



Zukünftige Risiken des Eintrags von RFID-Tags in den Siedlungsabfall

Der gegenwärtige Einsatz von RFID-Tags stellt die Siedlungsabfallentsorgung in Deutschland vor keine nennenswerten Probleme. Vor dem Hintergrund der rasant zunehmenden Verbreitung von RFID-Tags stellt sich jedoch die Frage nach möglichen zukünftigen Risiken und wie man ihnen vorsorglich begegnen kann. Diese Frage haben das Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (IZT) und die Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa) im Auftrag des Umweltbundesamtes untersucht.

Das Projekt

Erstmalig liegt jetzt eine systematische und quantitative Darstellung des Einflusses eines massenhaften Einsatzes von RFID-Tags auf die Siedlungsabfallentsorgung in Deutschland von 2007 bis 2022 unter enger Einbeziehung der relevanten Akteure vor [1]. Für einen massenhaften Einsatz kommen aus heutiger Sicht nur passive und ggf. auch semi-passive RFID-Tags in Betracht. Das Projekt fokussiert auf die Entsorgungspfade für Glas, Papier/Pappe/Karton (PPK), Leichtverpackungen (LVP) und Restmüll. Die Erkenntnisse sind durch über 40 Interviews mit Entwicklern, Herstellern und Anwendern von RFID-Tags und mit Vertretern der Entsorgungsbranche, durch Formulierung und Quantifizierung von Szenarien und durch Diskussion des Handlungsbedarfs mit Branchenvertretern auf einem Fachgespräch im Umweltbundesamt gewonnen worden.

Szenarien

Der zukünftige Einfluss von RFID-Tags auf die Siedlungsabfallentsorgung hängt hauptsächlich von der stofflichen Zusammensetzung, dem Marktvolumen und den Anwendungsmustern der RFID-Tags sowie der Ausgestaltung des Entsorgungssystems ab. Die stoffliche Zusammensetzung von heutigen passiven RFID-Tags wird gemäß ISO/IEC TR 24729-2:2008 [2] für mittlere Größen angesetzt, die von zukünftigen RFID-Tags mit Hilfe von Technologie-Roadmaps [3,4] und Interviews geschätzt. Das Antennenmaterial (Aluminium, Kupfer oder Silber) variiert in den Szenarien in Abhängigkeit ökonomischer, technischer und regulatorischer Einflussfaktoren. Die Referenzprojektion nimmt die Marktentwicklung und Anwendungsmuster passiver RFID-Tags aus dem Bridge-Projekt für Europa beim Wort [5] und bricht sie auf Deutschland herunter. Personalisierte RFID-Anwendungen sind nach IDTechEx [6] abgeschätzt. Es sind auch Szenarien mit einer moderateren und einer dynamischeren Marktentwicklung gebildet worden.

Tabelle 1: Eckpunkte der vier Szenarien

Faktoren	Referenz-Szenario	Szenario Technisch-ökonomischer Push	Szenario Staatliche Regulierung	Szenario Selbstregulierung
Technologie	Technologie-Roadmaps	raschere Durchbrüche	Entwicklung gebremster	Technologie-Roadmaps
Marktvolumen	Referenzprojektion	dynamischere Entwicklung	Moderatere Entwicklung	Referenzprojektion
Entsorgung	wie heute	wie heute	wie heute	punktueller Anpassung durch Stakeholder

Quelle: [1]

Das betrachtete Entsorgungssystem basiert auf Mengenflussangaben für Deutschland [7], [8]. Die Simulierung des Verbleibs der RFID-Bestandteile in den Entsorgungsprozessen greift auf ecoinvent V. 2.0 [9] und die Erkenntnisse aus den Interviews zurück.

Wir haben vier Zukunftsszenarien erstellt, um verschiedene Entwicklungen auszuloten und die Debatte mit Argumenten zu unterfüttern (Tabelle 1).

Für die Quantifizierung der Szenarien wurde ein Modell erstellt, das den Stofffluss der RFID-Tags und ihrer Inhaltstoffe über den gesamten Lebenszyklus, einschließlich der Siedlungsabfallentsorgung, simuliert.

Mögliche zukünftige Risiken im Recycling

Die möglichen Auswirkungen von RFID-Tags im Recycling sind vielfältig (Tabelle 2). Grundsätzlich ist in Recyclingprozessen und Rezyklaten jeder Fremdstoff unerwünscht. Der Fremdstoffgehalt hat erhebliche Auswirkungen auf die ökonomische Rentabilität des Recyclings. Insbesondere bei Glas ist durch Bruch und Verfärbungen eine drastische Qualitätsverschlechterung des Rezyklates möglich. Die Verklumpungen durch „Stickies“ beim PPK-Recycling sind eine alt bekannte Problematik, die nicht spezifisch für den Eintrag von RFID-Tags ist. Zum Eintrag größerer Mengen an Silber in die Abfallentsorgung liegen keine praktischen Erfahrungen vor.

Für die Verunreinigung von Rezyklaten gibt es teilweise Grenzwerte. Kann ausgeschlossen werden, dass sie durch den Eintrag von RFID-Tags zukünftig überschritten werden? Im Referenz-Szenario überschreiten die volkswirtschaftlichen Durchschnittswerte der Fremdstoffe weder im Jahr 2007 noch im Jahr 2012 die Grenzwerte. Berücksichtigt man die Vorbelastung mit Fremdstoffen, lokale Spitzen und Datenunsicherheiten so bergen nach unseren Berechnungen folgende stoffliche Einträge durch RFID-Tags zukünftige Risiken:

- Silizium im Glasrecycling,
- Fremdpolymere im Mono-Kunststoffrecycling,
- Metalle in Mono-Kunststoffrecycling,
- Aluminium im Glasrecycling,
- Kupfer im Aluminiumrecycling, in Ersatzbrennstoffen und in Sekundärbau-stoffen.

Tabelle 2: Mögliche Auswirkungen des Eintrags von RFID-Tags auf die Rezyklate

Stoff	Glas	PPK und Verbundkarton	Kunststoffe	Aluminium und Weißblech	Ersatzbrennstoffe und Sekundärbaustoffe
Silizium-Mikrochip	Bruch	Verunreinigung	Verunreinigung	Verunreinigung	keine
Kupfer-Antenne	Verfärbungen	Verunreinigung	Verunreinigung	Verunreinigung	Verunreinigung
Aluminium-Antenne	Bruch	Verunreinigung	Verunreinigung	gering/keine	Verunreinigung
Silber-Antenne	Verfärbungen	Verunreinigung	Verunreinigung	?	Verunreinigung
PET-Substrat	keine	keine	Verunreinigung, gering (PET)	keine	gering/keine
Acrylat-Klebstoff	keine	Verklumpungen („Stickies“)	Verunreinigung	keine	gering/keine
Sonstige	Verfärbungen (ggf. Lote)	Verunreinigung	Eintrag von Loten	Legierung (ggf. Nickel)	-

Quelle und Anmerkung: [1], Sonstige: Verbindungsmaterialien – Nickel, Epoxy-basiertes Material, Polyurethan, bonding Agent, Lote

Hier wurden nur die Stoffe und Verfahren betrachtet, für die auch Grenzwerte existieren. Dies ist z.B. aber bei Kupfer und Silber im Glasrecycling nicht der Fall. Schon im ppm-Bereich kommt es zu Verfärbungen durch Kupfer und Silber im Glas – Werte, die im Referenz-Szenario durchaus erreicht werden können.

Im Szenario Technisch-ökonomischer Push führen diese Entwicklungen deutlicher und früher zu Problemen im Recycling als im Referenz-Szenario. Maßgeblich sind die hohen Stückzahlen an RFID-Tags. Durch innovative Stoffe für Funktionsmaterialien wie z.B. Spezialpolymere können neue stoffliche Fragestellungen auftauchen.

Im Szenario Staatliche Regulierung ist die technologische Entwicklung gehemmt, so dass geringere Stückzahlen an RFID-Tags in Umlauf kommen. Die potentiellen Risiken treten später als im Referenz-Szenario oder gar nicht auf. Allerdings werden auch die Potentiale der RFID-Technologie nicht voll ausgenutzt.

Im Szenario Selbstregulierung sind Maßnahmen zur vorbeugenden Entschärfung des Problemdrucks umgesetzt (Getrennsammlung von Smart Tickets, Ausschleusung der RFID-Tags aus dem Glasrecycling durch konstruktive Maßnahmen, Abtrennung der RFID-Tags in der LVP-Sortierung) und im Stoffstrommodell quantifiziert worden. Die Maßnahmen erwiesen sich in der Modellrechnung als effektiv.

Handlungsbedarf

Die Anwendung des Vorsorgeprinzips dient dazu, auch solche Risiken zu minimieren, die sich möglicherweise erst langfristig manifestieren und um Freiräume für mögliche zukünftige Entwicklungen zu erhalten [10]. Die durch ein hohes Aufkommen von RFID-Tags im Entsorgungssystem zu erwartenden Probleme sind mit hoher Sicherheit beherrschbar, wenn folgende vorsorgende Maßnahmen ergriffen werden:

Beobachten: Die dynamische Entwicklung der RFID-Technologie und der Märkte für RFID-Tags hat uns zu dem Schluss geführt, dass die Thematik RFID-Tags in der Abfallentsorgung nicht – auch nicht mit dieser Studie – abschließend bis zum Jahr 2022 behandelt werden kann. Die stofflichen Entwicklungen der RFID-Technologie und der RFID-Märkte müssen weiterhin beobachtet werden.

Untersuchen: Praktischer Erprobungsbedarf besteht insbesondere in der vertieften Analyse der Wechselwirkungen zwischen Detektionsverfahren, Aufbereitungs- und Verwertungsprozessen einerseits und der Beschaffenheit von RFID-Tags und ihrer Aufbringungsart andererseits. Nur durch Feldversuche in Zusammenarbeit mit den betroffenen Akteuren können die Auswirkungen des Eintrags von RFID-Tags in die Entsorgung zweifelsfrei geklärt werden. Prioritärer Forschungsbedarf besteht bei der Gestaltung der RFID-Tags selbst (insbesondere der Antennenmaterialien) und ihrer Separierbarkeit vom Objekt (insbesondere Klebstoffe, konstruktive Maßnahmen und Direktdruck).

Getrennt halten: Die Getrennthaltung der RFID-Tags vom restlichen Objekt- oder Stoffstrom kann an einigen Stellen mit geringem Aufwand erfolgen, in anderen Bereichen ist dies sehr aufwändig. Aus dem Projekt ergibt sich folgende Hierarchie:

1. Bei einigen quasi-offenen RFID-Tag Anwendungen mit klar lokalisierter Anfallstelle, wie z.B. Smart Cards, Smart Tickets im ÖPNV und RFID-Tags für die Fluggepäcklogistik, ist darauf hinzuwirken, dass separate Sammelsysteme geschaffen werden.
2. Konstruktive Lösungen wie die Integration des Tags in die Banderole oder in andere separierbare Teile von Verkaufsverpackungen sind zu bevorzugen, wenn separate Sammelsysteme für RFID-Tags nicht möglich sind.
3. Leicht lösliche Klebstoffe für Tags vereinfachen den Abtrennprozess und eignen sich für die Aufbringung auf Kunststoff-, Weißblech-, Aluminium- und Glasverpackungen.
4. Insbesondere bei Inmold von RFID-Tags in Kunststoffe ist die Separierung erheblich erschwert. Eine Materialzusammensetzung von RFID-Tags, die die spektroskopische Detektierbarkeit in der LVP-Sortierung begünstigt, könnte für die Ausscheidung von Tag-Bestandteilen aus den Flakes sortenreiner Kunststoffe von Vorteil sein.

Massenstromtauglich gestalten: Die Feinverteilung der RFID-Tags erschwert eine gezielte Adressierung der RFID-Tags in der Entsorgung. Die massenstromtaugliche Gestaltung der RFID-Tags ist ein weitreichender Ansatz zur Operationalisierung des Vorsorgeprinzips. Aus heutiger Sicht sollten folgende stoffliche Brennpunkte vordringlich entschärft werden:

- Aluminium auf Objekten aus Glas,
- Kupfer auf Objekten aus Aluminium und
- Substrat-Polymere, die sich von den Polymeren des etikettierten Kunststoff-Objekts in ihrer Dichte nur wenig unterscheiden (erschwerter Dichtesortierung).

Zu Silizium-Mikrochips als störendem Eintrag ins Glasrecycling gibt es derzeit keine praktische Alternative, da die Alternativen entweder unverhältnismäßig teuer sind (z.B. Galliumarsenid) oder sich noch im Entwicklungsstadium befinden (Polymer-Mikrochips).

Für die Behandlung möglicher zukünftiger Probleme durch den Eintrag von RFID-Tags in das Recycling ist mit dem Multi-Stakeholder-Ansatz in der ISO/IEC-Norm TR 24729-2:2008 ein Handlungsrahmen geschaffen worden. Grundsätzlich ist in der RFID- und in der Entsorgungsbranche Bereitschaft vorhanden, potenzielle Probleme durch RFID-Tags im Recycling in einem kooperativen Verfahren zu entschärfen, sofern gewisse Bedingungen wie klare Problemdefinition und vertretbarer Aufwand gegeben sind. Wir schätzen die Chancen zumindest für einen reduzierten Multi-Stakeholderansatz als gut ein – allerdings fehlt es derzeit an einem Prozesspromotor.

Referenzen

- [1] Erdmann, L.; Hilty, L.M. et al: Einfluss von RFID-Tags auf die Abfallentsorgung – Prognose möglicher Auswirkungen eines massenhaften Einsatzes von RFID-Tags im Konsumgüterbereich auf die Umwelt und die Abfallentsorgung. IZT (Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung) und Empa (Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt). I.A. des Umweltbundesamtes. UBA-Texte Nr. 27/2009.
- [2] ISO/IEC TR 24729-2:2008: Information Technology – Radio frequency identification for item management – Implementation guidelines – Part 2: Recycling and RFID tags. Technical report.
- [3] European Technology Platform on Smart Systems Integration: Strategic Research Agenda. Version 1.3, November 30, 2007.
- [4] International Electronics Manufacturing Initiative: RFID Roadmap for Item-Level Tag. Draft. February 2008.
- [5] LogicaCMG und GS1: European Passive Smart Label Market Sizing 2007-2022. Bridge Project. 2007.
- [6] IDTechEX: RFID Market projections 2008-2018. Download unter www.idtechex.com am 5.3.2008.
- [7] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Statistiken zur Abfallwirtschaft. 2007.
- [8] Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung: Entwicklung des Verpackungsverbrauchs 1991 bis 2005, 2006 Vorausschätzung. September 2007.
- [9] Doka, G.: Life Cycle Inventories of Waste Treatment Services. ecoinvent report No. 13, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, Dezember 2007.
- [10] Hilty, L.M.; Behrendt, S. et al.: Das Vorsorgeprinzip in der Informationsgesellschaft – Auswirkungen des Pervasive Computing auf Gesundheit und Umwelt. Empa, IZT et al. TA Swiss

Lorenz Erdmann

IZT – Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung gGmbH, Berlin
E-Mail: info@izt.de