

E-TEXTILES – INTEGRATION VON ELEKTRONIK IN TEXTILIEN DURCH STICKEREI

Sticken ermöglicht neben dekorativen Applikationen auch die Integration von Funktionen in Textilien. Hierzu werden leitfähige Garne oder Drähte auf das Textil appliziert und mit Elektronikbauteilen kontaktiert. So können komplette elektrische Schaltungen auf das Textil aufgestickt und mit textilen Bedienelementen gesteuert werden. Die Kombination aus Sticktechnologie und entsprechender Stickmaschine ermöglicht eine maschinelle Produktion von E-Textiles.



Stickerei ist seit Jahrhunderten eine weitverbreitete Technologie zur Applizierung von Fasermaterialien auf Textilien. Hinlänglich bekannte Anwendungen der Stickerei sind die Veredelung von Textilien mit Logos, Emblemen, Pailletten, Kordeln und Bändchen. Durch die Flexibilität der Sticktechnologie hat diese heutzutage auch in den Bereich der technischen Textilien Einzug gehalten. Überall dort, wo die Stickerei nicht ausschliesslich dekorative Zwecke erfüllt, sondern eine Funktion übernimmt, wird von Technischer Stickerei gesprochen. Diese Funktionen können die lastpfadoptimierte Faserverstärkung von Kunststoffen und deren strukturelle Überwachung, das Heizen von Autositzen oder diverse elektrische Funktionen, die in das Textil integriert sind, sein.

Was sind E-Textiles?

Die sogenannten E-Textiles sind eine Untergruppe der Smart Textiles oder intelligenten Textilien. Es handelt sich hierbei um Textilien, die elektronische Funktionen übernehmen, indem Elektronikkomponenten in das Textil integriert werden. Die häufigsten Elektronikkomponenten, die in ein Textil integriert werden, sind Elektroden, Sensoren, LEDs und weitere Aktoren, Antennen, Chips oder Elektronikboards.

Von der konventionellen Stickerei zum Leuchttexil

Beim konventionellen Stickverfahren auf Ein- oder Mehrkopfstickmaschinen wird ein farbiger Stickfaden mit einem Unterfaden mittels eines Doppelsteppstiches zu einem Stepp-, Platt- oder Füllstich auf das Textil appliziert. Abhängig von der Garnfarbe und Stichabfolge ergibt sich daraus ein dekoratives Element. Wird anstelle des farbigen Garnes ein leitfähiges Garn verwendet, so können damit unterschiedliche elektrische Funktionen umgesetzt wer-



MELANIE HÖRR

Manager of Technical
Embroidery Applications,
ZSK Stickmaschinen GmbH
DE-47800 Krefeld
melanie.hoerr@zsk.de

den. Die einfachste Anwendung ist hierbei die gestickte elektrische Leiterbahn. Diese Leiterbahn zwischen zwei Punkten kann die Funktion der Daten- oder Energieübertragung übernehmen. Die elektrische Leitfähigkeit lässt sich durch die Ausführung dieser gestickten Leiterbahn an die Anforderungen anpassen, z.B. Wegführung, Anzahl der Wege, leitfähiger Ober- oder/und Unterfaden, Garnauswahl. Hierbei ist stets darauf zu achten, dass es sich bei den leitfähigen Garnen um Stickgarne handelt, die eigens dafür entwickelt wurden, den hohen Beanspruchungen des Stickprozesses Stand zu halten.

Wird diese Leiterbahn nun mit einer Batterie verbunden, die z.B. mittels Druckknöpfen kontaktiert wird, können darüber elektrische Verbraucher wie z.B. LEDs versorgt werden.

Einen solchen einfachen Aufbau eines E-Textiles zeigt Abb. 1 mit einem Smiley, dessen Augen durch integrierte LEDs leuchten und in dessen Füßen die Kontaktierung der Batterie über Druckknöpfe erfolgt. Diese LEDs werden vollautomatisiert von der Stickmaschine zugeführt, vereinzelt, auf dem Textil fixiert und elektrisch kontaktiert. Hier findet die in der konventionellen Stickerei wohl bekannte Appli-

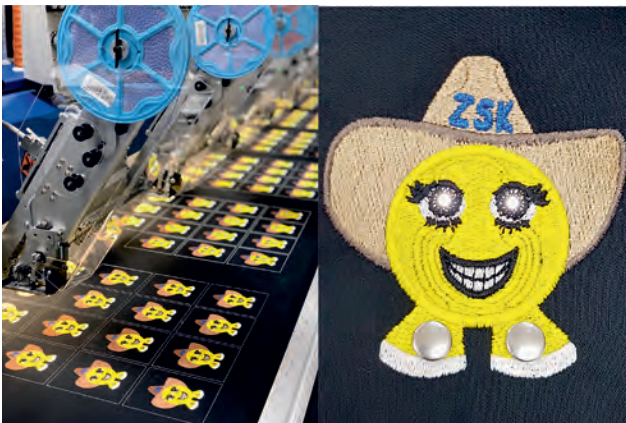


Abb. 1: Produktion und Nahaufnahme eines Smiley mit integrierten LEDs als Augen und Druckknöpfen als Batterieanbindung (Quelle: ZSK Stickmaschinen GmbH).

kation von Pailletten Verwendung. Die LEDs sind auf einem paillettenartigen Trägermaterial aufgebracht und werden durch die Paillettenlegeeinheit direkt der Nadel zugeführt. Wird eine Paillette positioniert, so fixiert und kontaktiert die Nadel einen Pol (z.B. «+») der LED direkt mit dem Textil. Die Leiterbahn wird ohne Fadenschneiden direkt weiter gestickt. Sind alle LEDs mit der gleichen Polung («+») abgelegt und kontaktiert, wird der Faden geschnitten. Nachfolgend wird die Leiterbahn des zweiten Poles («-») gestickt und alle gleichen Pole der LED miteinander verbunden. Sowohl die Leiterbahnen als auch die LEDs werden danach mit einem farbigen Garn so überstickt, dass diese nicht mehr erkennbar sind. Durch Betätigung des An-/Ausschalters an der Batteriehalterung wird ein solches E-Textile gesteuert. Mit dieser vollautomatisierten Paillettenlegetechnik können leuchtende Textilien für viele Anwendungen gestickt werden, mit nur einer LED als Highlight oder mehreren LEDs in Matrix-Struktur als Leuchtelement. Je nach Anwendung können anstelle der LED auch andere Elektronikkomponenten wie z.B. Sensoren oder RFID-Chips auf die Trägerpaillette appliziert werden und somit weitere Funktionen mittels Stickerei integriert werden.

Vom Leuchttexil zum interaktiven Spielerlebnis

Viele Anwendungen erfordern neben einer Stromversorgung und einem Verbraucher (LED) weitere Elemente, um dem Textil interaktive Kommunikation mit dem Benutzer zu ermöglichen. Anstelle der Bedienung der LEDs mit einem Ein-/Aus-Schalter an der Stromversorgung können Sensorfelder in das Textil eingestickt werden, die durch Verbindung zweier leitfähiger Flächen (resistiv) oder durch Berührung oder Annäherung einer Fläche (kapazitiv) die

Steuerung der LED ermöglichen. Bei resistiven Bedienelementen ist die Leiterbahn an einer Stelle des elektrischen Schaltkreises unterbrochen. Durch die Verbindung zweier leitfähiger Flächen wird die Verbindung wieder hergestellt und die LED leuchtet auf. Dies kann durch das Greifen einer Falte, mit Hilfe eines speziellen Handschuhs oder durch Mehrlagenaufbau realisiert werden.

Eine komplexere, jedoch weitaus flexibler einsetzbare Technik ist der kapazitive Berührungssensor. Hier kann je nach Anwendung eine Steuerung durch direktes Berühren des gestickten Sensorfeldes oder Annäherung sogar durch Materialien wie Leder, Kunststoff, Holz oder andere Textilien hindurch geschehen. Um diese komplexe Bedienung zu realisieren, wird ein Mikrocontroller benötigt. Dieser ermittelt die Änderung der elektrischen Kapazität durch die Annäherung der Bedienerhand. Wenn eine vordefinierte Schwelle erreicht wird, kann die LED aufleuchten. Der Mikrocontroller befindet sich meistens auf einer Leiterplatte, häufig auch als Platine oder Printed Circuit Board (PCB) bezeichnet.

Oftmals sind gerade diese notwendigen Integrationen von elektrischen Bauelementen, wie Platinen, eine grosse Herausforderung für die Produktion von E-Textiles. Die Stickerei bietet hier eine automatisierbare Lösung, indem ähnlich wie bei den vorher erwähnten LEDs die Kontaktierung zwischen Elektronikbauteil, leitfähigem Garn und Textil über eine Stichsequenz erfolgt. Die hierfür speziell ausgelegten Platinen haben eine für die Sticktechnik optimierte Geometrie insbesondere in den Kontaktierungsbereichen. Diese sind an jeder Kontaktierungsstelle mit einer Bohrung versehen, durch die die Nadel den leitfähigen Faden führt. Zusätzlich weisen diese Platinen noch eine

Abb. 2: Demonstrator mit sticktechnisch integrierten LEDs, Sensorflächen, Leiterbahnen und Platine zur Bedienung von kapazitiven Touch-Sensoren, die durch Textil, Leder, Holz und Plexiglas hindurch betätigt werden können (Quelle: ZSK Stickmaschinen GmbH).



halbkreisförmige Aussparung auf der Aussenkontur des Boards auf, die eine gute Einschnürung der Kontaktstelle durch die leitfähigen Garne sicherstellt. Die Kontaktstellen sind an allen Oberflächen leitfähig beschichtet, so dass auch eine Kontaktierung in der Bohrung gewährleistet ist. Durch die Verwendung dieser stickspezifischen Platinen kann eine komplexe elektrische Schaltung mit Sensorflächen, Leiterbahnen, Verbrauchern und Mikrocontroller automatisiert von Stickmaschinen produziert werden. Abb. 2 zeigt einen Demonstrator mit dem ZSK E-Text-Board als stickspezifisches PCB zur Bedienung von kapazitiven Touch-Sensoren, die durch Textil, Leder, Holz und Plexiglas hindurch betätigt werden können. Anwendungen dieser Technologie finden sich überall dort, wo die funktionale Stickerei nicht an der Oberfläche sichtbar sein soll, z.B. in einem Smarten Dashboard im Automobilinnenraum.

Kapazitive Sensoren können jedoch auch an der Oberfläche eines interaktiven Textils abgebildet werden. Ein interaktives Memory-Spiel zeigt Abb. 3. Auch hier sind Sensoren, PCB, Leiterbahnen, LEDs und Kontaktierungen gestickt.

Abb. 3: Interaktives, gesticktes Memory Game
(Quelle: ZSK Stickmaschinen GmbH).



Nach Betätigung des Start-Buttons leuchtet eine LED in einem Farbfeld auf. Der Benutzer muss nun das zugehörige Farbfeld berühren, so dass der um die LED angeordnete kapazitive Sensor eine Betätigung realisiert. Dann leuchtet eine weitere LED auf und der Bediener muss jetzt das vorherige und das neue Farbfeld berühren. Dies wird weitergeführt bis der Bediener einen Fehler macht.

Die hier vorgestellten Demonstratoren zeigen nur einen kleinen Ausschnitt der vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten, sollen jedoch die Vielfalt darstellen, die das Sticken von E-Textiles bietet. Durch die freie Gestaltung und Kombinierbarkeit der dekorativen und funktionellen Stickerei ist die Nutzung von E-Textiles in nahezu allen Industrien denkbar.

Gestickte Elektroden zur Körperfunktionsüberwachung

Neben einer Vielzahl von Sensoren zur Interaktion oder Ermittlung von Umgebungsparametern können auch Sensorelektroden zur Körperfunktionsüberwachung oder Elektrostimulation mittels Sticktechnologie in Textilien integriert werden. Hier kommt die weniger bekannte Sticktechnologie der Moosstickerei zum Einsatz. Hierbei wird ein Garn von unterhalb der Stickplatte einer Hakennadel zugeführt. Die Nadel greift das Garn und zieht dieses zu einer Schlaufe durch das Textil an die Oberfläche. Abhängig von Parametern wie Stichdichte, Schlaufenhöhe, Fadenspannung, aber auch der Garnstruktur kann die Oberflächenbeschaffenheit variiert werden. Durch viele nebeneinander stehende Schlaufen wird eine dreidimensionale, dichte, flauschige und somit moosartige Oberfläche auf dem Textil erzeugt. In der dekorativen Stickerei wird diese Technik häufig mit Wollgarnen für die Bestickung von College-Jacken verwendet. Wird anstelle eines Wollgarnes ein leitfähiges Garn verwendet, so entsteht auf der Oberfläche des Textils eine hochleitfähige, dreidimensionale Struktur, die sich sehr gut an die Hautoberfläche anschmiegt. Überwiegend kann daher auf das Anfeuchten der Elektroden oder die Verwendung von Kontaktgelen verzichtet werden. Diese leitfähige moosgestickte Struktur ist als Elektrode zur Körperfunktionsüberwachung oder zur Elektrostimulation geeignet. Die Geometrie der Elektroden lässt sich an die Anwendungen gezielt anpassen und dort applizieren, wo diese benötigt werden. Moosgestickte Elektroden können zur Elektrostimulation im Rahmen einer Reizstromtherapie zur Schmerzlinderung, aber auch zur Entspannung oder Stärkung der Muskulatur eingesetzt werden. Des Weiteren können diese Elektroden auch zum Ableiten von Biosignalen verwendet werden, z.B. für die



Abb. 4: Demonstrator zur Herzfrequenz-Messung mit moosgestickten Elektroden (Quelle: ZSK Stickmaschinen GmbH).

Bestimmung der Herzfrequenz oder die Aufzeichnung des Elektrokardiogramms (EKG), des Elektromyogramms (EMG) oder des Elektroenzephalogramms (EEG). Abb. 4 zeigt einen Demonstrator mit moosgestickten Elektroden zur Darstellung der Herzfrequenz. Nach Auflegen der trockenen Handflächen wird der Puls aus dem gemessenen EKG ermittelt.

Intuitive Bedienelemente – Alles eine Frage der Haptik

Die Moossticktechnologie kann nicht nur als körpernahe Elektrode eingesetzt werden, sondern eignet sich darüber hinaus auch sehr gut, um unterschiedliche Oberflächenhaptiken für intuitive Bedienelemente zu gestalten. Insbesondere in Kombination mit traditionell gestickten eher flachen Sensorflächen kann sowohl die Form als auch die Haptik des Bedienelements sehr stark variiert werden. Abhängig von den verwendeten Garntypen kann die Oberfläche der Moosstruktur von sehr weich bis sehr rau gestaltet werden. Somit ermöglicht die Sticktechnologie eine Vielzahl an Oberflächenvarianten mit sehr unterschiedlichen Haptiken, die eine intuitive Bedienung ohne visuelles Feedback ermöglicht.

Gestickte Drähte – Wie geht denn sowas?

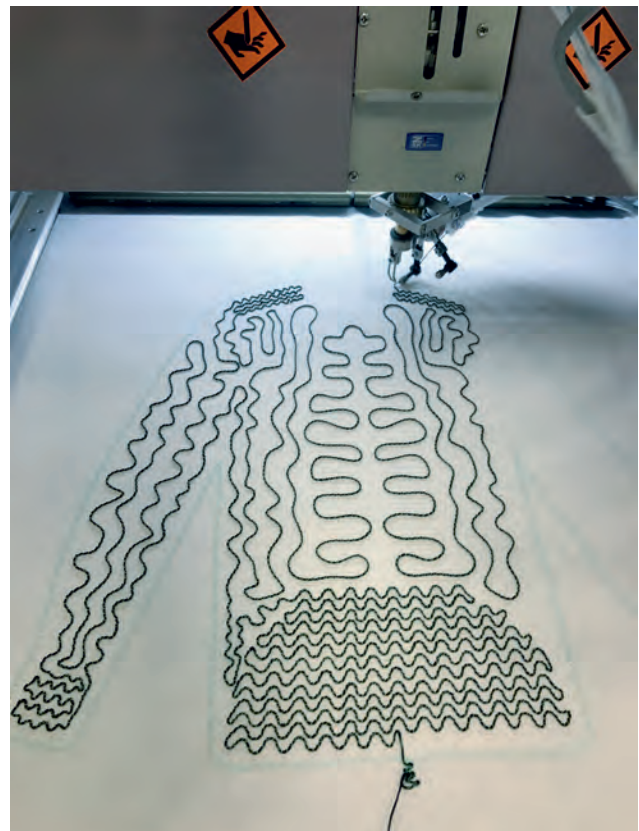
Neben der Verwendung von leitfähigen Garnen ist auch die Applizierung von Drähten ein wichtiger Bestandteil von E-Textiles. Da Drähte sich aufgrund ihrer Steifigkeit und Duktilität in der Regel nicht eignen, um durch die Nadel verstickt zu werden, werden diese auf das Textil aufgebracht. Hierzu wird eine weitere Sticktechnologie, das Tailored Wire Placement (TWP) Verfahren, verwendet, die

den Draht automatisiert der Nadel zuführt. Dieser Draht wird auf das Textil aufgelegt und durch eine Art Zickzackstich auf diesem fixiert. So werden Drähte abhängig von ihrer Steifigkeit in der gewünschten Geometrie auf das Textil vollautomatisch aufgestickt. Diese Technologie findet sich heutzutage in der industriellen Fertigung von Autositzheizungen, wo Drähte sowohl als Heizung als auch als Sensoren zur Sitzbelegung Verwendung finden. Neben dem Applizieren von Drähten können mit dieser Sticktechnologie auch Edelstahlfasern als Sensor- oder Heizelement aufgebracht werden, die eine höhere Flexibilität aufweisen und den textilen Charakter beibehalten. Abb. 5 zeigt die Heizelemente einer Heizjacke, die mit dem TWP Verfahren auf einer Stickmaschine gefertigt werden.

Leuchtende E-Textiles

Lichtintegration in Textilien ist nicht nur aus dekorativen, sondern auch aus sicherheitsrelevanten Aspekten ein wichtiges Thema. Neben der punktuellen Integration von LEDs mit Hilfe der Paillettentechnologie können mit dem TWP Verfahren auch LED-Drähte oder Elektrolumineszenz-Drähte appliziert werden. LED-Drähte sind Drähte, auf

Abb. 5: Sticken von Drähten als Heizelemente für eine Heizjacke mit dem Tailored Wire Placement Verfahren (Quelle: ZSK Stickmaschinen GmbH).



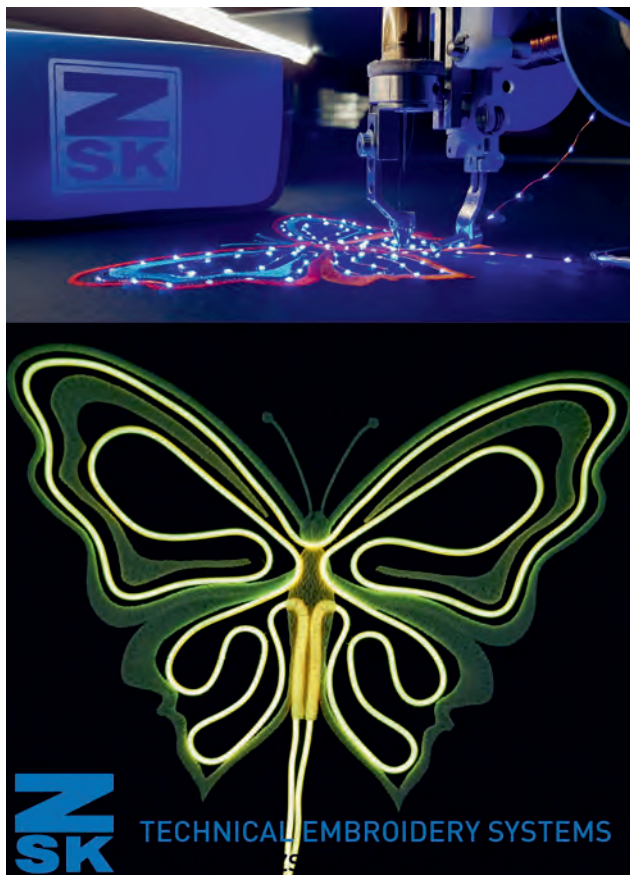


Abb. 6: Illuminierung von Schmetterlingen mit LED-Draht (oben) und EL-Draht (unten) mittels Tailored Wire Placement Verfahren (Quelle: ZSK Stickmaschinen GmbH).

denen in fest definierten Abständen LEDs aufgelötet sind. Elektrolumineszenz- oder EL-Drähte sind aus der Werbetechnik bekannt, nehmen heutzutage aber auch immer mehr im privaten Dekorationsumfeld Einzug. Abb. 6 zeigt mittels TWP Verfahren illuminierte Schmetterlinge durch die Applikation von LED- und EL-Drähten.

E-Textile in der Massenproduktion

E- und Smart Textiles sind nicht länger auf manuelle Fertigungsverfahren und Einzelstücke limitiert. Die Sticktechnologie blickt auf jahrelange Erfahrung in der Massenproduktion von dekorativer Stickerei zurück. Diese Erfahrungen kommen nun den Innovationen im Bereich E-Textiles zugute. Denn jedes Produkt, das auf einer Einkopf-Stickmaschine gefertigt werden kann, kann auch auf Mehrkopfstickmaschinen gefertigt werden, da dies eine Parallelschaltung mehrerer Stickköpfe ist. Auch die Kombination der erwähnten unterschiedlichen Sticktechnologien in einer Produktionsmaschine ist längst schon Standard. ■