

# Electronic Skin

Unter dem Begriff Electronic Skin (E-Skin) versteht man ein elektronisches System, welches bestimmte Merkmale menschlicher Haut (z.B. Verformbarkeit und sensorische Eigenschaften) möglichst realistisch imitiert. Eingebettet ist die Entwicklung von E-Skin in den übergreifenden Bereich flexibler und dehnbarer Elektronik, in dem es in den letzten Jahren große Fortschritte gegeben hat. Auf Basis dieser Forschungen wurden bereits erste E-Skin-Systeme realisiert. Diese sind in ihrer Funktionalität allerdings noch recht einfach gehalten und typischerweise für die Messung bestimmter physiologischer Parameter vorgesehen. Für eine realistische Nachbildung wird angestrebt, sämtliche Eigenschaften biologischer Haut auf dünne elektronische Systeme zu übertragen. Dazu zählt neben der Wahrnehmung von kleinsten Berührungen oder dem Ertasten von Oberflächentexturen auch die Fähigkeit zur Selbstheilung. Darüber hinaus ist es aber auch ausdrückliches Ziel, solchen Systemen Eigenschaften zu verleihen, die über die menschliche Haut hinausgehen. Hier ist insbesondere die Integration von Bio- und Chemosensoren zu nennen. Auch Technologien zur Energiegewinnung und Energiespeicherung sowie Kommunikationsmodule spielen eine große Rolle. Daneben ist noch eine Vielzahl an weiteren Funktionalitäten denkbar, z. B. eine selbst-reinigende Oberfläche oder der Tarnung dienende Farbwechseleigenschaften. Darüber hinaus müssen E-Skin-Systeme für den praktischen Einsatz noch eine Reihe weiterer Anforderungen erfüllen, insbesondere eine hohe Verformbarkeit, eine lange Haltbarkeit, einen geringen Energieverbrauch, ein geringes Gewicht sowie eine gute Bioverträglichkeit.

Grundsätzlich bestehen E-Skin-Systeme aus einem Trägermaterial sowie je nach geplanter Anwendung aus verschiedenen funktionellen Bauelementen. Als Trägermaterial bzw. Substrat verwendet man fast ausschließlich spezielle Polymerfolien, da diese eine hohe Dehnbarkeit und Flexibilität aufweisen, gut hautverträglich und kostengünstig sowie zumeist auch transparent sind. Für die Integration funktioneller Bauelemente stehen zwei Möglichkeiten

zur Verfügung. Zum einen kann herkömmliche, starre Elektronik, Sensorik etc. auf ein elastisches Substrat aufgebracht werden, sodass nur die Verbindungen zwischen den Bauelementen dem Gesamtsystem Beweglichkeit verleihen. Solche Systeme lassen sich relativ einfach fertigen. Die maximale Dehnbarkeit, die mit ihnen erzielt werden kann, bleibt jedoch grundsätzlich recht gering. Die zweite Möglichkeit besteht darin, jedes einzelne Bauelement mit einer intrinsischen Beweglichkeit zu versehen, also z. B. dehnbare Sensoren zu verwenden. Systeme basierend auf solchen Bauelementen sind unter anderem aufwändiger in Entwicklung und Fertigung, dafür lässt sich mit ihnen aber eine sehr große Verformbarkeit erzielen.

Erst durch diese Verformbarkeit ist Electronic Skin – im Gegensatz zu anderen Wearables, d.h. am Körper getragenen elektronischen Geräten wie Datenbrillen oder Smart Watches – in der Lage, sich exakt der Körperoberfläche anzupassen. Sie kann damit in Form von kaum noch spürbaren Pflastern an beliebigen Körperstellen getragen werden. Diese werden auch als Electronic Tattoos oder Epidermal Electronics bezeichnet. Ihr großes Potenzial liegt insbesondere in der Verwendung als Sensorplattformen zur Überwachung des Gesundheitszustands ihres Trägers. Ein Beispiel ist die Überwachung sogenannter Stressmarker während eines Einsatzes, die Auskunft über die weitere Leistungsfähigkeit geben könnten. Gleichzeitig könnten solche E-Skin-Pflaster auch als Wirkstoffdepots eingesetzt werden, wobei sie ihren Wirkstoff nicht nur zeitgesteuert, sondern in Abhängigkeit von den aktuellen Messwerten abgeben könnten. Denkbar wären beispielsweise intelligente Wundauflagen, die nur an jenen Stellen, an denen auch tatsächlich eine verminderte Heilung festgestellt wird, heilungsfördernde Substanzen abgeben.

Electronic Skin könnte weiterhin in verschiedenster Form dazu genutzt werden, die Interaktion zwischen Mensch und Maschine zu verbessern und zu vereinfachen. Verschiedene Eingabemodule auf Basis eines E-Skin-Pflasters sind denkbar, zum

Beispiel am Kehlkopf platzierte Silent-Speech-Interfaces oder dünne Handschuhe, die Fingerbewegungen an eine Roboterhand übertragen oder zur Gestensteuerung genutzt werden können. Umgekehrt ist es auf diese Weise auch möglich, dem Träger über z. B. am Arm angebrachte E-Skin-Pflaster Mitteilungen zu übermitteln. Das könnte über Displays visuell, aber z. B. auch durch Druckeinwirkung oder Vibrationen geschehen. Es ist auch vorstellbar, solche E-Skin-Pflaster zur biomeτρischen Identifizierung zu nutzen.

Der Einsatz von Electronic Skin als sensorische Oberfläche für Roboter könnte diesen zukünftig eine taktile bzw. haptische Wahrnehmung ermöglichen, die der des Menschen entgegensteht oder diese in einigen Aspekten sogar übertrifft. Dadurch könnten Roboter zukünftig eine große Bandbreite an komplexen Aufgaben übernehmen. So könnten sie ohne spezielle Programmierung beliebig geformte Objekte greifen und manipulieren oder sich bei schlechten Sichtbedingungen oder in unwegsamem Gelände tastend vorwärtsbewegen. Insgesamt wären solche Roboter besser für unvorhergesehene Situationen und insbesondere auch für die Zusammenarbeit mit dem Menschen geeignet (Manned-Unmanned Teaming).

Insgesamt ist Electronic Skin eine vielversprechende Technologie, die zukünftig für eine große Breite an Anwendungen von Bedeutung sein könnte. Eine Übertragung bereits entwickelter Demonstratoren in kommerzielle Anwendungen scheitert derzeit vor allem noch an einem Mangel an kostengünstigen Fertigungsverfahren. E-Skin-Pflaster für biomedizinische Anwendungen könnten bereits kurzfristig Marktreife erreichen. Auch erste Mensch-Maschine-Schnittstellen basierend auf Electronic Skin sollten sich vergleichsweise einfach realisieren lassen und mittelfristig zur Verfügung stehen. Mit einer elektronischen Haut, die Robotern und Prothesen eine dem Menschen vergleichbare haptische und taktile Gesamtwahrnehmung verleiht, ist dagegen erst langfristig zu rechnen.

**Dr. Ramona Langner**