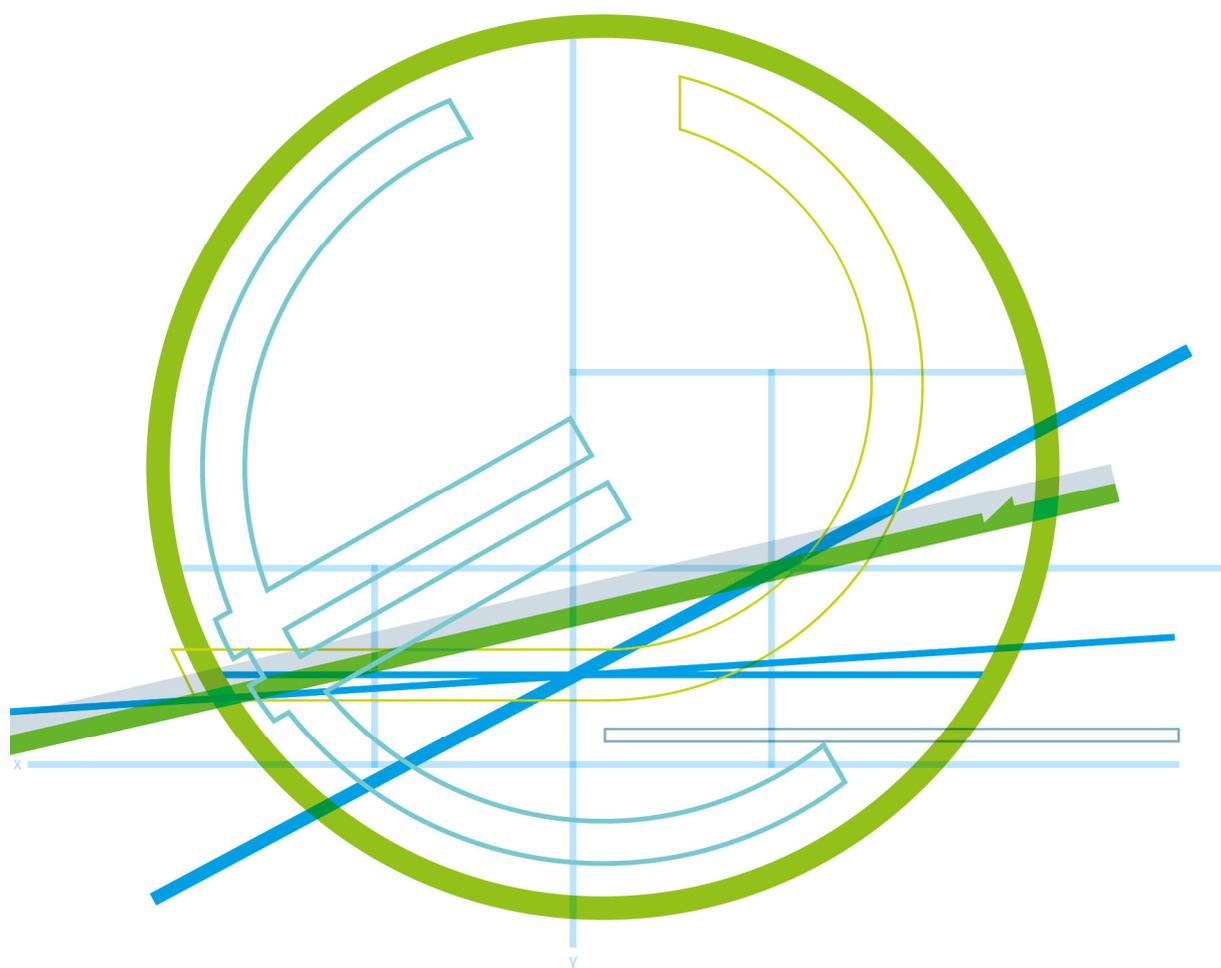


ECO-touch

Energy & CO₂ efficient touch based appliances



VORWORT

Die Publikationsreihe **BLUE GLOBE REPORT** macht die Kompetenz und Vielfalt, mit der die österreichische Industrie und Forschung für die Lösung der zentralen Zukunftsaufgaben arbeiten, sichtbar. Strategie des Klima- und Energiefonds ist, mit langfristig ausgerichteten Förderprogrammen gezielt Impulse zu setzen. Impulse, die heimischen Unternehmen und Institutionen im internationalen Wettbewerb eine ausgezeichnete Ausgangsposition verschaffen.

Jährlich stehen dem Klima- und Energiefonds bis zu 150 Mio. Euro für die Förderung von nachhaltigen Energie- und Verkehrsprojekten im Sinne des Klimaschutzes zur Verfügung. Mit diesem Geld unterstützt der Klima- und Energiefonds Ideen, Konzepte und Projekte in den Bereichen Forschung, Mobilität und Marktdurchdringung.

Mit dem **BLUE GLOBE REPORT** informiert der Klima- und Energiefonds über Projektergebnisse und unterstützt so die Anwendungen von Innovation in der Praxis. Neben technologischen Innovationen im Energie- und Verkehrsbereich werden gesellschaftliche Fragestellung und wissenschaftliche Grundlagen für politische Planungsprozesse präsentiert. Der **BLUE GLOBE REPORT** wird der interessierten Öffentlichkeit über die Homepage www.klimafonds.gv.at zugänglich gemacht und lädt zur kritischen Diskussion ein.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm „Neue Energien 2020“. Mit diesem Programm verfolgt der Klima- und Energiefonds das Ziel, durch Innovationen und technischen Fortschritt den Übergang zu einem nachhaltigen Energiesystem voranzutreiben.

Wer die nachhaltige Zukunft mitgestalten will, ist bei uns richtig: Der Klima- und Energiefonds fördert innovative Lösungen für die Zukunft!

A stylized, handwritten signature in black ink, consisting of several sweeping, connected strokes.

Ingmar Höbarth
Geschäftsführer, Klima- und Energiefonds

A handwritten signature in black ink, written in a cursive style that clearly reads 'Theresia Vogel'.

Theresia Vogel
Geschäftsführerin, Klima- und Energiefonds

ECO-touch

Energy & COst efficient touch based appliances

AutorInnen:

Martin Zirkl

Christian Rendl

Patrick Greindl

Birgit Ettinger

1 Inhaltsverzeichnis

1	Inhaltsverzeichnis	4
2	Einleitung	5
2.1	Aufgabenstellung	5
2.2	Schwerpunkte des Projektes	5
2.3	Einordnung in das Programm	6
2.4	Verwendete Methoden	7
2.5	Aufbau der Arbeit	8
3	Inhaltliche Darstellung	8
4	Ergebnisse und Schlussfolgerungen	9
4.1	Basismaterialien	9
4.2	Herstellungsprozess & Evaluierung	10
4.3	Software & Hardware	12
4.3.1	Demonstrator: großflächiger ECO-touch für Whiteboard-Anwendungen.....	12
4.4	Energy-Harvesting	13
4.5	Schlussfolgerungen	14
5	Ausblick und Empfehlungen	15
6	Literaturverzeichnis	15
7	Kontaktdaten	15

2 Einleitung

2.1 Aufgabenstellung

Effiziente und nachhaltige Energiegewinnung ist eines der Kernthemen des 21. Jahrhunderts und für eine langfristig gesicherte und verantwortungsvolle Entwicklung unserer globalen Lebensbedingungen im Einklang mit der natürlichen Umwelt von entscheidender Bedeutung. Seit einigen Jahren wird daher im Bereich der alternativen (= keine fossilen Brennstoffe), ressourcenschonenden (=keine unverhältnismäßige Nutzung/Störung von Naturraum) und sozial verantwortungsvollen (=keine Futter-, Nahrungsmittelbasierten Treibstoffe) Energiegewinnung intensive Forschungsarbeit geleistet. Das hat zur großräumigen Einführung tragfähiger, aber in der Anschaffung noch kostspieliger alternativer Technologien (z.B. Photovoltaik) geführt, die bis dato den stark steigenden Energiebedarf bei weitem nicht decken können. Jede neuartige Quelle, die kostengünstig und in technologisch einfacher Weise zur Gewinnung von Energie genutzt werden kann, ist daher gesellschaftlich, ökonomisch und ökologisch von großer Bedeutung.

Eine treibende Kraft hinter der Suche nach technologischen Möglichkeiten Energie aus stark lokalisierten Quellen wie Wärme, Schwingungen und Druck zu gewinnen und diese auch zu speichern, ist der Wunsch dezentrale Sensornetze und mobile Geräte (Fernbedienungen, tragbare Elektronik) ohne Batterien zu versorgen. Durch lokal integrierte piezoelektrische Generatoren können diese Quellen in elektrische Energie umgewandelt werden. Für eine funktionelle und nutzerfreundliche Integration derartiger piezoelektrischer Generatoren ist es gerade in diesem Anwendungsbereich sehr wichtig auf niedrige Kosten in der Herstellung, auf geringes Gewicht sowie möglichst große Flexibilität im Formfaktor und im Design zu achten.

Ein energetisch interessanter Aspekt ist der Einsatz einer solchen Piezo-Technologie als energieautarker Sensor. Die piezoelektrischen Sensoren erzeugen Ladung bei Druckänderungen und können somit auch als Sensor verwendet werden. Ein wesentlicher Einsatzbereich dieser Technologie ist die Herstellung großflächiger Drucksensoren (Eingabeinterfaces) ohne zusätzliche Energieversorgung.

In der gegenwärtigen Unterhaltungselektronik kommen vermehrt großflächigen Touchscreens zum Einsatz, welche i.a. für den Großteil des Energieverbrauchs in mobilen Devices verantwortlich sind. Gerade im Bereich mobiler Geräte ist die Maximierung der Gerätelaufzeit ein entscheidender Wettbewerbsfaktor und Energierückgewinnung durch die Interaktion mit dem Touchscreen ein Geschäftsfeld mit sehr großen Zukunftschancen.

2.2 Schwerpunkte des Projektes

Der Kern des ECO-touch Projekts besteht in der Entwicklung von großflächig druckbaren, kapazitiven Elementen zur Gewinnung von Energie mit Hilfe des piezoelektrischen Effekts. Als Materialbasis dienen dabei ferroelektrische Polymere aus der PVDF-Klasse (Polyvinylidenfluorid), welche nach einer elektrischen Polung starke piezoelektrische Aktivität zeigen und ausgesprochen stabil sind.

Ziel dieses Projektes war die Integration von solcherart gedruckten Piezogeneratoren mit Touchpanels, Touchpads oder Touchscreens mit dem Ziel deren Energieeffizienz zu steigern und somit Akkuladezeiten zu verringern. Außerdem sollen Piezogeneratoren von ECO-touch zu Demonstrationszwecken als kostengünstige Energy-Harvester in Automobilanwendungen getestet werden.

Die Möglichkeit gedruckte Piezogeneratoren kostengünstig und großflächig herzustellen, eröffnet ein sehr breites Anwendungsspektrum, welches von kostengünstigen Piezomatten an neuralgischen Punkten im öffentlichen Raum, bis zu Walkarbeit von Autoreifen über eingearbeitete Piezofolien z.B. für den Betrieb von MEMS-Drucksensoren.

2.3 Einordnung in das Programm

Das beantragte Projekt zielte auf die Herstellung von großflächig gedruckten Elementen zur piezoelektrischen Energiegewinnung ab. Aufgrund der effizienten Prozessierbarkeit der Materialien sowie der mannigfaltigen Anwendungsgebiete der entwickelten Devices konnten wesentliche Beiträge zu mehreren Ausschreibungszielen erreicht werden.

Die Niedertemperatursynthese organischer, piezoelektrischer Materialien an sich stellt ein innovatives, energie- und ressourceneffizientes Produktionsverfahren dar, welches sich ökologisch deutlich von der Herstellung konventioneller Piezokeramiken abhebt. Deren Integration in unterschiedliche Produkte bzw. Anwendungsfelder (z.B.: mobile Kommunikation, Unterhaltungselektronik, Tablets, Automobile, etc.) stellt einen wesentlichen Schritt in Richtung Zero Emission Appliances und energieeffiziente mobile Endgeräte dar. Der Bereich der Human Powered Devices entspricht genau der technologischen Stoßrichtung des beantragten Projekts.

Die oben genannten Vorteile ergeben automatisch die Zuordnung zur ressourcen- und energieeffizienten Produktgestaltung unter Berücksichtigung aller Produktlebensphasen. Zusätzlich zur Energieeffizienz sei insbesondere im Bereich der Entsorgung darauf hingewiesen, dass piezoelektrische Polymere im Gegensatz zu piezoelektrischen Keramiken nicht bleihaltig sind, wodurch sich zusätzliche Vorteile bei der Entsorgung ergeben.

Letztlich können beispielsweise durch die großflächige Integration von frequenzunabhängigen Piezoharvestern in Bodenbelägen stark frequentierter, öffentlicher Gebäude dezentralisierte gebäudeintegrierte urbane Stromerzeugungssysteme realisiert werden.

Wie bereits im angedeutet, handelt es sich bei den polymerbasierten Energiewandlern um großflächig druckbare Dreischichtsysteme. Im Gegensatz zu anorganischen Piezokeramiken, können sämtliche Synthese- und Druckverfahren im Niedertemperaturbereich (<100°C) realisiert werden. Die industrietauglichen Druckverfahren (Siebdruck (sheet to sheet) bzw. Rolle zu Rolle) ermöglichen auch hohe Fertigungsgeschwindigkeiten auf großflächigen Substraten, wodurch ein energie- und ressourceneffizientes Produktionsverfahren gewährleistet ist. Im Gegensatz dazu läuft die Fertigung der piezoelektrischen Keramiken auf der Basis von Bleizirkonat- Titanat (PZT) im Wesentlichen durch konventionelle Aufbereitung und thermische Reaktion von Pulverkomponenten nach der Mischoxid – Technik bei Temperaturen von 800°C ab.

Ein weiterer Vorteil in Bezug auf ressourcenschonende Produktentwicklung liegt in der Materialzusammensetzung selbst. Polymerbasierte Piezoschichten enthalten im Gegensatz zu anorganischen Piezokristallen keine Schwermetalle und Seltene Erden.

Aufgrund der hohen Designfreiheit und Flexibilität lassen sich die piezoelektrischen Harvester in eine Vielzahl von Produkten integrieren. Aufgrund des Energiewandlungsprinzips (mechanische Energie in elektrische Energie) in Kombination mit den zu erwartenden Energiedichten bietet sich der Einsatz in mobilen, elektronischen Endgeräten besonders an. Inwieweit dadurch der Weg von energieeffizienten Produkten zu Zero Emission Appliances beschritten werden kann, hängt einerseits von den Anwendungsfeldern und andererseits von der technologischen Reife der Harvester ab. Ein anderer Aspekt welcher in Richtung Zero Emission Appliances abzielt, ist der Einsatz der piezoelektrischen Kapazitäten als energieautarke Eingabedevices (Tastaturen, Touchscreens). Die Fertigung strukturierter Piezoelemente (Arrays) ermöglicht die orts aufgelöste Erzeugung elektrischer Ladung, welche durch berührungsbasierte Eingabegesten erzeugt und abgegriffen werden kann. Damit stellt ein auf dieser Technologie basiertes Eingabefeld an sich ein Human Powered Device dar.

2.4 Verwendete Methoden

Zur hinreichenden Energiegewinnung durch die Ausnutzung des piezoelektrischen Effektes in alltäglichen Anwendungen ist die Verwendung von großen, kapazitiven Strukturen erforderlich, da die gewonnene Ladung mit der nutzbaren Fläche steigt. Außerdem sind die Materialien durch die periodische Beanspruchung einer hohen mechanischen Belastung ausgesetzt. Solche Devices sind mit herkömmlichen Einkristallen bzw. Keramiken in vielen Anwendungsgebieten nicht realisierbar, weshalb der Einsatz von kosteneffizienten, großflächig prozessierbaren, flexiblen Polymermaterialien als einzige Alternative in Frage kommt.

Die grundlegende Struktur von Piezoelementen zur Energiegewinnung ist ein kapazitives Element. Das bedeutet, ein piezoaktives Material wird zwischen zwei Elektroden eingebettet, welche die durch Deformation entstehenden Ladungen ableiten

Die bei JR über viele Jahre im Bereich der piezo- und ferroelektrischen Fluorpolymere aufgebaute Expertise ermöglicht es, Vorteile von Folien- und Drucktechnologien gegenüber den Herstellungsprozessen von herkömmlichen keramischen Piezoelementen optimal zu nutzen. Die entwickelte P(VDF-TrFE) Tinte lässt sich mittels Siebdruck großflächig auf Folie drucken, wodurch völlige Freiheit im Design und im Formfaktor (gekrümmte Oberflächen) garantiert wird. Dieser Vorteil lässt sich durch die Kombination des aktiven Materials mit gedruckten Elektroden optimal nutzen. Beim Siebdruckverfahren wird die funktionelle Druckpaste (leitfähig oder piezoelektrisch) mittels einer Gummirakel durch ein feinmaschiges Gewebe (Sieb) hindurch auf die Folie gedruckt. An denjenigen Stellen des Gewebes, wo dem Druckbild entsprechend kein Material gedruckt werden soll, werden die Maschenöffnungen des Siebes durch eine Schablone undurchlässig gemacht.

2.5 Aufbau der Arbeit

Für die Entwicklung der technologischen Lösung welche die zuvor beschriebenen Aufgaben erfüllt, wurde ein Bottom-up Ansatz gewählt, welcher sich im zeitlichen Entwicklungsablauf des Projekts widergespiegelt hat. Im Folgenden sind die Schritte der Technologieentwicklung chronologisch aufgeführt:

1. Entwicklung der funktionalen Basismaterialien
2. Konzept & Design der ECO-touch Elemente
3. Herstellung der ECO-touch Elemente
4. Charakterisierung und Materialtests
5. Kommunikations-Software
6. Fertigung der drei Demonstratoren
7. Evaluierung der Demonstratoren

Um einen fundierten Projekterfolg gewährleisten zu können, sind die einzelnen Entwicklungsschritte jedoch nicht separat zu betrachten. Im Laufe der Projektarbeit kam es zu unzähligen Feedback-Schleifen zwischen den einzelnen thematischen Schwerpunkten ohne welche kein konsistenter Fortschritt erzielt hätte werden können.

3 Inhaltliche Darstellung

Es klingt noch wie Zukunftsmusik: Die intuitive Steuerung von Industrierobotern mittels eleganter und verlässlicher, drucksensitiver Touch-Interfaces an Stelle von Drehreglern, Tastern und Schaltern. In dem von der FFG geförderten Projekt „ECO-touch“ wurde diese Vision der Wirklichkeit näher gebracht. Berührungssensitive Folienelemente wurden in die Oberflächen von mobilen Bediengeräten der Firma KEBA AG integriert. Mit diesen großflächig druckbaren Sensoren, basierend auf der bei JOANNEUM RESEARCH entwickelten PyzoFlex®-Technologie, werden Berührungen durch den piezoelektrischen Effekt in elektrische Energie umgewandelt, auf der Bedienfläche lokalisiert und deren Druckkraft quantifiziert. Dank der Nutzung von Siebdruck können derartige Sensoren auf flexiblen Oberflächen sehr kostengünstig hergestellt werden.

Heute wird kaum ein elektronisches Gerät am Markt vorgestellt, welches nicht über ein berührungsempfindliches Interface (Touchscreen/Touchpad) verfügt. Viele dieser für den Consumer-Markt entwickelten Touchscreens sind derzeit aber meist nur für kleinere Formate (z.B. für Smartphones) realisiert und reagieren nicht auf den Druck der Berührung. Durch den Aspekt der Drucksensitivität ergeben sich völlig neue Möglichkeiten der Informationsübermittlung, da neben der Position des Fingers bzw. Eingabestiftes auch der Druck der Berührung für die Interaktion verwendet werden kann.

Weitere Vorteile der in ECO-touch entwickelten Technologie liegen in der Energieeffizienz und der kostengünstigen Herstellung. Durch den piezoelektrischen Effekt (Piezogeneratoren) wird bei jeder Berührung aktiv Energie generiert und kann somit rückgewonnen werden. Zudem lassen sich beliebig flexible (biegsame) Oberflächen durch Verwendung von Siebdruck mit den neuen Sensoren ausstatten und werden damit „interaktiv“, lassen sich also für verschiedenste Eingabeformen nutzen. Durch die Verwendung von speziellen Materialien können die Sensoren auch annähernd transparent hergestellt

werden, sodass Sie auch in Kombination mit OLED bzw. LCD Bildschirmen verwendet werden können. Darüber hinaus ist die flexible, biegbare PyzoFlex®-Sensortechnologie auch als Eingabemedium für die gerade aufkommenden flexiblen Displays (z.B. in Smartphones, E-Book-Readern, etc.) interessant. Bisherige Touchscreens, bekannt aus mobilen Geräten wie dem iPhone, erlauben zwar eine sehr genaue Interaktion mit mehreren Fingern gleichzeitig, jedoch würde die dort verwendete Technologie bei der Nutzung auf größeren Flächen einen beträchtlichen Energieverbrauch verursachen. Außerdem stellt das häufig in gegenwärtigen Touchscreens verwendete ITO (Indiumzinnoxid) eine endliche und deshalb teure Ressource dar. Deshalb ist trotz der hohen Marktpotenziale eine Verwendung der bisher zur Verfügung stehenden Technologien in großflächigen Eingabeschnittstellen (z.B. Whiteboards) nicht rentabel. Durch die neue PyzoFlex®-Technologie sind diese Probleme Vergangenheit: sie benötigt kein Indium und ist durch die Verwendung des Siebdruck-Verfahrens kostengünstig und zudem in beliebigen Größen herstellbar.

Die neuartige Technologie und das dafür notwendige Material wurden von JOANNEUM RESEARCH über Jahre speziell für ein Druckverfahren weiterentwickelt und optimiert. Das Media Interaction Lab der FH Oberösterreich in Hagenberg lieferte die Ansteuerung in Form von Hard- und Software: es entwickelte eine elektronische Ausleseeinheit für die Sensoren sowie die Software zur Datenauswertung, die rohe Sensorsignale erst in Touch-Informationen für das Bedienelement und spätere Anwendungen umwandelt. Die Firma KEBA AG zeichnet sich für die Einbettung der Technologie in entsprechende Anwendungsszenarien der Wirtschaft verantwortlich.

4 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt in 4 thematischen Kapiteln, welche den zuvor beschriebenen Aufbau der Arbeit thematisch herunterbrechen.

4.1 Basismaterialien

Die grundlegenden, piezoelektrischen Eigenschaften der Technologie bilden die Basis des gesamten Projektes. Besonderes Augenmerk wurde deshalb dem aktiven (ferroelektrischen) Polymermaterial PVDF:TrFE (Poly(Vinylidene Fluoride)Trifluoroethylene) geschenkt. Um diese „Plastikpellets“ in eine nasschemisch verdruckbare Tinte zu bekommen, wurde die in Abbildung 1 schematisch skizzierte, patentierte [1] Tintensynthese verwendet.

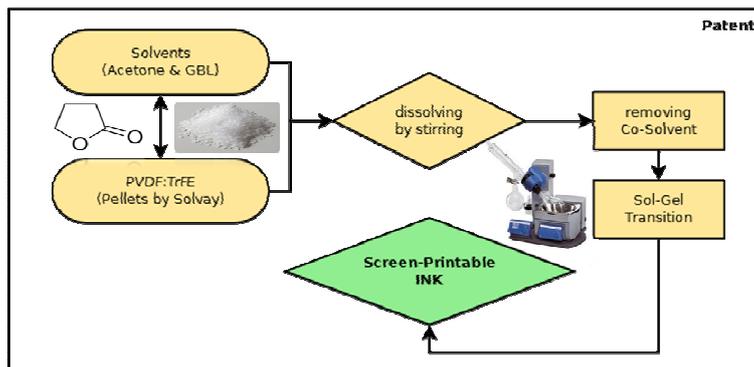


Abbildung 1: Blockdiagramm der patentierten [1] Tintensynthese des aktiven Polymers.

Aus Kostengründen wurde die Synthese für große Batches optimiert und die gewonnene Tinte mittels technischen Siebdrucks weiterprozessiert. Für die Herstellung der funktionalen ECO-touch Sensoren/Harvester mussten jedoch weitere funktionale Schichten mit dem ferroelektrischen Polymer kombiniert und einem zuverlässigen Herstellungsprozess zugeführt werden.

Die Versuchsergebnisse lieferten folgende, optimale Materialkombination zur Herstellung der piezoelektrischen Folien:

Substrat:	PET Folie (Melinex ST 505, ST 725)
Grundelektrode:	PEDOT SV3/4 (Heraeus)
Aktives Material:	PVDF:TrFE nach eigener Synthese
Top electrode:	Carbon DuPont 7102 oder PEDOT SV3/4 (Heraeus)
Leiterbahnen:	Ag DuPont 5000

4.2 Herstellungsprozess & Evaluierung

Der Herstellungsprozess der siebgedruckten PyzoFlex-Elemente wurde im Rahmen des Projekts optimiert, um reproduzierbare Sensorfolien zu erhalten. Es konnten sowohl die Prozessparameter als auch die damit erzielbare Haltbarkeit, Reproduzierbarkeit, der Yield und die Sensitivität der Sensorelemente evaluiert werden.

Abbildung 2 illustriert den für die Herstellung verwendeten Siebdruckprozess und zeigt exemplarische Druckergebnisse welche im Projekt als Meilensteine definiert wurden.

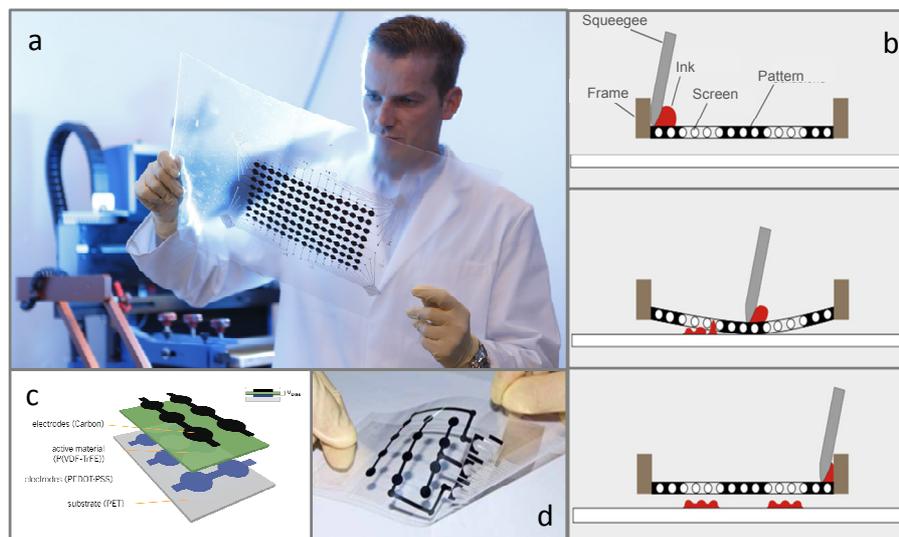


Abbildung 2: (a) mittels Siebdruck hergestellte DIN A4 Sensormatrix (b) Allgemeines Schema des Siebdruckprozesses (c) Multi-layer Sequenz der ECO-touch Sensoren inkl. der verwendeten Materialien. (d) Siebgedruckte 3x4-Matrix.

Die siebgedruckten Elemente wurden mit einem vollautomatischen, piezoelektrischen Messplatzes hinsichtlich ihrer Eignung als Sensoren und Harvester untersucht. Dazu wurden die Sensoren mit kalibrierten Druckstempeln belastet und der piezoelektrisch erzeugte Strom gemessen. Eine beispielhafte Auswertung einer solchen Messung mit ansteigenden Kräften ist in Abbildung 4 dargestellt.

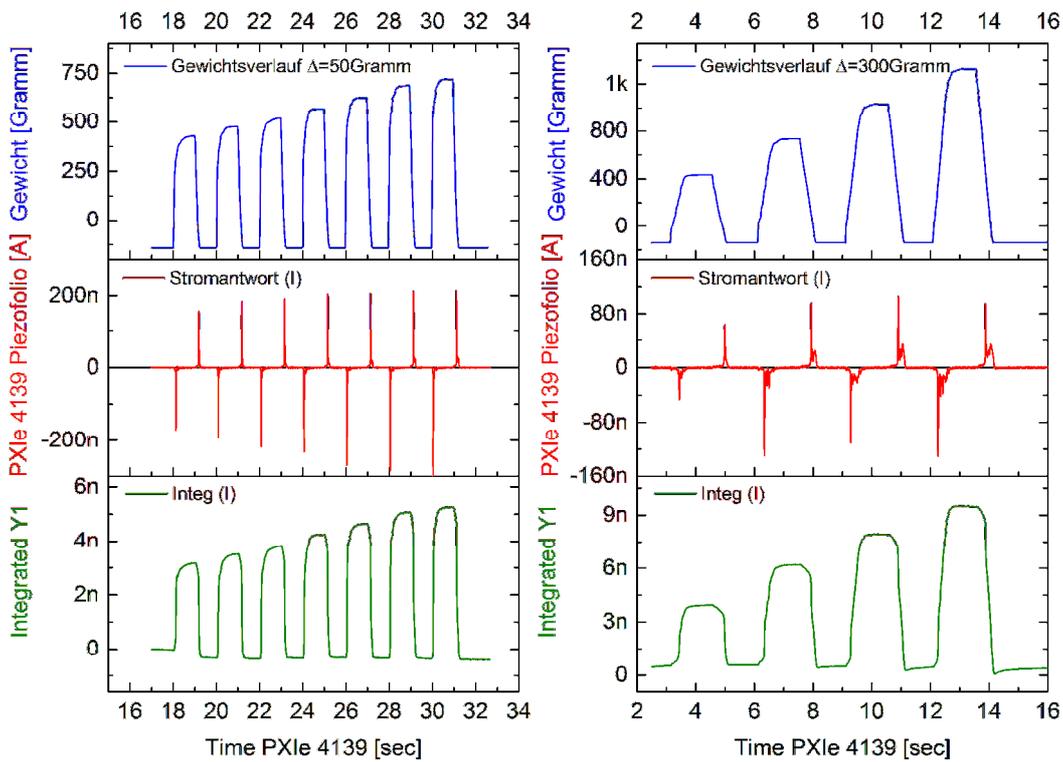


Abbildung 4: Beispielhafte Druckvariationen von 50 und 300 Gramm. Die Blaue Kurve repräsentiert das kalibrierte Gewicht, welches auf dem Sensor zu liegen kommt. Die rote Kurve zeigt die tatsächlich gemessenen (nicht bearbeiteten) Stromsignale. Die grüne Kurve zeigt die integrierten Stromsignale entsprechend der generierten Ladung, welche den aufgeprägten wiederum Druckverlauf widerspiegelt.

Für die weitere Charakterisierung der Sensoren sowie für die Prozesskontrolle des Herstellungsprozesses wurde eine Anforderungstabelle mit notwendigen (minimalen) Anforderungen sowie optimalen (idealen) Anforderungen definiert. Die systematischen und statistischen Charakterisierungen wurden daraufhin so gewählt, dass die definierten Parameter entsprechend evaluiert werden konnten. Ein beispielhafter Auszug der Anforderungstabelle ist in Tabelle 1 gezeigt.

Tabelle 1: Exemplarische Werte der Anforderungstabelle an die ECO-touch Technologie. Die grünen Häkchen symbolisieren das Erreichen der definierten Anforderungen.

Notwendige Anforderung		Optimale Anforderung
Druckstärke (Sensitivität)		
100g – 400g ✓		50g – 1000g ✓
Parametervariation (Pyro-/Piezoelektrizität)		
≤ 15% ✓		≤ 5%
Yield		
≥ 90% ✓		= 100%

4.3 Software & Hardware

Ein wesentlicher Aspekt in der Technologieentwicklung ist das Verständnis von Gesamtsystemen bzw. Systemlösungen. In ECO-touch konnte nicht nur die Sensortechnologie an sich weiterentwickelt werden, sondern auch die Signalauswertung. Durch die Entwicklung von 2 unterschiedlichen elektronischen Messsystemen und entsprechender Messsoftware konnte ein profundes Verständnis für das Technologiepotential generiert werden. Die dabei entstandenen, patentierten [2] Gesamtlösungen können zur Veranschaulichung der Technologie bei interessierten Firmen, aber auch bei Messeausstellungen verwendet werden. Eine wesentliche Erkenntnis in diesem Kontext ist aber auch das Erkennen der technologischen Einschränkungen einer passiven Sensormatrix hinsichtlich einiger multi-Touch Anwendungen.

Abbildung 5 zeigt die Oberfläche der in ECO-touch entwickelten Software zur Untersuchung und Analyse des Gesamtsystems. Diese Testsoftware bildet in Zusammenspiel mit der Elektronik auch die Grundlage für die Demonstratoren.

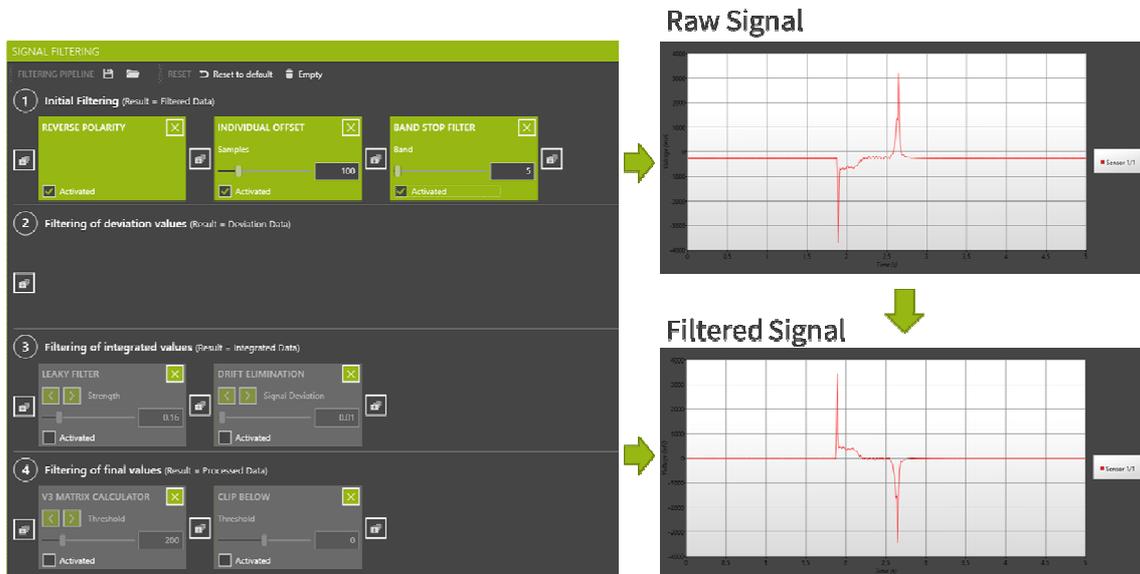


Abbildung 5: Optimierte Testsoftware für die Ladungsverstärker-Elektronik basierend auf der im 1. Bericht ausführlich beschriebenen Testsoftware: Filterbaum (links), Rohsignal (rechts oben) und Offset-bereinigtes, invertiertes Signal (rechts unten).

4.3.1 Demonstrator: großflächiger ECO-touch für Whiteboard-Anwendungen

Als beispielhafte Umsetzung der zuvor beschriebenen Technologie für großflächige Mensch-Maschine-Schnittstellen wurde eine druckempfindliche, große, energieautarke Eingabefläche (Touch-Interface) für Whiteboard-Anwendungen gezeigt. Das Schema dieses Demonstrators ist in Abbildung 6 links gezeigt. Abbildung 6 rechts zeigt den Scan einer siebgedruckten 20x20 Matrix welche als Sensorfolie in den Demonstrator eingebaut wurde.

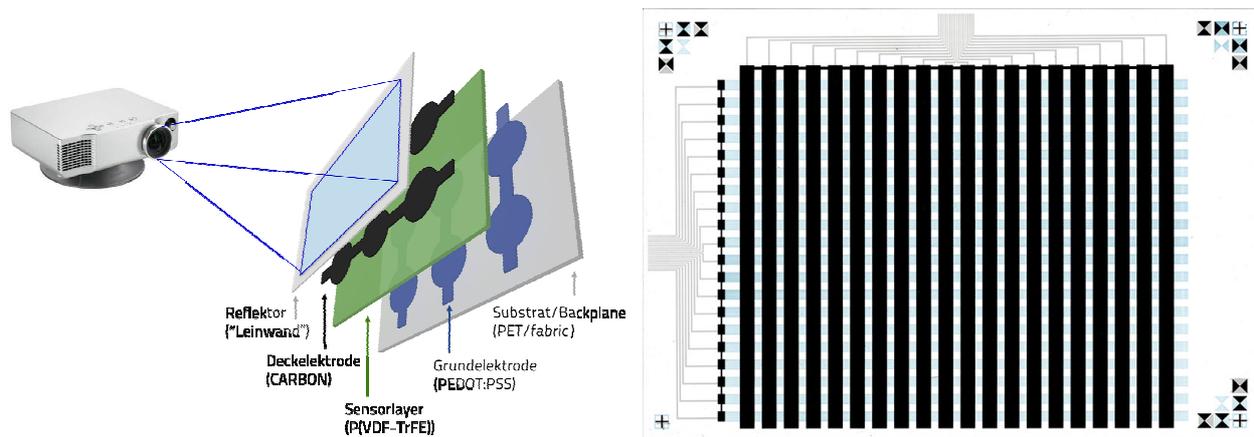


Abbildung 6 links: Aufbau des großflächigen ECO-touch Demonstrators; rechts: Scan einer siebgedruckten DIN A3 20x20 Sensormatrix.

4.4 Energy-Harvesting

Von besonderer Bedeutung für das Projekt war auch der Nachweis des harvesting-Potentials. Die Entwicklung beziehungsweise der Vergleich unterschiedlicher (elektronischer) harvesting-Konzepte sowie die Versorgung eines Funksensors unter realen Bedingungen haben nachhaltige Erkenntnisse gebracht. Mit den gewonnenen Daten lassen sich erzielbare Energieausbeuten unterschiedlicher Einsatzgebiete abschätzen und entsprechende Anwendungsgebiete erschließen. Dass die gedruckten Harvester im Zusammenspiel mit dem entwickelten Energy-Harvesting Systems (Abbildung 7) unter realen Einsatzbedingungen in einem Autoreifen verwendet werden konnten um ein konventionelles TPMS-System zu versorgen (Abbildung 8) ist ein wesentlicher Schritt in Richtung energieautarker Sensorsysteme basierend auf PyzoFlex.

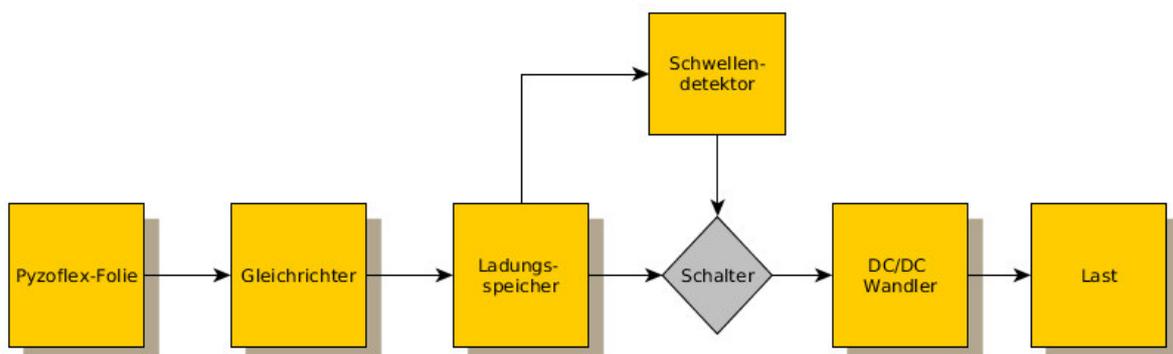


Abbildung 7: Blockschaltbild des entwickelten Energy Harvesting Systems

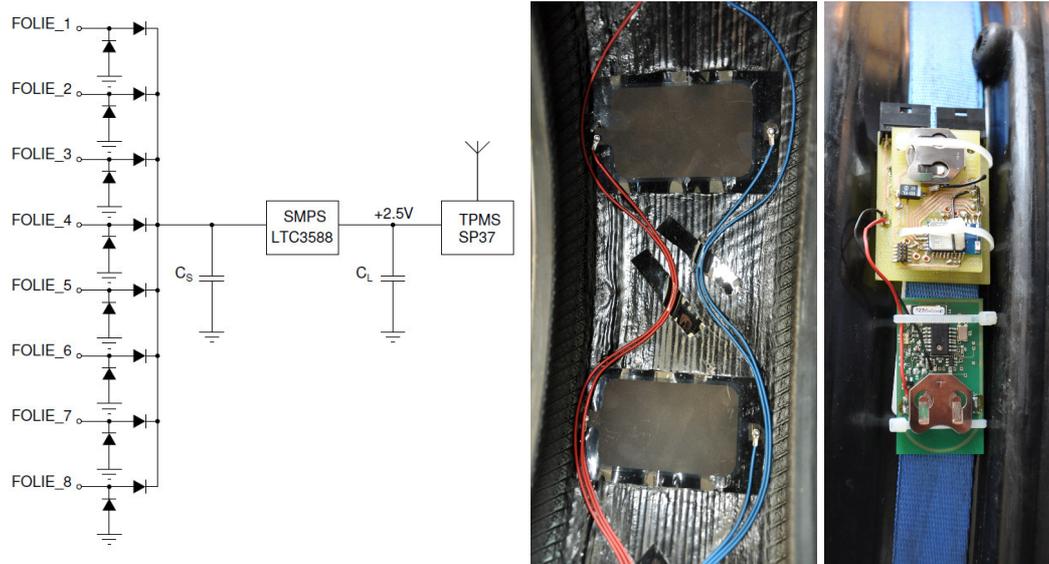


Abbildung 8 Reifenharvester: links: Schematisches Diagramm des Demonstrators; Mitte: Harvesting-Folien in einem Continental Reifen; rechts: Harvesting-Elektronik und TPMS-System auf der Felge.

4.5 Schlussfolgerungen

Die meisten am Markt befindlichen Energiewandler für die Umsetzung von mechanischer in elektrische Energie basieren auf großen, komplexen mechanischen Konstruktionen wie beispielsweise (i) Dynamos: in Fahrrädern und biomechanischen Energiewandlern oder (ii) Federschwungsystemen wie sie im nPower® Personal Energy Generator oder Taschenlampen zum Einsatz kommen. Diese Harvester weisen nicht nur einen schlechten Wirkungsgrad auf, sondern sind hochkomplexe mechanische Konstruktionen, welche zwar in einigen Spezialanwendungen zum Einsatz kommen können, sich aber nie zur großflächigen, hochintegrierbaren dezentralisierten Energiegewinnung einsetzen lassen werden. Des Weiteren ist die Herstellung dieser Geräte aufgrund ihrer Funktionsprinzipien äußerst aufwendig und fernab einer positiven Ökobilanz.

Im Gegensatz dazu bietet die PyzoFlex Technologie zahlreiche Vorteile – von der Herstellung bis zur Anwendung. Das Basiselement besteht aus einem 3-Schichtsystem, in welchem 2 Elektroden die funktionalisierte, piezosensitive Schicht einschließen. Diese Elemente können mit einem kosten- und energieeffizienten Druckverfahren (Siebdruck) auf flexiblen Substraten aufgedruckt werden und ermöglichen damit eine hohe Prozessintegrierbarkeit. Vor allem wegen der niedrigen Prozesstemperaturen ($< 100\text{ °C}$) verbrauchen Druckprozesse wesentlich weniger Energie als die Ofenprozesse die bei der Herstellung keramischer Piezogeneratoren ($> 1000\text{ °C}$) im Einsatz sind. Durch das Wegfallen sämtlicher mechanischer Komponenten ergeben sich dünne ($5\text{-}20\text{ }\mu\text{m}$), großflächig prozessierbare, flexible, widerstandsfähige und unauffällige Strukturen mit einem hohen Potential zur Integration in zahlreiche Produkte/Umgebungen zur kontinuierlichen Erzeugung von elektrischer aus mechanischer Energie. Durch Verwendung transparenter Polymertinten können sogar nahezu durchsichtige Piezogeneratorelemente auf Folie gedruckt werden. Da PVDF-TrFE im sichtbaren Spektrum eine Transmission von $>80\%$ besitzt, ist in Kombination mit transparenten, druckbaren Elektrodenmaterialien (PEDOT:PSS) daher der direkte Einsatz in Touchscreens möglich.

5 Ausblick und Empfehlungen

Die während der Projektarbeit aufgedeckten, technologischen Einschränkungen werden gegenwärtig in zwei EU-Projekten adressiert.

- Die Materialentwicklung der Nanokomposite wird im EU-Projekt FLASHED zusammen mit Fraunhofer ISC weiterverfolgt. An diesem Projekt ist auch die FH OÖ beteiligt um die PyzoFlex-Technologie für Eingabeinterfaces weiterzuentwickeln.
- Die Einschränkungen der passiven Matrix-Designs wird gegenwärtig im EU-Projekt ATLASS adressiert. In diesem Projekt sollen flexible, active-matrix-Sensoren auf Basis der PVDF:TrFE-Sensoren entwickelt werden.

Die insgesamt sehr erfolgreichen Projektergebnisse werden in Zukunft jedenfalls dazu verwendet, um technologische Anfragen der bevorzugt nationalen Industrie zu bedienen. Die nächsten Schritte sind die Optimierung des Herstellungsprozesses mit einem vollautomatischen Siebdruckers sowie die materialseitige Weiterentwicklung.

Die Projektergebnisse legen auch nahe, weitere Aktivitäten in Richtung Energy-Harvesting zu verfolgen, da die diesbezüglichen Erwartungen im Projekt übererfüllt werden konnten. Um auch zukünftig entsprechendes Firmeninteresse zu wecken, werden regelmäßig Messen besucht und Demonstratoren ausgestellt.

6 Literaturverzeichnis

- [1] EP2609142 A1, Fluorpolymerhaltige lösung oder suspension, verfahren zu ihrer herstellung sowie ihre verwendung bei der herstellung von piezo- und pyroelektrische schichten
- [2] WO2014037016 A1, Printed piezoelectric pressure sensing foil

7 Kontaktdaten

Dr. Martin Zirkl
JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH
MATERIALS – Institute for Surface Technology and Photonics
Franz-Pichler-Straße 30
A-8160 Weiz (AUSTRIA)
Phone: +43 316 876 2709
Fax: +43 316 876 92709
E-Mail: martin.zirkl@joanneum.at
<http://www.joanneum.at/materials>

Prof. (FH) Priv.-Doz. Dr. Michael Haller
Media Interaction Lab
University of Applied Sciences Upper Austria
Softwarepark 11

Neue Energien 2020 - 5. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

A-4232 Hagenberg, AUSTRIA

www.mi-lab.org

DI Dr. Birgit Ettinger

KEBA AG

A-4041 Linz, Austria

www.keba.com

IMPRESSUM

Verfasser

Martin Zirkl
JOANNEUM RESEARCH
Forschungsgesellschaft mbH
MATERIALS – Institute for Surface
Technology and Photonics
Franz-Pichler-Straße 30 , 8160 Weiz
Tel: +43 316 876 2709
Fax: +43 316 876 92709
E-Mail: martin.zirkl@joanneum.at
Web: www.joanneum.at/materials

Projektpartner

Michael Haller
Media Interaction Lab
University of Applied Sciences Upper Austria
Softwarepark 11, 4232 Hagenberg
Web: www.mi-lab.org

Birgit Ettinger
KEBA AG
A-4041 Linz
Web: www.keba.com

AutorInnen

Martin Zirkl
Christian Rendl
Patrick Greindl
Birgit Ettinger

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber

Klima- und Energiefonds
Gumpendorfer Straße 5/22
1060 Wien
E-Mail: office@klimafonds.gv.at
Web: www.klimafonds.gv.at

Disclaimer

Die Autoren tragen die alleinige
Verantwortung für den Inhalt dieses
Berichts. Er spiegelt nicht notwendigerweise
die Meinung des Klima- und Energiefonds
wider.

Weder der Klima- und Energiefonds noch
die Forschungsförderungsgesellschaft
(FFG) sind für die Weiternutzung der hier
enthaltenen Informationen verantwortlich.

Gestaltung des Deckblattes

ZS communication + art GmbH