

## KURZVERÖFFENTLICHUNG

### Gedruckte kapazitive Textilsensoren für Näherungsschalter und Tastaturen

Autoren: Dr. Reinhold Schneider  
Angelika Lenz  
Stefanie Brenner  
Dr. Valérie Bartsch  
Raphael Wolfer  
Sven Kuijpens

Forschungsstelle: DITF – Institut für Textilchemie und Chemiefasern  
DITF – Institut für Textil- und Verfahrenstechnik  
Erschienen: 21.03.2022  
Bearbeitungszeitraum: 01.12.2019 – 31.11.2021

#### Zusammenfassung

Die Entwicklung von neuartigen textilen Produkten mit integrierter Elektronik bietet ein breit gefächertes Betätigungsfeld für KMUs. Textile Tastaturen und Schalter stellen dabei eine Schlüsselkomponente für E-Textiles dar. Im Rahmen des Projektes wurden gedruckte kapazitive Näherungssensoren auf Basis von elektrisch abgeschirmten Einelektrodensystemen und Interdigitalstrukturen konzipiert und entwickelt. Die Sensoren ändern ihre elektrische Kapazität bei Annäherung oder direktem Kontakt mit einem Dielektrikum und lösen durch die angeschlossene Elektronik eine Schaltfunktion aus.

#### Ergebnisse

Im Rahmen des Projektes wurden gedruckte kapazitive Näherungssensoren auf Basis von elektrisch abgeschirmten Einelektrodensystemen und Interdigitalstrukturen konzipiert und entwickelt. Die Sensoren änderten ihre elektrische Kapazität bei Annäherung oder direktem Kontakt mit einem Dielektrikum und lösten durch die angeschlossene Elektronik eine Schaltfunktion aus.

Die Herstellung der Sensoren erfolgte durch drucktechnische Verfahren. Hierzu wurden elektrisch leitfähige Pasten und Drucktinten auf Basis von Silber, Kupfer und Russ formuliert und mittels Siebdruck und Inkjetdruck sowie Dispenserverfahren als Elektroden verdruckt. Der Siebdruck mit 40%igen Silberpasten lieferte dabei die besten Leitfähigkeiten mit elektrischen Widerständen von weniger als 1 Ohm/sq. In diesen Fällen funktionieren die Sensoren und deren Schirmelektrode einwandfrei. Im Falle des Inkjetdrucks ist ein mehrfaches Bedrucken und die Vorbehandlung mit einem Bindemittel erforderlich, um mit Silbertinten Widerstandswerte von ca. 1 Ohm/sq erzielen zu können. Neuartige Tinten auf Basis von Silbernanodrähten zeigten auf textilen Substraten hingegen keine Wirksamkeit. Gute Druckbarkeit und hohe Reproduzierbarkeit lieferten Tinten und Pasten auf Basis von Russ. Die elektrischen Widerstände der gedruckten Elektroden lagen im Falle des Siebdrucks bei weniger als 1 kOhm/sq und im Inkjetdruck wurde bereits beim 10-maligen Bedrucken ein elektrischer Widerstand von weniger als 20 kOhm/sq festgestellt, was für die kapazitive Detektion noch ausreichte, jedoch für die Schirmelektrode nicht mehr geeignet war. Die Anwendung des Chromojetverfahrens lieferte vergleichbare Widerstandswerte bereits beim einmaligen Bedrucken. Durch Anwendung der Dispensertechnik konnten sogar hochviskose Druckpasten auf Basis von Silber und Kupfer einer digitalen Applikation zugänglich gemacht und für den Druck der Sensoren verwendet werden.

Der Aufbau des Näherungssensors wurde mehrschichtig und vollständig isoliert mit einer Sensorfläche von 4-100 cm<sup>2</sup> ausgeführt. Für die elektrische Isolierung der Abschirmungs- und Messelektrode wurden Pasten und Tinten auf Basis von textilen Bindemitteln (PU-Acrylat, Vinylacetat und Acrylate) mit einem Bindemittelanteil von > 30% formuliert. Alle hergestellten Pasten und Tinten wirkten auf glatten Flächen bei einer Schichtdicke von > 10 µm elektrisch isolierend. Für die elektrische Isolierung der gedruckten Sensor- und Schirmelektroden war eine Schichtdicke von >150µm Bindemittel erforderlich. Zur Herstellung des Sensors wurde das textile Trägermaterial mit elektrisch isolierendem Bindemittel bedruckt und nachfolgend mit einer elektrisch leitfähigen Schirmelektrode bedruckt. Als weitere Schicht folgt eine gedruckte Isolationsschicht, auf welche die Messelektrode aufgedruckt und durch einen Topcoat versiegelt wurde. Zur Erhöhung der Wasser- und Abrasionsbeständigkeit wurde das Bindemittel durch Zugabe eines Crosslinkers vernetzt. Der Topcoat wies eine gute Abrasionsbeständigkeit auf und überstand > 100.000 Scheuertouren nach Martindale. Bedingt durch den mehrschichtigen Aufbau ging eine Zunahme der Biegesteifigkeit um bis zu 6 mN/cm<sup>2</sup> einher. Die elektrische Kontaktierung der Elektroden erfolgte durch mechanisch verankerte metallische Druckknöpfe, die zur Elektrode hin mit einem leitfähigen PU-Kleber versehen war. Über die

Druckknöpfe konnte eine sichere elektrische Verbindung zur elektronischen Auswerteeinheit hergestellt werden.

Die Kapazitätsänderungen bei Berührung lagen je nach Sensorgröße im Bereich von 6-600 pF. Die Sensorsignale konnten mit dem integrierten Schalter TTP223-BA6 sowie mittels eines Schwingkreises erfolgreich ausgewertet werden, um ein Schaltsignal berührungslos auszulösen. Zudem lieferte der Schwingkreis ein analoges Ausgangssignal, so dass unterschiedliche Näherungspositionen bestimmt werden konnten. Durch den Einsatz eines Impedanzwandlers konnte das Sensorsignal erfolgreich abgeschirmt werden. Eine für E-Textiles allgemein einsetzbare Platine wurde entworfen und mit den ausgewählten elektronischen Komponenten zur Signalerkennung, -auswertung und Steuerung externer Elemente (z.B. Beleuchtung, Heizung) anwendungsspezifisch bestückt. Die Signalerfassung und Steuerung der elektronischen Komponente erfolgte über die Programmierung eines M5StackAtom Matrix Mikroprozessors. Eine Berührung des Näherungssensors führte zu einer Senkung von bis zu 3600 inc. des gemessenen Frequenzsignals, während eine Senkung bis zu 300 inc. aufgrund einer Annäherung gemessen wurde. Die Variation des Frequenzsignals und somit die Annäherung konnte mittels des 25 LED Displays des Mikroprozessors visualisiert werden.

Die gedruckten Sensoren und die entwickelte Elektronik wurden in mehrere Demonstratoren implementiert. So wurde der Näherungssensor in eine Automobiltür als Lichtschalter für den Innenraum und zum Quittieren einer Warnanzeige bei schwacher Batterie integriert. In einem weiteren Demonstrator aktivierte der Näherungssensor ein textiles Heizelement und ermöglichte die Visualisierung der Annäherung durch ein Leuchtsignal. Diese Demonstratoren verbleiben an der Forschungsstelle und stehen als Anschauungsobjekte zur Verfügung.

## Danksagung

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Das IGF-Vorhaben 20519N der Forschungsvereinigung  
Forschungskuratorium Textil e.V., Reinhardtstraße 14-16, 10117  
Berlin wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur  
Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom  
Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines  
Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Der Abschlussbericht des Forschungsvorhabens 20519N ist an den Deutschen Instituten  
für Textil- und Faserforschung Denkendorf (DITF) erhältlich.

Ansprechpartner

Dr. Reinhold Schneider, reinhold.schneider@ditf.de