaktierung erkennbar.

Auffällig ist weiterhin, dass die meisten Ausfälle bei der Kontaktierungshälfte 2 aufgetreten sind. Eine eindeutige Ursache konnte hierfür allerdings nicht ermittelt werden.

Als optimale Verbindungstechnologie wurde in diesem Versuch ermittelt:

- Platinenvariante V4
- Rautenförmige Verstickung der Pads
- Textile Abdeckung der Ober- und Unterseite
- Verlötete Kontaktierungsstellen.

Weiterhin waren bei Einsatz elektrisch leitfähigem Klebstoff auf beiden Seiten der Kontaktierungsstellen (außer bei Platinenvariante V3) ähnlich gute Versuchsergebnisse erzielbar.

Die Kontaktierungshälfte 1 hat meist einen höheren Widerstandswert. Die Ursache hierfür ist die größere Leitungslänge.

2.1.6.2 Versuchsreihe 6: mechanischer Belastungstest

Proben:

Anzahl: 8 Probestücke a 8 Leiterbahnen mit je 2 Steckverbindern
Art: gestickte Leiterbahnen

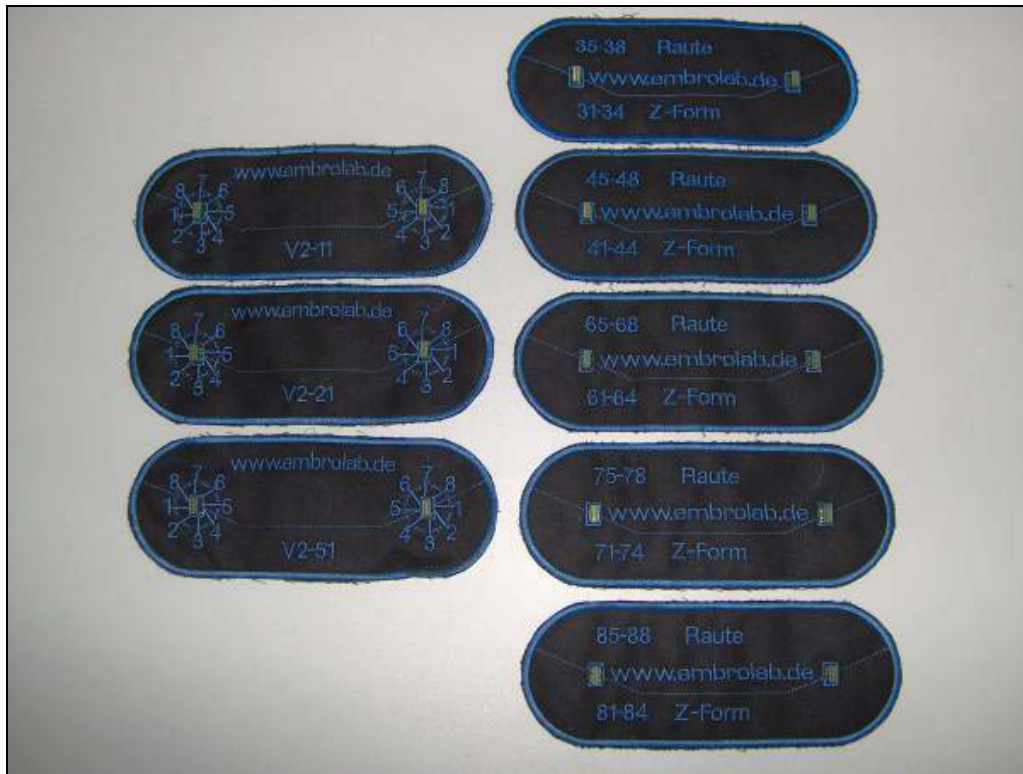


Abb. 67: Versuchsplatten für mechanischen Belastungstest

Platinen-Variante	Bezeichnung	Kontaktierungshälfte	Klebstoff Oberseite	Klebstoff Unterseite	Kreuz	Raute	Delta	Fixierungsrahmen	textiles Pad	Textile Abdeckung Oberseite	Textile Abdeckung Unterseite	Verlötete Pads	Untersuchungsparameter	Bemerkungen	
V2	V2-21	1				X				X	X		ohne Pad		
		2			X					X	X		Kreuz		
	V2-51	1				X		X		X	X		Rahmen		
		2				X		X		X	X		Rahmen		
V3	V2-11	1					X	X	X	X	X		Rahmen	Kurzschluss 1+8,4+5	
		2					X	X	X	X	X		Rahmen		
V4	71-78	1	X	X		X			X	X	X		Klebstoff Ober-, Unterseite mit Pad		
	halb Kleber	2				X			X	X	X				
	31-38	1	X			X			X	X	X				
	halb Kleber	2		X		X			X	X	X				
	81-88	1				X				X	X		ohne Pad		
		2				X					X	X		Kreuz	
	41-48	1				X		X		X	X		Rahmen		
		2				X		X		X	X		Rahmen		
	61-68	1				X				X	X	X	verlötet		
	Verlötet	2				X				X	X	X			

Tabelle24: Aufbau Versuchsproben mechanischer Belastungstest

durchgeführte Prüfungen:

Mechanischer Belastungstest

Bei dem mechanischen Test werden die Prüflinge gleichzeitig mit Knickung, Torsion und Zug beansprucht. Der links angeordnete Schlitten führt eine zyklische Hinundherbewegung aus. Dadurch entsteht eine Knick- und eine Zugbelastung auf dem Prüfling. Die rechte Fixierung führt dabei eine um die X-Achse vor- und zurückdrehende Bewegung aus. Dadurch wird der Prüfling auf Torsion beansprucht. Zur Überwachung der Prüflinge wurde eine Schaltung aufgebaut, die permanent den Widerstand der in Reihe geschalteten Leitungsverbindungen überwacht. Durch einen mechanischen Schrittzähler wird die Anzahl der Prüfzyklen ermittelt. An den Anschlüssen 1 und 2 (siehe Abb. 68) wurde jeweils ein Multimeter zur Widerstandsmessung angeschlossen. Dabei wurden die Widerstände der beiden unterschiedlich aufgebauten Kontaktierungshälften ermittelt. Die Multimeter sind über eine serielle Schnittstelle mit einem PC verbunden. Mittels PC erfolgte die Messwerterfassung und -auswertung.

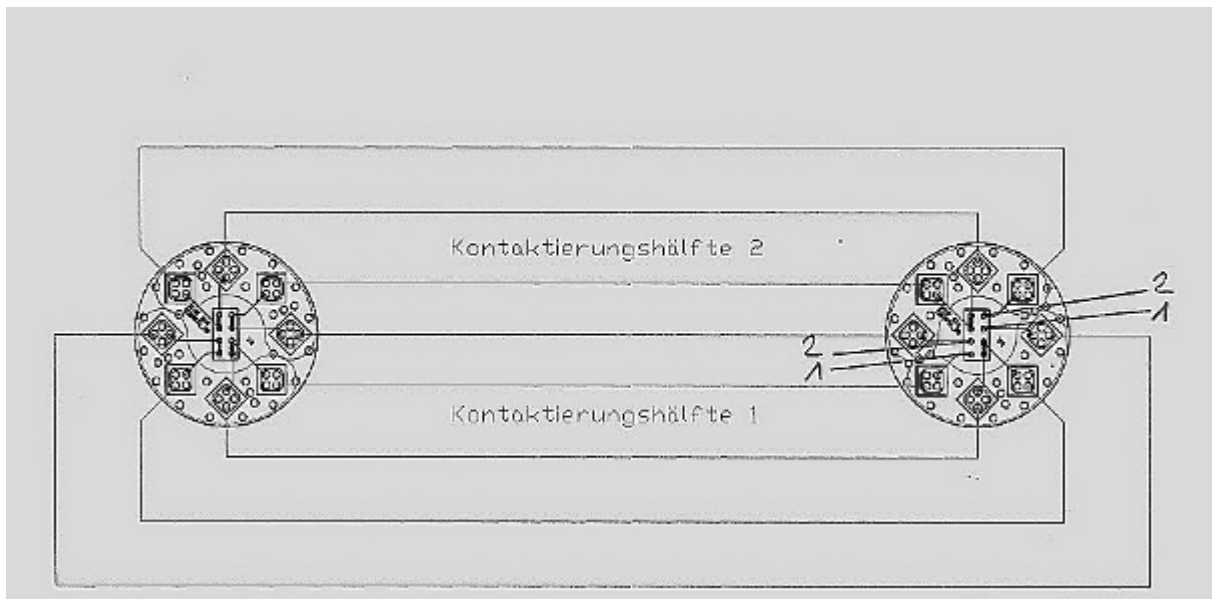


Abb. 68: Verschaltung der Versuchsproben

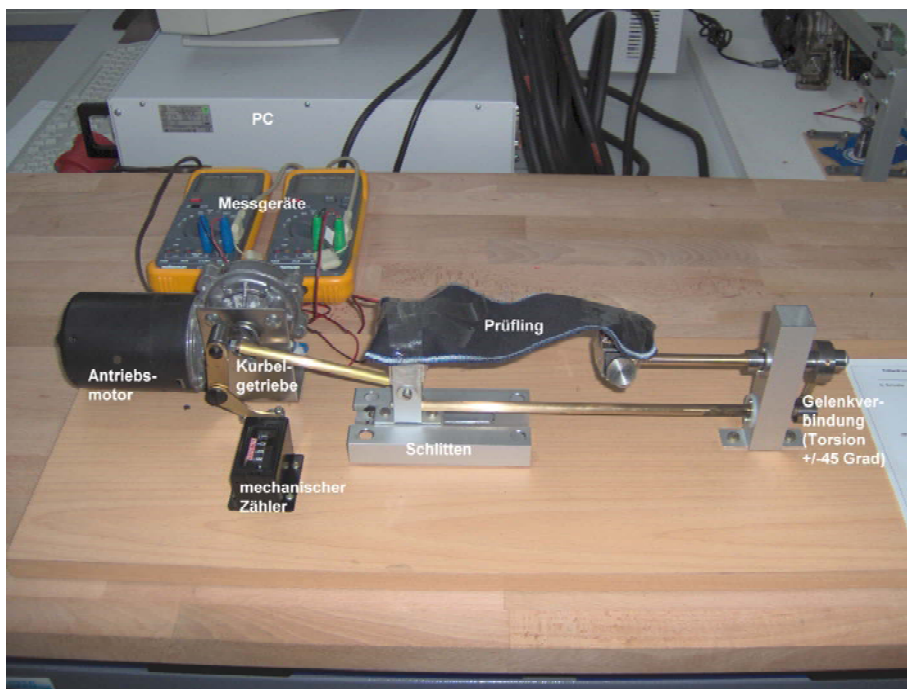


Abb. 69: Versuchsaufbau mechanischer Belastungstest



Abb. 70: auf der Testvorrichtung kontaktierte Versuchsprobe

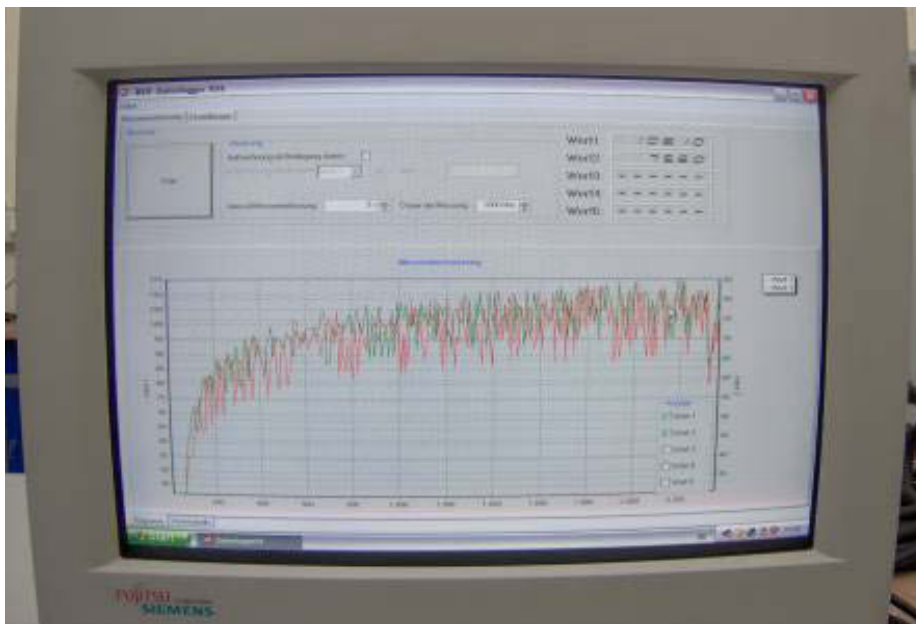


Abb. 71: Messwerterfassung und Versuchsauswertung am PC

Versuchsergebnisse:

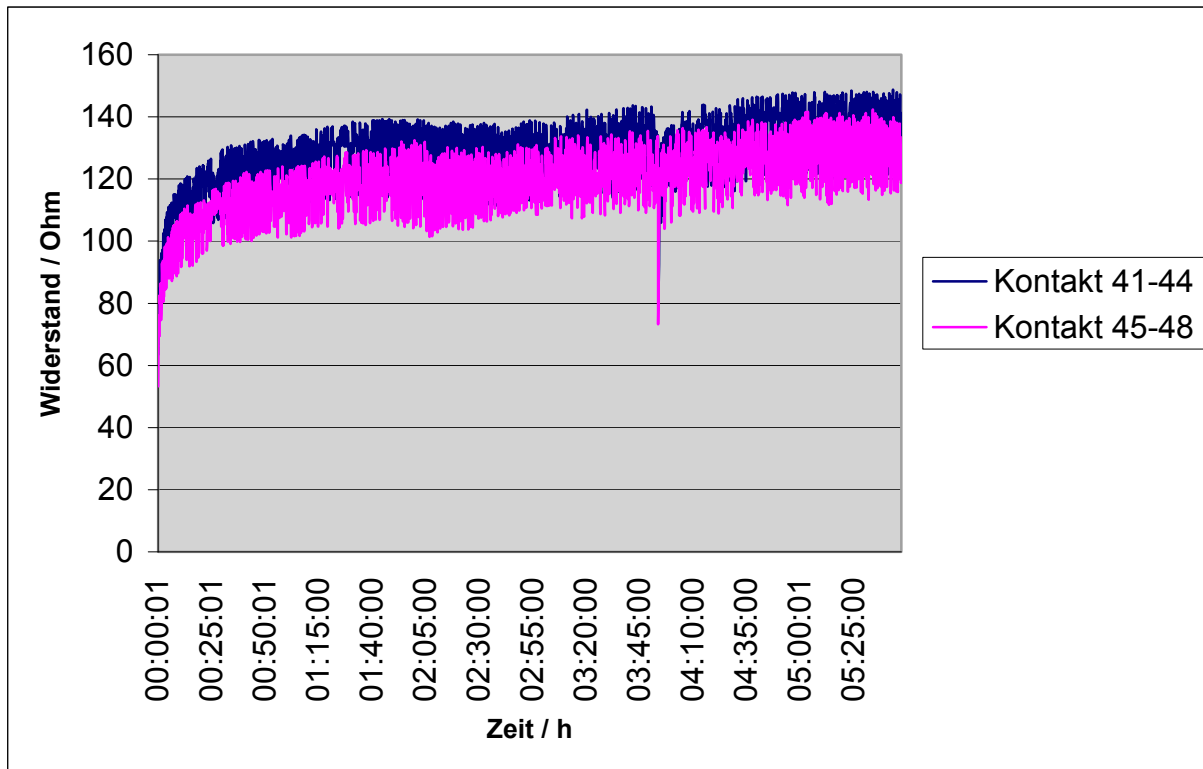
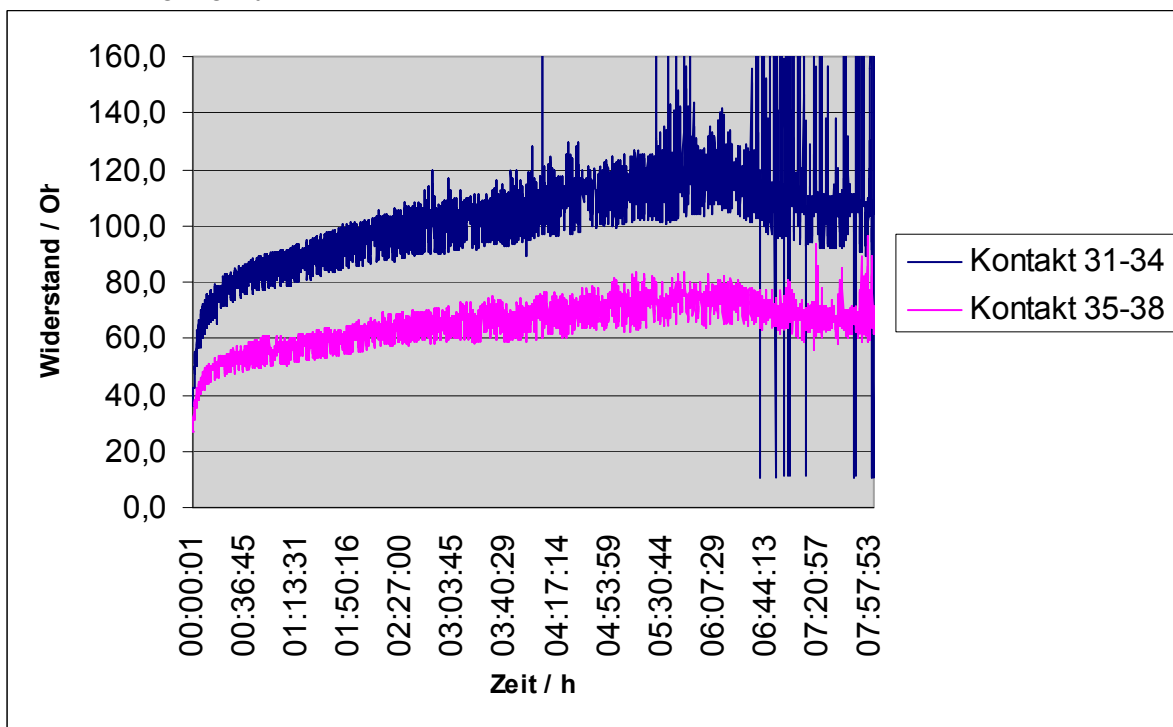


Diagramm 15: Mechaniktest Probe 41-48
(Raute/Raute, Fixierungsrahmen)
19806 Bewegungszyklen



Anmerkung: Kontaktunsicherheiten am Steckverbinder
Diagramm 16: Mechaniktest Probe 31-38
(Raute/Raute, Klebstoff Oberseite (Kontaktierungshälfte 1), Klebstoff Unterseite (Kontaktierungshälfte 2), textiles Pad)
29397 Bewegungszyklen

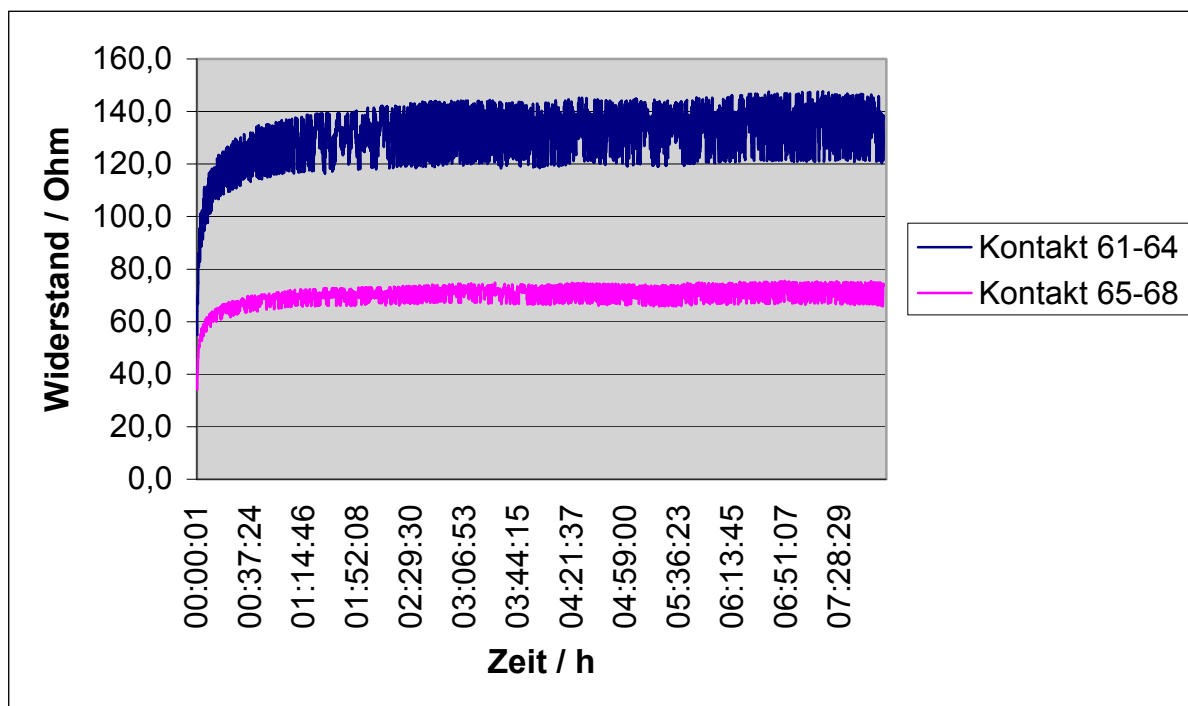
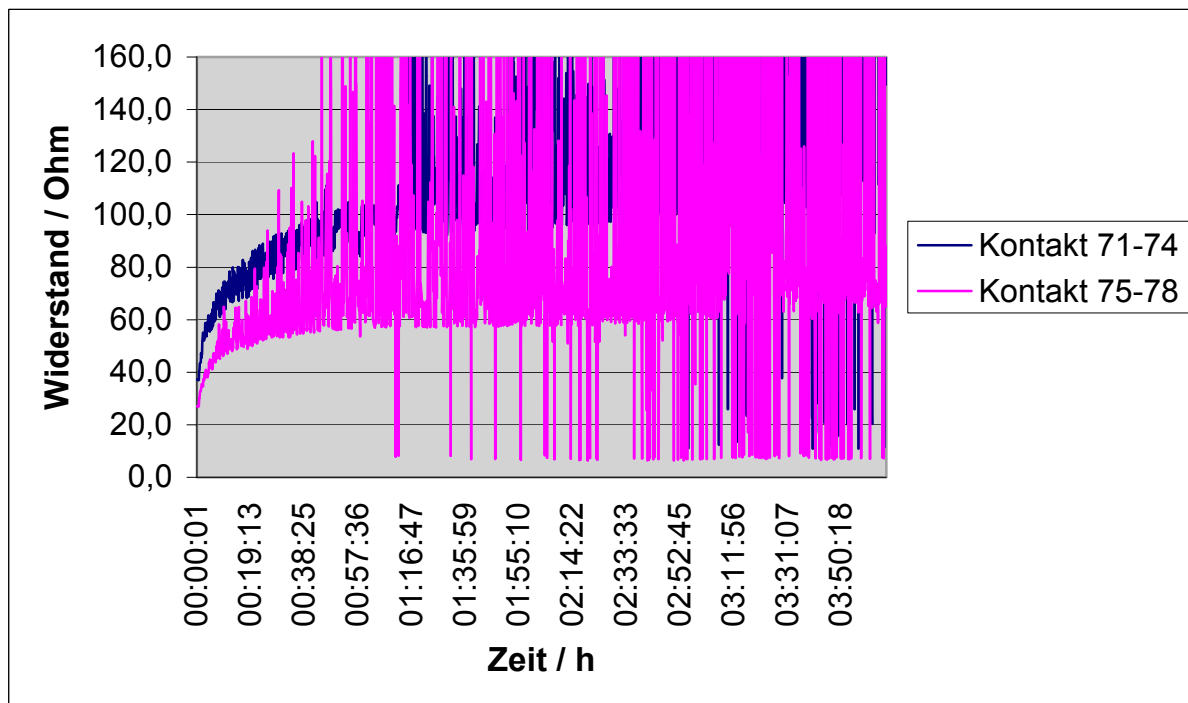


Diagramm 17: Mechaniktest Probe 61-68
(Raute/Raute, verlötete Pads)
29654 Bewegungszyklen



Anmerkung: Kontaktunsicherheiten am Steckverbinder
Diagramm 18: Mechaniktest Probe 71-78
(Raute/Raute, Klebstoff Ober- und Unterseite (Kontaktierungshälfte 1), textiles Pad)
15016 Bewegungszyklen

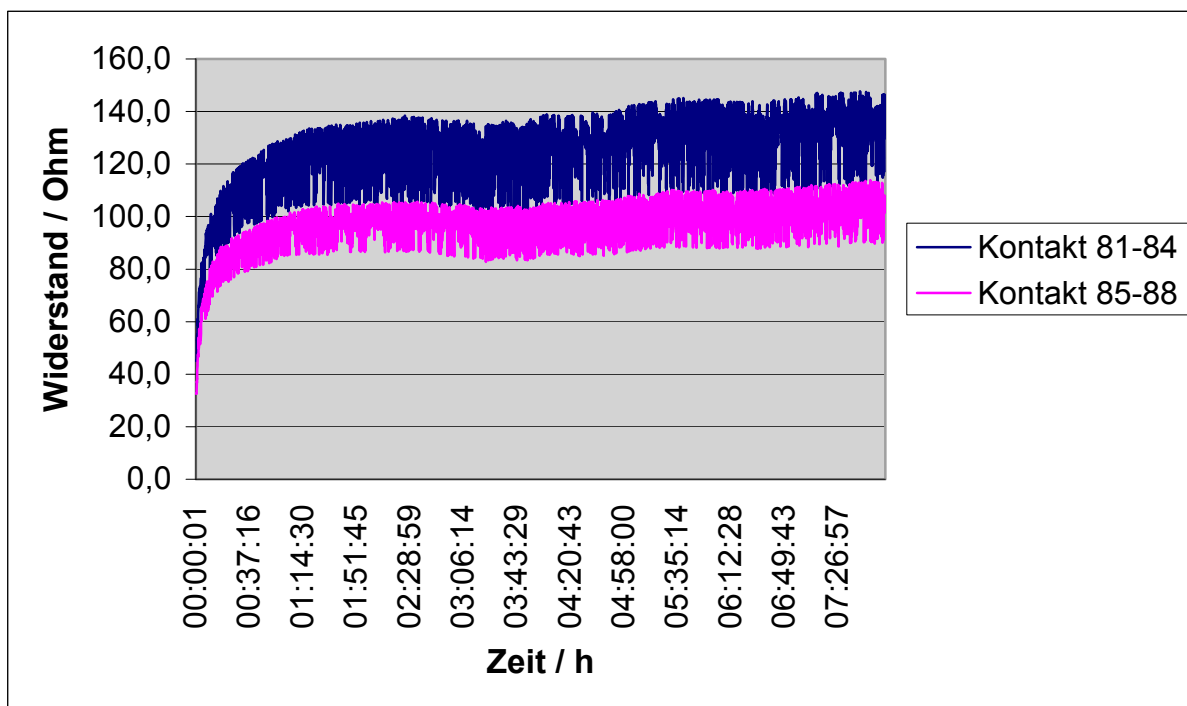


Diagramm 19: Mechaniktest Probe 81-88
(Raute/Kreuz)
28668 Bewegunsgzyklen

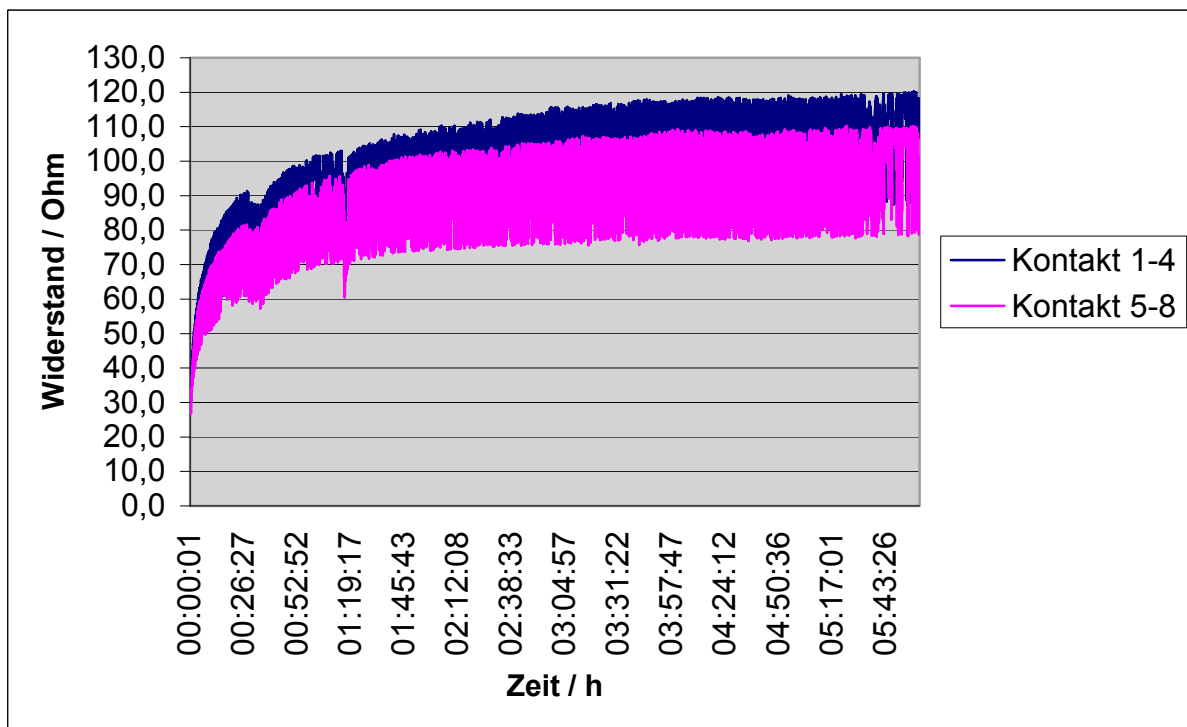


Diagramm 20: Mechaniktest Probe V2-11
(Delta/Delta, Fixierungsrahmen, textiles Pad)
20807 Bewegunsgzyklen

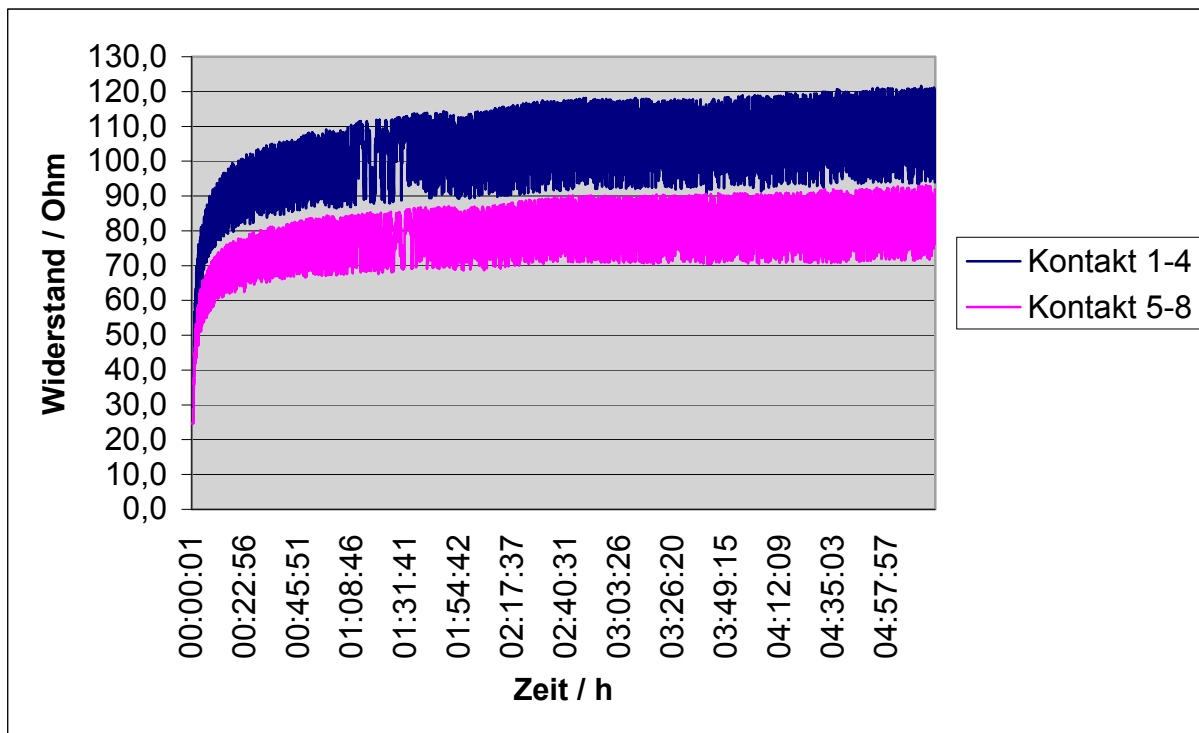
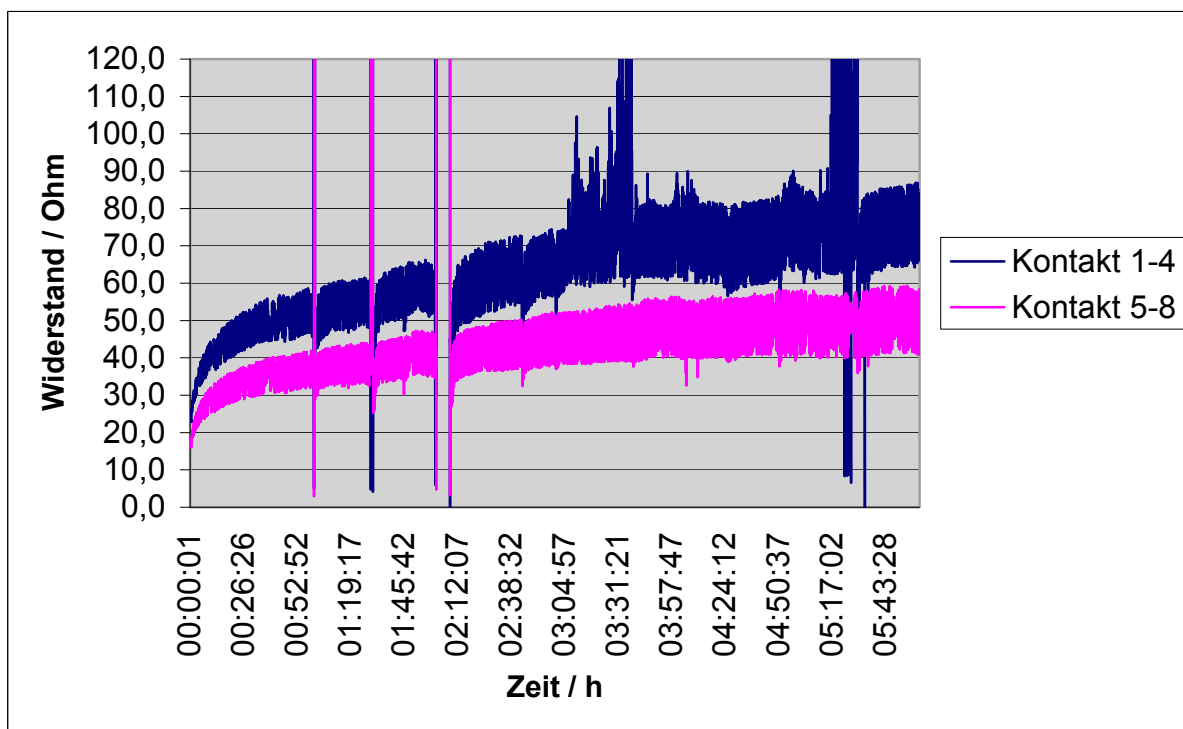


Diagramm 21: Mechaniktest Probe V2-21
(Raute/Kreuz)
21000 Bewegungszyklen



Anmerkung: Kontaktunsicherheiten am Steckverbinder
Diagramm 22: Mechaniktest V2-51
(Raute/Raute, Fixierungsrahmen)
21319 Bewegungszyklen

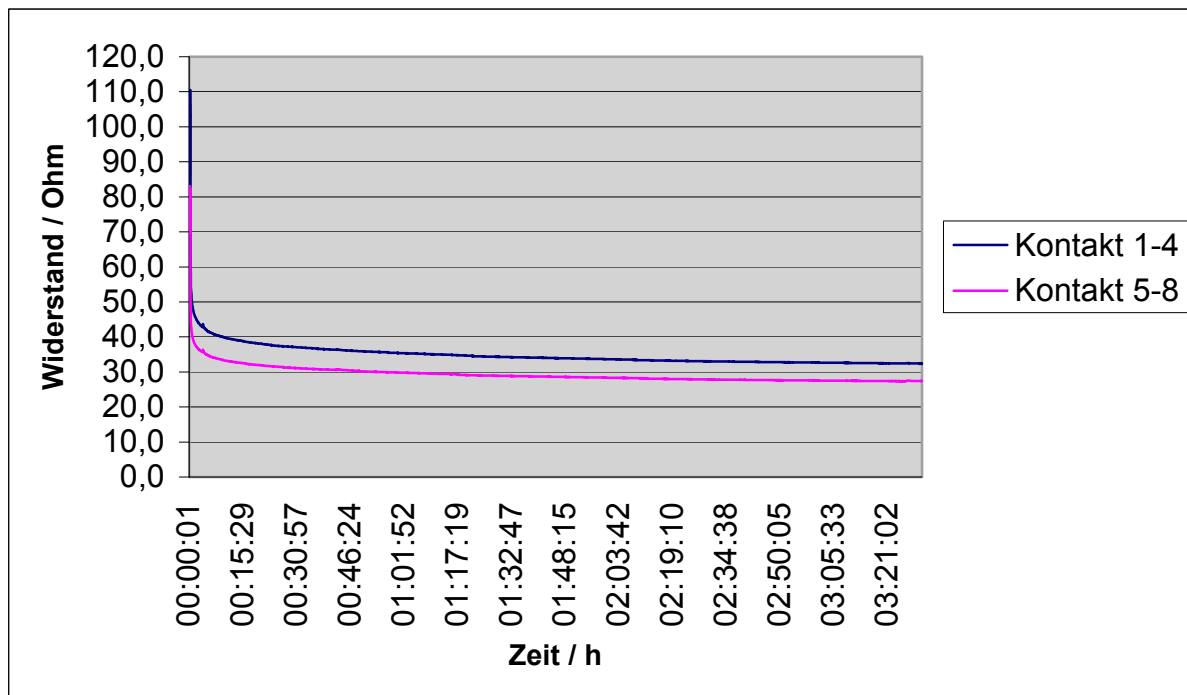


Diagramm 23: Widerstandsverhalten Probe V2-21 (Raute/Kreuz) nach Beenden des Mechaniktest Versuches

Auswertung Mechaniktest:

Beim mechanischen Belastungstest kam es bei keiner Probe zu einer vollständigen Unterbrechung der elektrischen Leitfähigkeit.

Bei allen Proben kommt es bei mechanischer Belastung zu einem Anstieg des elektrischen Widerstandes. Dieser Widerstandsanstieg baut sich innerhalb kurzer Zeit nach Beendigung der mechanischen Belastung zunächst sehr schnell und später langsam wieder ab. Etwa einen Tag nach Versuchsende war bei allen Proben der vor dem Versuchsbeginn gemessene Widerstandswert wieder erreicht.

Aufgetretene Extremwerte hatten ihre Ursache in den Kontaktunsicherheiten an den Steckverbindern. Durch eine zusätzliche Fixierung der Proben mittels Klebeband wurde versucht, die mechanische Belastung am Steckverbinder zu minimieren.

Das beste Verhalten wiesen die Proben V2-51 (Raute/Raute, Fixierungsrahmen) in beiden Kontaktierungshälften sowie die Proben 31-38 (Raute, Klebstoff Unterseite, textiles Pad) und 61-68 (Raute, verlötete Pads) jeweils in der 2. Kontaktierungshälfte auf.

Die Kontaktierungshälfte 1 hat grundsätzlich einen höheren Widerstandswert. Die Ursache hierfür ist die größere Leitungslänge der gestickten Leiterbahnen.

2.1.6.3 Zusammenfassung der Ergebnisse der Testreihen

Waschtest

Beim Waschen von elektrisch leitfähigen gestickten Leiterbahnen (Fadenmaterial: ELITEX®) kommt es zu einem Anstieg des elektrischen Widerstandes der elektrischen Verbindung. Diese Widerstandserhöhung hat ihre Ursachen in einer Verschlechterung der Kontaktierung zwischen Fadenmaterial und elektrischer Schaltung (Leiterplatte) sowie in einer Schädigung des Fadenmaterials selbst. Durch geeignete Maßnahmen können diese Effekte minimiert und die Zuverlässigkeit textiler leitfähiger Verbindungen verbessert werden. Diese Maßnahmen sind:

- zusätzliches Verlöten oder Verkleben der Kontaktierungsstelle
- Verwendung von Kontaktierungspads mit mehreren Kontaktierungslochern
- rautenförmiges Versticken der Kontaktierungen
- beidseitige textile Abdeckungen der textilen Schaltungen.

Gecrimpte elektrische Verbindungen zwischen leitenden Fäden wiesen gute elektrische Eigenschaften auf. Die Crimptechnologie führte beim Waschtest jedoch zu keinem zufriedenstellenden Ergebnis. Es ist eine bessere mechanische Fixierung der Kontaktierungsstelle erforderlich, denn es kommt im Bereich der Crimpstelle frühzeitig zu einer Unterbrechung der elektrischen Verbindung durch die hohe mechanische Belastung beim Waschtest.

Druckknöpfe eignen sich sehr gut zur elektrischen Kontaktierung textiler Elektronik. Nach 20 Wäschen ist trotz hoher chemischer und physikalischer Belastung bei keiner Probe eine Unterbrechung der elektrischen Leitfähigkeit eingetreten.

Mechaniktest

Durch die hohe mechanische Belastung kam es bei keiner Probe zur Unterbrechung der elektrischen Leitfähigkeit.

Beim Mechaniktest war ein deutlicher Anstieg des elektrischen Widerstandes innerhalb kurzer Zeit zu verzeichnen. Dieser Anstieg ist aber reversibel, d.h. die Widerstandserhöhung klingt innerhalb von 24 Stunden nahezu vollständig wieder ab.

Die zeitliche Abhängigkeit des Widerstandswertes nach mechanischer Belastung führte wahrscheinlich auch beim Waschtest zu relativ starken Abweichungen der Messwerte, die vom Zeitpunkt der Messung abhängig waren.

2.1.6.4 Fazit

Die Untersuchungen zeigen, dass sich mittels Sticktechnologie zuverlässige elektrische Verbindungen herstellen lassen, die auch hohen mechanischen und chemischen Belastungen zuverlässig standhalten.

2.1.7 Funktionsmuster: Textile Funktastatur

Die embrolab-Partner Sandner Stickereien GbR und Ingenieurbetrieb Kunze GmbH haben in gemeinsamer Projektarbeit eine textile Funktastatur entwickelt, die ein hohes Innovationspotenzial bietet.

Durch gezielte Forschungsarbeit auf den Gebieten

- Realisierung textiler Schalter
- Kontaktierung
- Leiterführung
- Verarbeitung leitfähiger Fäden

wurde wichtiges Know-how erarbeitet. Die Verifizierung dieser Mikrosystemtechnik erfolgte durch Waschversuche sowie mechanische Tests und kommt nun in einer speziellen textilen Funktastatur zur Anwendung.

Die Tastatur besteht aus einer gestickten Matrix und einem Funkdatentransceiver, der über einen Mikrocontroller und einer integrierten Antenne verfügt. Die Reichweite des Systems beträgt im Freifeld ca. 150 m.

Denkbare Applikationen für diese Tastatur sind:

- Fernbedienung für Heimelektronik, die beispielsweise in einen Sessel integriert werden kann
- Steuerung von in Kleidung integrierter Unterhaltungselektronik
- Bedienung mobiler Rechentechnik
- Steuerung von Komfortfunktionen in Fahrzeugen durch eine in den Fahrzeugsitz integrierte Tastatur
- Funktastatur für PDAs oder Smartphones

Die Vorteile der Tastatur sind:

- uneingeschränkte Designmöglichkeiten
- mechanische Flexibilität
- hohe Knickbruchbeständigkeit
- hohe Strapazierfähigkeit durch widerstandsfähige Materialien
- geringes Gewicht.



Abb. 72: gesticktes Layout der Funktastatur

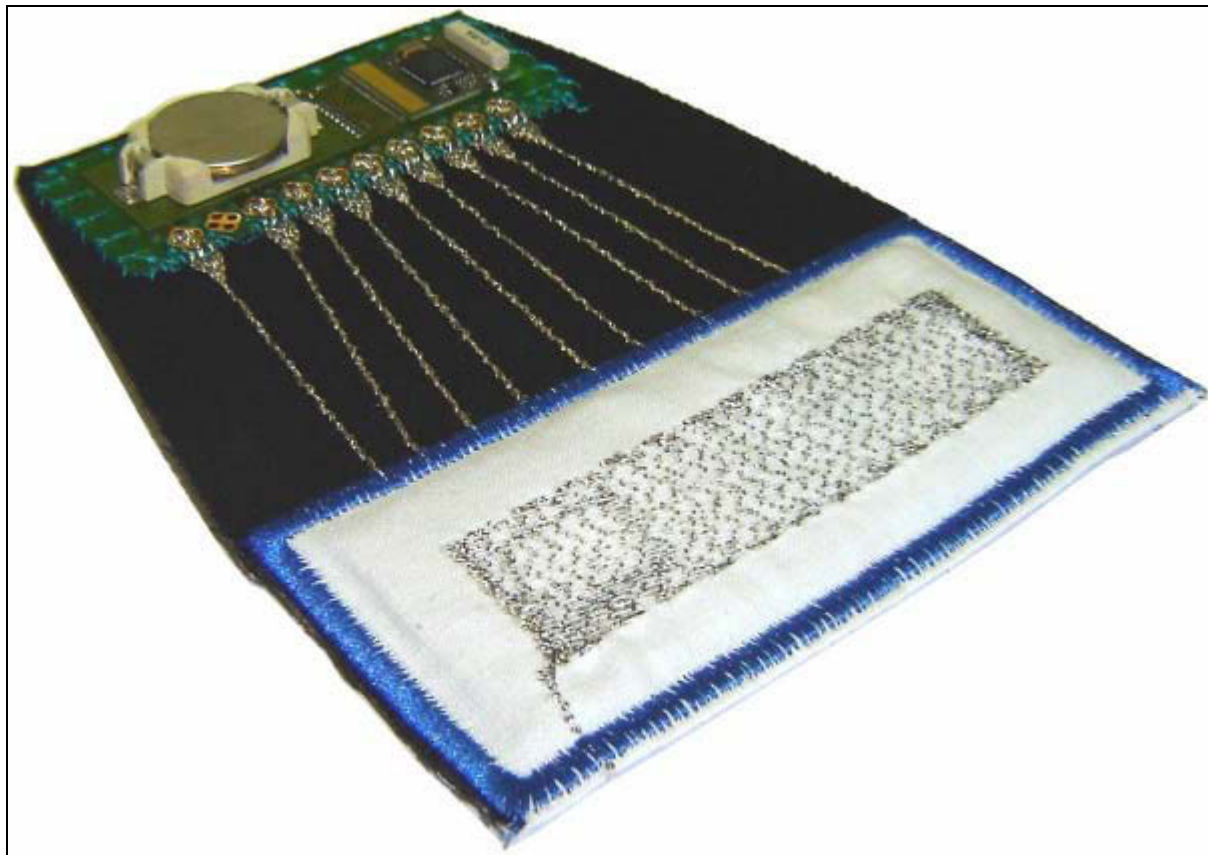


Abb. 73: innerer Aufbau des Funktionsmusters

2.2 Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Hauptergebnis des Projektes ist das gewonnene Know-how, welches in anderen oder weiterführenden Entwicklungen Grundlagenwissen darstellt. Die gewonnenen Erkenntnisse über ein Stickverfahren, dass die Integration und Kontaktierung mikroelektronischer Bauelemente gewährleistet versetzt das Institut in die Lage, im nationalen und auch internationalen Rahmen ein interessanter Partner für Forschung und Entwicklung zu sein.

Textile Werkstoffe gehören heute immer mehr zu den Hightech Materialien. So spielen technische Textilien eine zentrale Rolle bei der weiteren Profilierung des Institutes. Für den im TITV ansässigen Bereich Stickerei stellte die Bearbeitung dieses Forschungsprojektes einen weiteren Baustein zur Neuorientierung auf dem Stickereisektor dar. Es wurden entscheidende Grundlagen für den Einsatz der Sticktechnologie im Bereich der technischen Textilien geschaffen.

Ziel des Projektes war es, eine zuverlässige Technologie zur Realisierung komplexer Elektronik in textilen Strukturen durch Nutzung der Sticktechnologie zu finden.

Die Hauptanwendungsgebiete dieser neuen Technologie liegen zunächst im Bereich von Wellness- und Medizintechnikprodukten. Die Integration von Sensorik zur Abnahme von Vitalparametern in textile Strukturen spielt hierbei eine besondere große Rolle. Weitere wichtige Anwendungsgebiete sind der Bereich des Gesundheits- und Arbeitsschutzes, der Automobilsektor und der Bereich Elektronik und Funktechnik.

Beispiele für die Anwendung textiler Elektronik sind:

- Berufsbekleidung
- Schutzbekleidung
- Sportbekleidung
- Textilien mit Warnfunktion
- Schuhtextilien
- Medizinische Textilien und Bekleidung insbes. im Bereich der Rehabilitation
- Textile funktionale Innenausstattung im Automobilbereich, Waggonbau, Flugzeugbau
- Umweltechnik, Gewässerschutz
- Verpackungstextilien
- Hebezeuge, Sicherheitsgurte
- Bautextilien, textile Architektur
- Funktionelle textile Fußbodenbeläge, Wandbespannungen, Heimtextilien.

Die entwickelte neuartige Technologie zum Auf- bzw. Einbringen von mikroelektronischen Bauelementen in Textilien kann der Stickereiindustrie völlig neue Impulse verleihen. Zunächst wird sich der Einsatz textiler Elektronik auf bestimmte Anwendungen im Hochpreissegment konzentrieren. Zukünftig ist aber mit einer breiten und preisgünstigeren Einführung zu rechnen.

Wichtig ist, dass im Anschluss an das Projekt konsequent an der Entwicklung von Applikationen für die Integration von komplexer Elektronik in textilen Strukturen gearbeitet wird und weitere Anwendungspartner gefunden werden.

In diesem Projekt wurde eine Technologie zur Realisierung komplexer Elektronik in textilen Strukturen mittels Sticktechnik entwickelt, deren Zuverlässigkeit in umfangreichen Testversuchen nachgewiesen wurde. Hierfür wurden umfangreiche Waschtests, mechanische Belastungstests und mikroskopische Untersuchungen durchgeführt und die elektrischen Eigenschaften der textilen elektrischen Verbindungen ermittelt. Weiterhin wurden geeignete Technologien zur sticktechnischen Kontaktierung von textilen Leiterbahnen mit elektronischen Baugruppen entwickelt, die bisher noch nicht verfügbar waren.

In diesem Projekt wurden die Grundlagen für das INNO-WATT Nachfolgeprojekt „Entwicklung von textilen elektronischen Schaltungen für flexible Anwendungen“ (IW061064)/10/ geschaffen. Aufbauend auf den Erkenntnissen dieses Projektes sollen elektronische Schaltungen auf textilem Trägermaterial realisiert werden. Die mikroelektronischen Bauelemente sollen hierbei direkt mit dem leitenden Faden kontaktiert werden und es sind Verfahren zur mechanischen Fixierung und zur Isolierung der kompletten Schaltung zu entwickeln.

Die Untersuchungen zeigen, dass sich mittels Sticktechnologie zuverlässige elektrische Verbindungen herstellen lassen, die auch hohen mechanischen und chemischen Belastungen zuverlässig standhalten.

Damit wurden die Grundlagen für den Aufbau textil verdrahteter Schaltungen auf der Basis der Sticktechnologie geschaffen.

2.3 Fortschritt bei anderen Stellen

Während der Projektdurchführung sind keine neuen sticktechnisch realisierten elektronischen Schaltungsmodule bekannt geworden.

Auf dem Gebiet textiler Elektronik sind u.a. folgende Entwicklungen richtungweisend: Gemeinsam mit dem TITV Greiz entwickelte die Firma Philips textile Displays, welche zum Beispiel in Kissen, in Bekleidung oder in Polstermöbel integriert werden können. Hierbei werden in einer Matrix angeordnete RGB-LED's mit gewebten Leiterbahnen kontaktiert und können damit als ein Display angesteuert werden und Informationen oder Bilder darstellen. /11/

Beim intelligenten Teppich "Thinking Carpet", der von Vorwerk in Kooperation mit Infineon entwickelt wurde, wird ein Netzwerk von Schaltungen in einen Teppich integriert, die über textile Leiter miteinander verbunden sind. Die Schaltungen selbst sind als konventionelle flexible Leiterplatten ausgeführt. /12/

Die mp3blue-Jacke der Firma Rosner ist eine wetterfeste Jacke, die Funktionen "Mobil telefonieren per Bluetooth" und "MP3-Musikhören" in sich vereint und ein in die Kleidung integriertes Telefon-Stereo-Headset mit guter Klangqualität darstellt. Die Bedienung der Jacke erfolgt über textile Tasten am Jackenärmel. Das von Infineon Technologies entwickelte Elektronikmodul ist beim Waschen herausnehmbar. /13/

Im Rahmen des EU-Projektes Context werden Sensoren zur berührungslosen Erfassung von Körpersignalen in Textilien integriert. Das TITV ist im Projekt für die Herstellung leitfähiger Strukturen verantwortlich. /14/

Im DemoCenter des MRC (Mobile Research City) Bremen stehen neueste mobile Technologien zum Anfassen und Ausprobieren bereit. Als unabhängiger Verbund führender Forschungseinrichtungen ist das MRC Bremen Ansprechpartner in allen Fragen der Gestaltung neuer mobiler Arbeitsprozesse. /15/

WearIT@work zeigt Anwendungsmöglichkeiten von Computersystemen, die in die Kleidung integriert sind – so genannte „Wearables“ – in unterschiedlichen industriellen Umgebungen. WearIT@work ist das weltweit größte Projekt zum Thema Wearable Computing. /16/

Am Fraunhofer Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration wird die Sticktechnik ebenfalls zur Kontaktierung genutzt. Es werden vorrangig flexible Polymersubstrate auf textilen Flächen befestigt. Die Kontaktierung erfolgt über leitfähige Fadenmaterialien, welche sich im Stickprozess verarbeiten lassen. Hier bestehen ebenfalls Kooperationen mit dem TITV. /17/

Der von der Swedish School of Textiles entwickelte Smart Glove enthält Kommunikationsbauelemente, welche mit einem Mobiltelefon verbunden sind und ein Freisprechen über den Handschuh ermöglichen. Einzelheiten über den "inneren" Aufbau des Smart Glove sind nicht bekannt. /18/

In den Wearable Labs der ETH Zürich wird an unterschiedlichen Anwendungen und Projekten gearbeitet. Es werden leitfähige Fadenmaterialien eingesetzt u.a. bei:

- Leitfähigen Textilien
- Textilen Antennensystemen
- Textilen Transistoren
- Textilen Drucksensoren

- Elektroden
- bewegungssensitiver Kleidung

Der Fokus der Arbeiten liegt aber nicht bei der Verbindungstechnik. /19/

2.4 Veröffentlichungen der Ergebnisse

Die Forschungsergebnisse werden auf einer eigens von den Projektpartnern gestalteten Webseite www.embrolab.de bekanntgemacht. Auf dieser Webseite werden die einzelnen Projektpartner und deren Arbeitsschwerpunkte vorgestellt. /20/



Abb. 74: Internetseite der Projektpartner

Die Vorstellung der Projektergebnisse erfolgte im Rahmen der Statusseminare in Chemnitz am 24.1.2005 und am 18./19.9.2006.

Im Rahmen von Vorträgen auf der Narrow Fabrics Conference 2006 am 19.09.2006 in Frick (Schweiz) wurden die Ergebnisse der Forschungsarbeit vorgestellt.

Weiterhin wurden die Arbeitsergebnisse von den Projektpartnern auf wichtigen Messen im Jahr 2006 präsentiert. Die Projektpartner waren u.a. auf folgenden Messen vertreten:

Internationale Funkausstellung, Berlin 1.-6.9.2006
mtex, Chemnitz 10.-12.10.2006
electronica, München 14.-17.11.2006.

Auch auf der Avante x/Tehtextil 2007 werden die Ergebnisse der Projektarbeit präsentiert werden.

2.5 Literatur

- /1/ Bekleidungsphysiologischen Instituts Hohenstein e.V.
„Untersuchung der Möglichkeiten und Anforderungen zur Adaption der Smart-Clothes Technologie in der Bekleidungsindustrie“
Bekleidungstechnische Schriftenreihe, Band 151 (2003), Forschungsgemeinschaft Bekleidungsindustrie e.V.
- /2/ ohne Verfasser
„Gimmick oder zukunftssträchtiger Trend?“
Bekleidung wear 17 (2000) 52 S. 18 – 22
- /3/ Intelligente Outdoor- und Schutzkleidung
www.gesamttexil.de/.../Vogel+und+Exner.pdf
- /4/ Adaption von Mikrosystemtechnik in Textilien zu deren Identifizierung
Abschlußbericht zum Projekt BMWA-Nr. 99/01
- /5/ D. Militz, E. Winkler
Silvertext - die neue Generation multifunktionaler Hightech-Textilien
42. Internationale Chemiefasertagung 2003, Dornbirn
- /6/ S. Gimpel, A. Neudeck
Adaption von Mikrosystemtechnik in Textilien zu deren Identifizierung
6. Dresdner Textiltagung 2002, Dresden
- /7/ ohne Verfasser
Elektronik auf Tuchfühlung
Allgemeiner Vliesstoff-Report 4 (2003) S. 20
- /8/ Patentschrift DE 19755792C2
- /9/ Wortmarke ELITEX[®], (ELITEX[®] ist die für das Textilforschungsinstitut Thüringen-Vogtland e. V. Greiz und das ICR International Consulting Bureaux Dr. Hieber Jena eingetragene Wortmarke für Elektronik-Textilien)
- /10/ INNO-WATT Projekt IW061064 „Entwicklung von textilen elektronischen Schaltungen für flexible Anwendungen“
- /11/ www.lumalive.com
- /12/ http://www.innovations-report.de/html/berichte/innovative_produkte/bericht35223.html
- /13/ <http://www.mp3blue.de>
- /14/ www.context-project.org
- /15/ www.mrc-bremen.de
- /16/ www.wearitatwork.com
- /17/ Torsten Linz Fraunhofer IZM, Germany
"New Interconnection Technologies for the Integration of Electronics on Textile Substrates "
International scientific conference Ambience 05, Tampere, Finland, 19-20 September, 2005. Conference Proceedings ISBN-Nr. 952-15-1430-2
- /18/ www.hb.se
- /19/ E. Locher,
Conductive Textiles
<http://www.wearable.ethz.ch/textiles.0.html>
- /20/ <http://www.embrolab.de>
- /21/ C. Kallmayer, S. Gimpel, A. Neudeck
Integration of Micro System Technologies for the Identification of Hospital Textiles
ICEWES Conference 2002, Cottbus

- /22/ Projekt zum Verbundvorhaben Inno-Regio Chemnitz
Intelligent gekennzeichnete Textilien 2001
- /23/ C. Kallmayer, A. Neudeck, S. Cichos, S. Gimpel
New Assembly Technologies for Textile Transponder Systems Electronic Components
and Technology Conference, 2003
- /24/ S. Mehrgardt
Elektronik zum Anziehen
Allgemeiner Vliesstoff-Report 6 (2002) S.25
- /25/ A. Neudeck, U. Möhring, W. Scheibner
Textilbasierte elektronische Substrat-Technologie
Techtextil 2003, Frankfurt
- /26/ Patent US 2002005342 A 1
- /27/ Richtlinienprojekt VDI 4472
Einsatz der Transpondertechnologie in der Bekleidungsindustrie
- /28/ Amtliche Produktionsstatistik 2002
Staatliches Bundesamt für Wirtschaft, München
- /29/ U. Möhring, W. Scheibner, A. Neudeck, S. Gimpel
Integration von Mikrosystemtechnik in textile Etiketten
Melliand Band- und Flechtindustrie, 40/2 (2003) S. 63
- /30/ S. Gimpel, U. Möhring, H. Müller, A. Neudeck, W. Scheibner
Journal of Industrial Textiles, 33/3 (2004) 179-189.
- /31/ Dr. A. Neudeck, S. Gimpel, Dr. U. Möhring, Dr. H. Müller, Dr. W. Scheibner
Galvanische und elektrochemische Modifizierung von Textilien
Melliand Band- und Flechtindustrie 40 (2003) 4, S. 1.15-121
- /32/ Elektronische Baugruppenteknik auf textilen Substraten
TITV - Abschlussbericht TMWFK-Projekt B609-99002, 2001
- /33/ W. Scheibner, A. Neudeck, D. Zschenderlein, U. Möhring
Bandgewebe mit elektrischen Lichteffekten
Melliand Band- und Flechtindustrie 41 (2004) 1, S. 16
- /34/ S. Gimpel, U. Möhring, A. Neudeck, and W. Scheibner,
"Integration of Microelectronic Devices in Textiles",
Mst news 3/05 (2005) 14
- /35/ T. Kirstein, D. Cottet, J. Grzyb, G. Tröster
Wearable Computing Systems - Electronic Textiles
in X. Tao (Hrsg.) Wearable Electronics and Photonics Woodhead Publishing Ltd.
(2005) ISBN 1 85573 605 5
- /36/ E-Broidery: Design and fabrication of textile based computing
<http://www.research.ibm.com/journal/sj/393/part3/post.pdf>
IBM Systems Journal Vol. 39 3&4 2000
- /37/ C. Kallmayer, T. Linz, R. Aschenbrenner, H. Reichl
System Integration Technologies for Smart Textiles
mstnews 2/05, S.42-43
- /38/ E. Laourine, B. Fritzsche, H.I.-Günther
Energie- und Informationsübertragung in Smart Textiles (AiF 146 ZBR)
Vortrag Tagung des Forschungskuratoriums Textil, 15.11.2005, Ingolstadt
- /39/ S. Gimpel, U. Möhring, A. Neudeck u. W. Scheibner;
Integration of Microelectronic Devices in Textiles
mstnews 2/05, S.14-15
- /40/ U. Möhring
Textile Mikrosysteme im Automobil
In: P. Knecht (Hrsg.) Technische Textilien, Reihe: Edition Textil
Deutscher Fachverlag (2006), S. 317-336, ISSN 1436-9354
- /41/ <http://www.textile-innovation.de>
- /42/ <http://www.textile-interfaces.com>