AG Digitalisierung und AG Verpackungsmaterialien

Forschung im Papierbereich

Papier ist eines der gängigsten Verpackungsmaterialien für Lebensmittel und wird es auch bleiben, auch wenn gesetzliche Bestimmungen, neue Regularien beim Recycling und Verbraucherwünsche immer wieder eine Weiterentwicklung des Materials initiieren oder notwendig machen. Wir stellen im Anschluss zwei IGF-Vorhaben unserer IVLV Arbeitsgruppen Digitalisierung und Verpackungsmaterialien ausführlicher vor, die sich speziell mit den neuen Anforderungen an Papier als Verpackungsmaterial beschäftigen. In beiden Projekte engagiert sich die Papiertechnische Stiftung PTS federführend oder kooperierend als Forschungseinrichtung. Die PTS ist ein unabhängiges Forschungs- und Dienstleistungsinstitut aus Heidenau bei Dresden und Experte bei Lebensmittelkonformität von Verpackungen. Seit 1951 unterstützt sie Unternehmen aller Branchen bei der Entwicklung und Anwendung von modernen faserbasierten Lösungen. https://www.ptspaper.de/

PAPERONICS – gedruckte Elektronik für smarte Verpackungen

IGF 242 EBG

Im CORNET-Projekt PAPERONICS, ein transnationales Vorhaben der IVLV in Kooperation mit der Papiertechnischen Stiftung PTS, wurde die Möglichkeit der Integration von Elektronik auf Papierverpackungen untersucht. Durch die enge Zusammenarbeit der europäischen Forschungsstellen, dem Fraunhofer IVV, der TU Chemnitz, der Universität Hasselt und Leuven (Belgien) und der Interuniversity Microelectronics Centre IMEC, eines der größten Forschungszentren für Nano- und Mikroelektronik in Europa, liegen interessante und umsetzbare Ergebnisse vor.

Die Realisierung neuer elektronischer Funktionen von Verpakkungen, wie z.B. Verbraucherinteraktionen und Rückkopplungen über Mobiltelefone, Rückverfolgbarkeit, Sicherheit im Onlinehandel wie auch Überwachung von Transport- und Lagerbedingungen, sind für die Hersteller der Verpackungen stets eine Herausforderung. Um die Herstellung flexibel und kostengünstig zu gestalten, ist es wichtig, möglichst viele Herstellungsschritte beim Verpackungsunternehmen zu integrieren. Druckprozesse stehen dabei im Mittelpunkt. Das Projekt untersuchte die Potentiale verschiedener Drucktechnologien im Zusammenspiel mit geeigneten Tinten auf Papiersubstraten.

Die Eigenschaften, insbesondere Oberflächeneigenschaften des Substrates, haben selbstverständlich maßgeblichen Einfluss auf die Performance der gedruckten Elektronik. Da im Bereich von Papiersubstraten hierbei unterschiedlichste Ausprägungen der Oberflächen vorliegen, wurde eine Auswahl von 76 Papieren im Projekt charakterisiert und bewertet sowie zahlreiche geeignet scheinende Substrate mit verschiedenen Verfahren bedruckt. Hierbei zeigte sich bei vielen Papieren eine gute Bedruckbarkeit mit geeigneten Silbertinten. Mit einem Rolle-zu-Rolle Siebdruckverfahren konnten selbst auf einem ungestrichenen Pergaminpapier Leiterbahnen mit hohen Leitfähigkeiten und guter Genauigkeit gedruckt werden. Substrate mit glatteren Oberflächen und geringerem Absorptionsvermögen zeigten sich für das Aerosol Jet® Printing mit dünnflüssigen Tinten geeignet. Substratoberflächen konnten für diese Druckverfahren durch planarisierende Beschichtungen optimiert und die Bedruckbarkeit verbessert werden.

Die so optimierten Substrate wurden durch Aufdampfen von anorganischen Materialien in Kombination mit organischen Schichten mit zusätzlichen Barriereeigenschaften ausgestattet. Im Vorhaben wurde darüber hinaus auch das Zusammen-

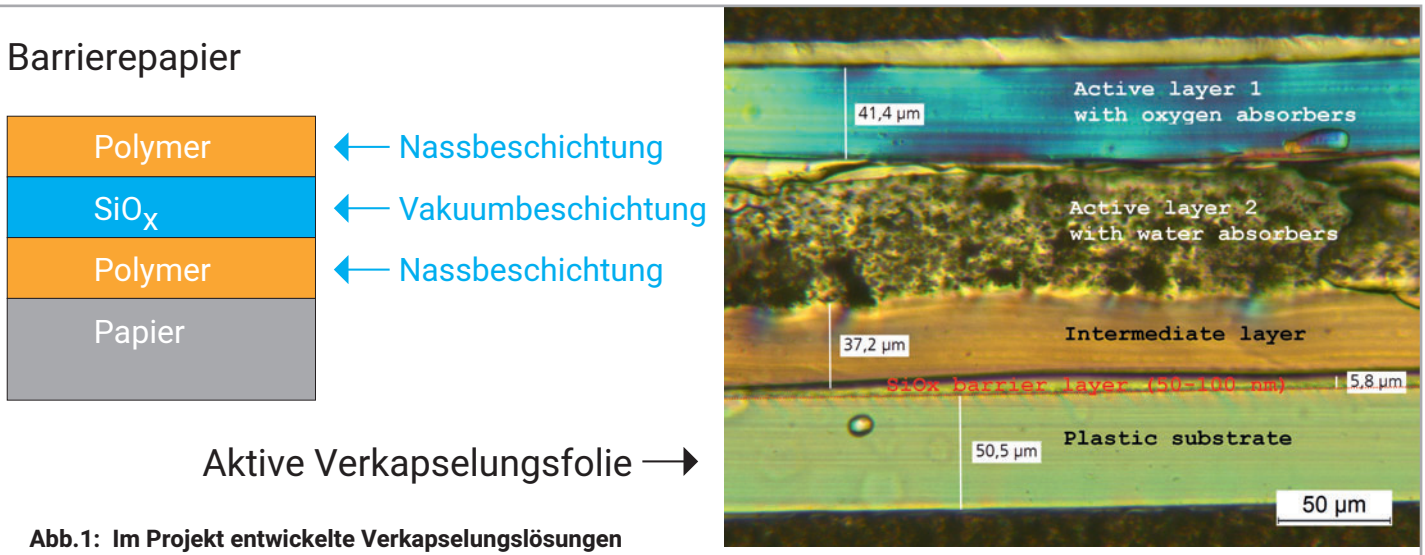

Abb.1: Im Projekt entwickelte Verkapselungslösungen

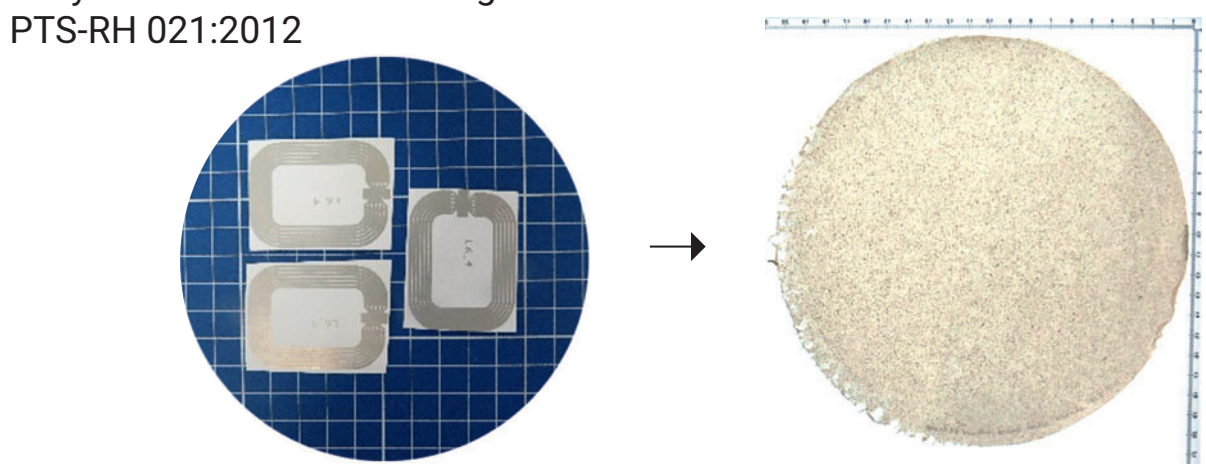

Abb. 2: Gutstoffblatt (rechts) aus zerfaserten und sortierten mit Ag-RFID-Antennen bedruckten Papiermustern (links)

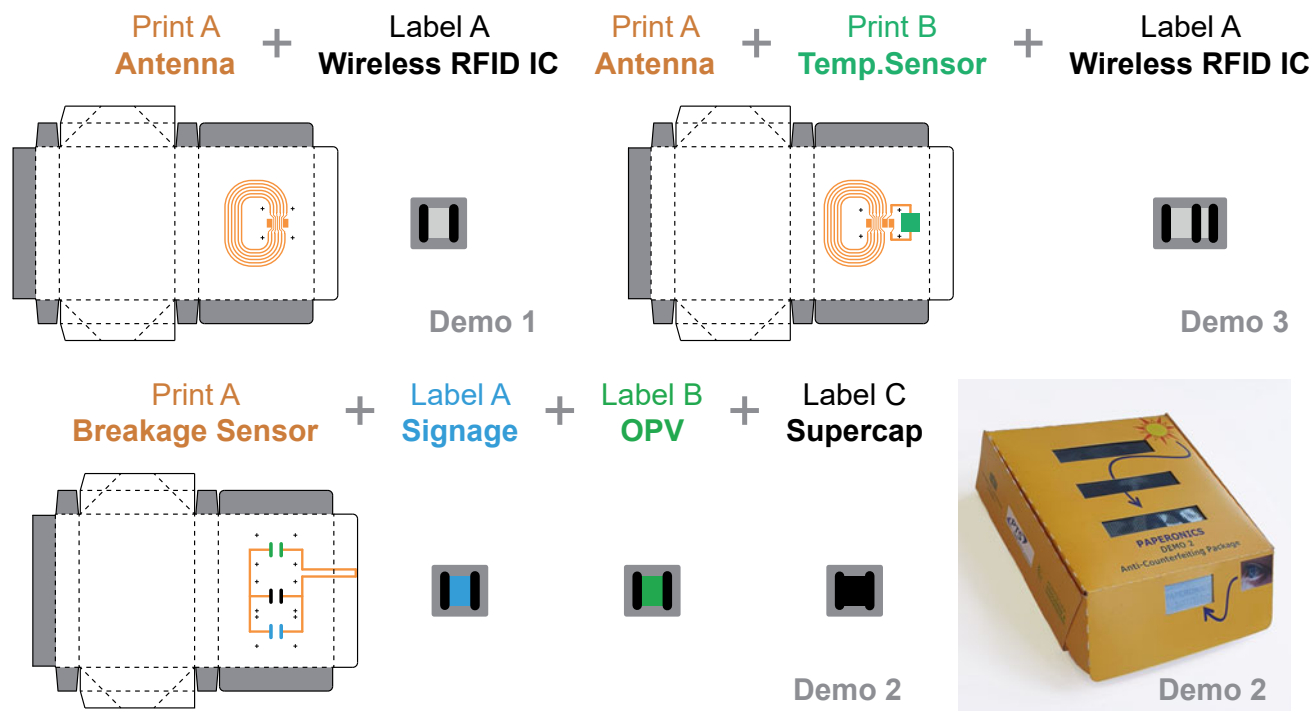

Abb. 3: Im Projekt hergestellte Demonstratoren

wirken von anorganischen Barriereschichten und Absorbermaterialien in Folienverbunden, welche als lichtdurchlässige Verkapselung von gegen Sauerstoff und Wasserdampf empfindlichen Komponenten verwendet werden können, untersucht (Abb. 1). Durch den Einbau von Sauerstofffängern gelang es z.B. den Sauerstoffdurchbruch deutlich zu verzögern. Für Wasserdampf konnten die integrierten Absorber zwar eine hohe Wirksamkeit erreichen, jedoch erschöpfte sich deren Kapazität schneller als im Vergleich zu den Sauerstoffabsorbern. Dies lag darin begründet, dass die Barrierefolien eine deutlich höhere Durchlässigkeit für Wasserdampf als für Sauerstoff zeigten. Gerade empfindliche Bauteile wie organische Solarzellen oder OLEDs benötigen einen Schutz vor Wasserdampf. Somit werden von entsprechenden Verkapselungsmaterialien hohe Barrierewirkungen erwartet. Wasserfänger reduzieren jedoch die Lichtdurchlässigkeit und erzeugen somit auch eine signifikante Lichtstreuung, was die Funktion der Bauteile negativ beeinflusst. Hierdurch werden die Grenzen dieser Lösung deutlich. Absorber können aber während der Herstellung der Bauteile eingeschlossene Gase aufnehmen und somit eine kosteneffiziente Verarbeitung ohne Schutzatmosphäre ermöglichen. Die Verkapselungsmaterialien wurden auch hinsichtlich ihrer Bedruckbarkeit untersucht. Bedruckbare Verkapselungsfolien und beschichtete Substrate ermöglichen die Reduzierung des Einsatzes von lichtabsorbierenden Substraten und sind somit sehr vorteilhaft. In den

Versuchen wurden im Flexodruck für Solarzellen typische transparente Elektroden bzw. Stromsammler hergestellt. Im Vergleich gegenüber den traditionell hergestellten Bauteilen zeigten sie keine Nachteile.
Ein weiterer Schwerpunkt des Projektes lag auf der Rezyklierbarkeit der unbedruckten und bedruckten Substrate. Diese wurde mittels einer adaptierten PTS-RH 021:2012 Methode untersucht. Die Bedruckung mit Silbertinten führte zu visuellen Verunreinigungen des Rezyklates. In einer Mischung wie der Haushaltssammelware bzw. durch die Applikation der elektronischen Anwendung auf einer Versandkiste aus bspw. Wellpappe, ist dieser Einfluss jedoch tolerierbar, da es zu einer Verdünnung des Effektes kommt (Abb. 2).
Die gedruckten Strukturen wurden auch hinsichtlich ihrer Robustheit gegenüber Stress- und Alterungsprozessen untersucht. Biege-, Torsions- und Abriebbelastungen sowie eine durch Wärme- und Lichteinwirkungen simulierte beschleunigte Alterung hatten bei den anschließenden Funktionalitätstests keine bzw. nur geringfügig negative Einflüsse auf die Funktionalität der Drucke.
Mit drei im Projekt entwickelten und hergestellten Demonstratoren (Abb. 3) mit verschiedenen Funktionalitäten (1 Kundenbeziehung, 2 Fälschungsschutz, 3 Temperaturüberwachung) konnte gezeigt werden, dass gedruckte Elektronik auf Papier eine aussichtsreiche und nachhaltige Alternative zu vergleichbaren Produkten auf Plastikfolien sein kann. Hierfür wurden zunächst die für zwei Demonstratoren benötigten NFC-Antennen im Bogensiebdruck hergestellt und anschließend an den Herstellungsprozess der Industrie – rotatives Rolle-zu-Rolle Siebdruckverfahren – angepasst. Verbunden mit einem Mikrochip können sie zur Interaktion mit dem Kunden oder für logistische Zwecke genutzt werden. Durch die Verbindung einer Antenne und eines Mikrochips mit einem irreversibel-temperatursensitiven Widerstand wurde ein fernauslesbarer Temperatursensor zur Überwachung von z.B. Kühlketten entwickelt. Beim Demonstrator 2 wurden weitere Elemente der gedruckten Elektronik zwecks neuer Funktionalitäten integriert. Im rotativen Siebdruck erfolgte die Herstellung einer flexiblen Leiterplatte aus Papier, in welcher ein elektrochromes Display, eine Solarzelle und ein Öffnungssensor miteinander kombiniert wurden. Im Display wird die eventuelle Öffnung der Verpackung und somit eine unbefugte Nutzung des verpackten Gutes oder Austausch des Produkts irreversibel angezeigt.
Es erscheint realistisch, in naher Zukunft diese oder ähnliche gedruckte Elektronikbauteile in faserbasierten Verpackungen zu integrieren. PAPERONICS zeigte den Unternehmen der Verpackungsindustrie mögliche Wege hierzu auf. Jedoch auch Hersteller der Drucksubstrate und Tinten können die Forschungsergebnisse zur Weiterentwicklung ihrer Produkte nutzen.
Die Zusammenfassung des Schlussberichts und den ausführlichen Projektbericht können Sie in unserer Projektdatenbank downloaden:
https://www.ivlv.org/project/paperonics/

BiPaRe – Biobasierte Papierbeschichtungen

IGF 21805 BG

Das zweite Forschungsprojekt, das IGF-Vorhaben BiPaRe, betrachtet vielmehr die inneren Eigenschaften der Verpackung, darunter Barriereeigenschaften, die bei der Verpackung von Lebensmitteln eine wesentliche Rolle spielen. Können diese durch biobasierte Papierbeschichtungen erreicht werden, sind sie vor dem Hintergrund der kürzlich in Kraft getretenen Einwegkunststoffrichtlinie (EU 2019/904) und den damit verbundenen Beschränkungen für Materialien, die aus „Plastik" hergestellt werden, eine optimale Alternative mit hoher Akzeptanz beim Verbraucher. Inwiefern sich die Beschichtungen auf das Rezyklierbarkeitsverhalten der entsprechenden Produkte auswirken, wird im Projekt „BiPaRe: Strategisches Entwicklungstool für ein zielgerichtetes Produktdesign von rezyklierbaren, biobasierten Papierbeschichtungen" genauer untersucht. Das Projekt wird gefördert im Rahmen der Industriellen Gemeinschaftsforschung und startete am 01. Juni 2021. Die Arbeiten werden in enger Kooperation der Papiertechnischen Stiftung (PTS) in Heidenau mit dem Fraunhofer IVV in Freising durchgeführt.
Zunächst liegt der Fokus darauf, geeignete Basispapiere und Beschichtungen zu definieren, um anschließend den Einfluss der Beschichtung auf die Rezyklierbarkeit des Produktes zu analysieren. Neben der Untersuchung der typischen Parameter wie Rejektmengen, optische Homogenität und Klebrigkeit des Gutstoffs, soll auch gezielt die wässrige Phase auf redispergierte, gelöste und kolloidal vorliegende Substanzen analysiert werden. Ziel der Arbeit ist die Erstellung eines Entwicklungstools für Verpackungen im Lebensmittelbereich, die biobasierte Beschichtungen nutzen und rezyklierbar sind. Somit leistet das Projekt einen Beitrag zum design for recycling. Entsprechend groß ist auch das Interesse von Seiten der Industrie: Der projektbegleitende Ausschuss setzt sich aus insgesamt 25 Mitgliedern zusammen, welche die Wertschöpfungskette von Papier- und Beschichtungsherstellung, Verpackungsdesign, Inverkehrbringung und Altpapier-einsetzende Industrie abdecken.
Das Projekt finden Sie auch in unserer Projektdatenbank:
https://www.ivlv.org/project/bipare/