

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



## **Projekt:**

### **„Entwicklung einer Methodik zum Qualitätsnachweis für Transponder in RFID-Systemen“**

**AiF-Nr. 15933 N/1**

## **Einführung:**

*Investitionsentscheidungen für eine neue Technologie sind in der Regel mit hohen Erwartungen an deren Zuverlässigkeit, Rentabilität und die mit ihr erzielbaren Prozessoptimierungen verknüpft. In besonderer Weise gilt dieser Sachverhalt auch für die Implementierung von AutoID-Technologien in Unternehmen, speziell der RFID-Technik. Jedoch können diese hohen Anforderungen nicht immer erfüllt werden, da speziell Transponder als zentrale Komponente eines RFID-Systems häufig allein anhand ihres Preises ausgewählt werden und nicht an den für die konkrete Anwendung ausgerichteten Eigenschaften.*

## **Problemstellung:**

Die Installation und der Betrieb von RFID-Systemen unterliegen wie alle Investitionen harten betriebswirtschaftlichen Zwängen und dementsprechend werden hohe Anforderungen an die Funktionalität und Leistungsfähigkeit der RFID-Applikation gestellt. Folglich muss immer das für den jeweiligen Anwendungsfall in technischer und kostenmäßiger Hinsicht optimal geeignete RFID-System ausgewählt werden. Als ein zentraler Bestandteil eines RFID-Systems steht der Transponder dabei im Fokus der Komponentenauswahl. Hier sehen sich die Unternehmen als Anwender ohne Detailkenntnis häufig der Herausforderung gegenübergestellt, dass bisher keine allgemeingültigen Bewertungskriterien zur Auswahl eines geeigneten Transponders für den jeweiligen Anwendungsfall verfügbar sind. Somit sind insbesondere Anwender auf die Angaben der Transponderhersteller angewiesen und müssen dabei in der Regel auf Datenblätter zurückgreifen, die häufig eher Werbeprospekten ähneln als dass Sie mit harten Fakten den Anwender bei seiner Auswahl unterstützen.

In den Datenblättern der Hersteller werden zumeist nur sehr allgemein gehaltene Einsatzempfehlungen ausgesprochen, ohne dass auf spezielle Einsatzdetails der Transponder eingegangen wird. Auch können die Hersteller keine entsprechenden Qualitätsprüfungen unter Einsatzbedingungen nachweisen weshalb viele Transponder als Universaltransponder bezeichnet und verkauft werden. Es können beispielsweise Transponder erworben werden, welche die folgenden Leistungsmerkmale aufweisen:

- Einsetzbar in einem Temperaturbereich von -40 °C bis 120 °C
- Verwendbar auf Produkt-, Umverpackungs- und Palettenebene
- Mögliche Reichweite bis zu 7 m

Diese Werte mögen auf den ersten Blick für Anwender als Erstinformation durchaus aufschlussreich sein, sagen jedoch noch nichts über die tatsächliche Qualität des Transponders aus, wenn dieser unter definierten Bedingungen eingesetzt wird. Daher ist es notwendig, den Begriff der Transponderqualität genauer zu betrachten.

Die Qualität von Transpondern wurde in diesem Zusammenhang bisher mit dem Prinzip der Leistungsfähigkeit gleichgesetzt. Bei dieser werden in erster Linie die maximal erzielbare Lesereichweite, die Datenübertragungsgeschwindigkeit und die Speicherkapazität (*user memory*) sowie die Pulkfähigkeit als Hauptkriterien angesehen. Um hierbei die Qualität eines Transponders für eine konkrete Anwendung zu verifizieren, werden einzelne Merkmale der Leistungsfähigkeit geprüft. Hierbei hat sich in den vergangenen Jahren besonders die VDI-Richtlinie VDI/AIM 4472 Blatt 10 als praktikables Regelwerk zur Überprüfung der Leistungsfähigkeit von Transpondersystemen hervorgetan. Hingegen wird bzw. wurde das Kriterium der Widerstandsfähigkeit von RFID-Systemen im Rahmen logistischer Prozesse weder in Fachartikeln und Veröffentlichungen noch in Normen- und Richtlinienwerken ausreichend thematisiert. Dabei spielt gerade die Widerstandsfähigkeit der Transponder im Hinblick auf die Qualitätseigenschaften des Gesamtsystems eine entscheidende Rolle. Transponder sind im Zusammenspiel mit ihrem Trägerobjekt (Verpackung und/oder Produkt) im Rahmen von TUL-Prozessen vielfältigen mechanischen, klimatischen, biologischen und/oder chemischen Belastungen ausgesetzt. Der Einfluss dieser Belastungen auf die anderen Qualitätsmerkmale eines RFID-Systems ist offensichtlich.

### **Vorgehensweise:**

Vor diesem Hintergrund wurde das Projekt „Entwicklung einer Methode zum Qualitätsnachweis für Transponder in RFID-Systemen“ durchgeführt. Das IGF-Vorhaben (15933 N) der Forschungsvereinigung Deutscher Forschungsverbund Verpackungs-, Entsorgungs- und Umwelttechnik e. V. (DVEU) wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und-entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Die Zielstellung des Projektes war die Entwicklung eines Prüfverfahrens, welches die Integration der Widerstandsfähigkeit von Transpondern in den Qualitätsbegriff zum Ziel hatte.

Der Kern der Untersuchungen lag auf der Verknüpfung von Tests zur Leistungsfähigkeit von Transpondern mit Tests zu deren Widerstandsfähigkeit bzw. Robustheit. Da möglichst allgemeingültige Aussagen über die Widerstandsfähigkeit von Transpondern erarbeitet werden sollten, wurden in einem ersten Schritt die z. Zt. für logistische Anwendungen relevanten Transponderarten bestimmt. Da seit einigen Jahren insbesondere UHF-Transponder (866-868 MHz) in diesen Anwendungsbereichen eingesetzt werden, wurden diese hauptsächlich untersucht. Die Versuche konzentrierten sich speziell auf die Überprüfung von Transponderlabeln, da diese im Gegensatz zu Hardtags oder Coins keinen bauartbedingten Schutz gegenüber äußeren Einflüssen aufweisen. Die Transponderlabel werden üblicherweise auf Kartonagen oder Mehrwegtransportbehälter aus Kunststoff appliziert, und unterliegen zusammen mit diesen definierten Belastungen durch TUL-Prozesse. Insgesamt wurden sechs UHF-Transponderetiketten namhafter Hersteller als repräsentative Prüflinge ausgewählt. Die Testreihen wurden durch einen HF-Transponder (13,56 MHz) ergänzt.

Zunächst wurden die Transponder in umfassenden Versuchsreihen im LogIDLab® des IDH geprüft (Leistungstest I). Die Messungen umfassten u. a. die Ermittlung der maximalen Lesereichweite, die Lesegeschwindigkeit (vgl. Abbildung 1), die Abhängigkeit der Lesereichweite von der Lage des Transponders gegenüber der Antenne sowie die Lesereichweite bei der Applikation des Transponders auf verschiedene „Untergründe“ in einem reflexions- und störungsfreien Testraum („Absorberkammer“). Die Ergebnisse dieser Leistungsbeurteilung dienen als Referenzwerte, mit denen die Messwerte der Transponder nach Durchführung der Belastungstests verglichen werden konnten.

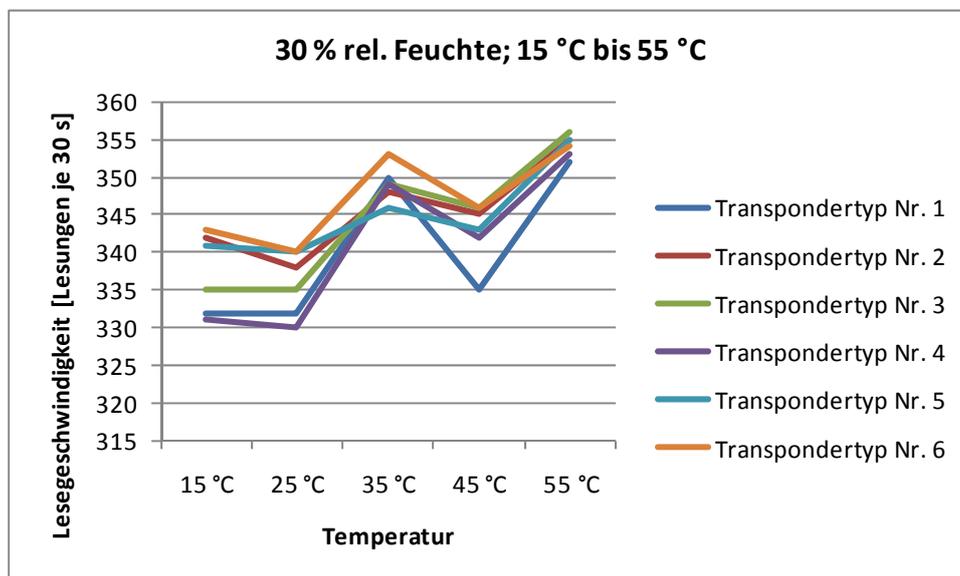


Abbildung 1: Entwicklung der Lesegeschwindigkeit verschiedener Transponder

Ein wichtiges Ergebnis dieser ersten Messungen war die Erkenntnis, dass die ermittelten maximalen Reichweiten einzelner Transpondertypen auch ohne vorherige Einwirkung einer mechanischen oder klimatischen Belastung zum Teil stark variierten, was auf herstellungsbedingte Qualitätsschwankungen hindeutete.

Nachfolgend wurden die Transponder unter Laborbedingungen im Rahmen von Verpackungs- und Ladeeinheitenprüfungen definierten Belastungen ausgesetzt, die normalerweise dazu dienen, die Eignung von Verpackungen und Ladeeinheiten für TUL-Belastungen wie bspw. durch LKW-Transporte oder das manuelle Umschlagen von Ladegütern nachzuweisen. Es erfolgten in diesem Zusammenhang u. a. Versuche zur Simulation von Schwingungen (gemäß ASTM D 4728), vertikalen Stößen (gemäß DIN EN ISO 22248) sowie Laborprüfungen zur Simulation von Belastungen durch Stapelstauchdruck (gemäß DIN EN ISO 12048) durchgeführt. Ergänzend hierzu wurden die Transponder definierten thermischen Belastungen, bspw. durch Variation von Temperatur und relativer Feuchte (in der Klimakammer des LogIDLab®), sowie weiteren Einflüssen (z. B. durch Industriestaub und chemische Prüfmedien) ausgesetzt. Nach Abschluss dieser Versuche wurden die Transponder – analog zum Leistungstest I – Prüfungen (Leistungstest II) unterzogen, um einen Vergleich mit den Ausgangswerten vorzunehmen.

Besonders interessant war die Tatsache, dass Schwingungen, wie sie z. B. auf der Ladefläche eines LKW beim Transport auftreten können oder im Rahmen des Transportes auf einem Rollenförderer auf die Transponder einwirken, bei diesen in aller Regel nur zu unwesentlichen Leistungseinbußen (speziell bei der Lesereichweite) führten. Hingegen waren die getesteten Transponderlabel äußerst empfindlich gegenüber kurzfristig einwirkenden Stößen, wie sie u. a. beim Fallen eines Paketes von der Ladefläche eines LKW oder beim Umkippen eines größeren Packstückes auftreten, da bei den zuletzt genannten Belastungen auf die Transponder kurzfristig Beschleunigungen von mehr als dem 100-fachen der Erdbeschleunigung (100 g) einwirken können. Abgesehen von der Tatsache, dass einige Transponder nach den Stoßprüfungen gänzlich funktionsunfähig waren, hatten die noch lesbaren Transponder eine Verringerung der Reichweite von 3,59 % bis zu 26,32 % zu verzeichnen

Als weitere, die Leistungsfähigkeit von passiven UHF-Transpondern in besonderem Maß beeinflussende Belastungen hat sich neben der vertikalen Stoßprüfung („freier Fall“) das Einwirken unterschiedlicher Klimate, speziell von Klimaschocks, herausgestellt.

### **Projektergebnisse:**

Aufbauend auf den zuvor genannten Ergebnissen wurde eine Prüfmethodik entwickelt, die sich – analog zur Vorgehensweise im Projekt – in 3 logische Abschnitte gliedert (vgl. Abbildung 2). Zu Beginn erfolgen Leistungstests der Transponder (Leistungstest I). Bestimmt werden hierbei die maximale Lesereichweite der Transponder sowie ggf. die maximale Lesegeschwindigkeit unter Normklima. Die Ergebnisse dieser Prüfungen dienen als Referenzwerte zur Bestimmung der Abweichungen nach Einwirkung der Belastung.

Im nächsten Schritt werden die Transponder den oben beschriebenen Belastungstests unterzogen. Der Anwender muss dabei entscheiden, welche der Belastungen auf den Transponder in der späteren Anwendung einwirken können und den entsprechenden Belastungstest auswählen. Ist ein Transponder sowohl vertikalen Stößen bzw. Schocks, als auch starken klimatischen Veränderungen sowie chemischen Belastungen ausgesetzt, ist es ratsam, den Transponder allen vorgeschlagenen Widerstandsprüfungen zu unterziehen. Nach

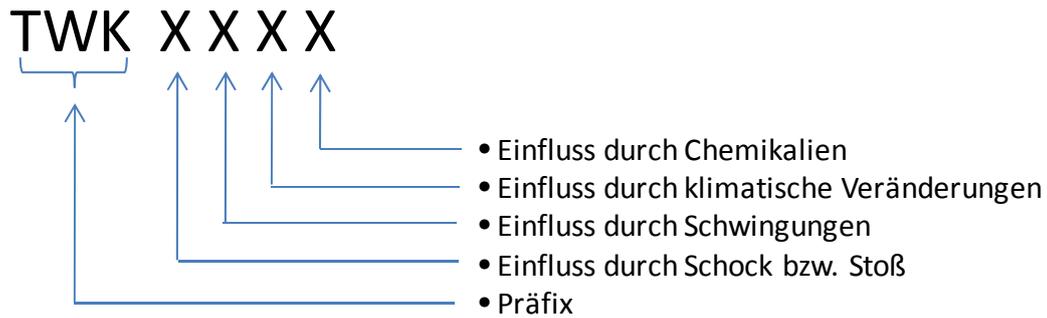
dieser Prüfung erfolgen zum Abschluss wiederum Messungen zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit (Leistungstest II).

<b>Prüfmethodik zum Qualitätsnachweis von Transpondern</b>			
	<b>Prüfkriterium</b>	<b>Prüfnorm</b>	<b>Kriterium</b>
<b>Leistungstest I</b>	<b>Transponderreichweite</b>	VDI/AIM 4472 Blatt 10	maximale Lesereichweite in optimaler Umgebung
	<i>alternativ:</i>	VDI/AIM 4472 Blatt 10	maximale Lesereichweite in moderater Umgebung
	<b>Leseengeschwindigkeit</b>	-/-	Anzahl der Lesungen je Zeiteinheit in optimaler Umgebung
	<i>alternativ:</i>	-/-	Anzahl der Lesungen je Zeiteinheit in moderater Umgebung
<b>Belastungstests</b>	<b>Vertikale Stoß- bzw. Schockfestigkeit (freier Fall)</b>	DIN EN 22248	ggf. Schaden am Transponder (sichtbar/nicht sichtbar)
	<b>Schwingungsfestigkeit</b>	ASTM D 4169 ASTM D 4728	ggf. Schaden am Transponder (sichtbar/nicht sichtbar)
	<b>Klima- bzw. Temperaturstabilität</b>	VDI/AIM 4472 Blatt 10 und DIN EN ISO 2233	maximale Lesereichweite unter verschiedenen klimatischen Bedingungen
	<b>Chemische Beständigkeit</b>	-/-	ggf. Schaden am Transponder (sichtbar/ nicht sichtbar)
<b>Leistungstest II</b>	<b>Transponderreichweite</b>	VDI/AIM 4472 Blatt 10	maximale Lesereichweite in optimaler Umgebung
	<i>alternativ:</i>	VDI/AIM 4472 Blatt 10	maximale Lesereichweite in moderater Umgebung
	<b>Leseengeschwindigkeit</b>	-/-	Anzahl der Lesungen je Zeiteinheit in optimaler Umgebung
	<i>alternativ:</i>	-/-	Anzahl der Lesungen je Zeiteinheit in moderater Umgebung

**Abbildung 2: Aufbau der Prüfmethodik zur Bestimmung der Widerstandsfähigkeit von Transpondern**

Die Auswertung der Versuchsergebnisse erfolgt durch den Vergleich der Messungen vor und nach Aufbringung der Belastung. Liegen die prozentualen Abweichungen unter 5 % des jeweiligen Ausgangswertes, so ist davon auszugehen, dass die entsprechende Belastung den Transpondern unter normalen Bedingungen keinen Schaden zufügen und die Leistungsfähigkeit beibehalten wird. Gemäß den Ergebnissen des Leistungstests I sind bei einigen Transpondertypen schon nennenswerte Abweichungen vor den Leistungstests zu verzeichnen. Daher finden alle Ergebnisse mit einer Abweichung geringer als 5 % keine Berücksichtigung. Liegen jedoch die Abweichungen über 5 %, so ist von einer erheblichen Schwächung der Leistungswerte in realen Anwendungen auszugehen.

Zur Beurteilung der Qualität der Transponder wurde letztendlich ein Konzept für eine Klassifizierungssystematik entwickelt, die es ermöglicht, anhand der Veränderung der Leistungsfähigkeit Transponder in eine entsprechende Belastungs- bzw. Widerstandsklasse einzuteilen. Das Konzept ähnelt der Klassifizierung von Elektrobauteilen nach IP-Schutzarten und besteht aus einem vierstelligen Code mit einem festen Präfix: TWK XXXX (TransponderWiderstandsKlasse XXXX).



**Abbildung 3: Systematik der Transponderklassifizierung**

Der Buchstabe X muss hierbei je nach Grad der Leistungseinbuße durch den Buchstaben A – keine Leistungseinbußen – bis zu D – sehr hohe Leistungseinbußen bzw. Totalausfall – ersetzt werden (vgl. Abbildung 3). In der ersten Spalte wird die Widerstandsfähigkeit gegenüber Stoß- bzw. Schocktests dargestellt und in der zweiten Spalte der Einfluss von Schwingungen auf die Leistungsfähigkeit der Transponder. Die dritte Spalte zeigt die Reaktion der Transponder auf starke Klimaveränderungen und in der vierten Spalte die Empfindlichkeit gegenüber chemischen Einflüssen.

**Fazit:**

Letztendlich steht mit der entwickelten Prüfmethodik sowie der sich daraus ableitenden Transponderklassifizierung insbesondere Anwendern ein praktikables Hilfsmittel zur Verfügung, mit welchem die Leistungsfähigkeit von Transpondern bzw. deren Verhalten unter verschiedenen Belastungen ermittelt und diese demgemäß in verschiedene Widerstandsklassen eingeteilt werden können.

**Quellen:**

VDI/AIM 4472 Blatt 10:2008-05 – Anforderungen an Transpondersysteme zum Einsatz in der Supply Chain – Testverfahren zur Überprüfung der Leistungsfähigkeit von Transpondersystemen (RFID), Beuth Verlag, Berlin 2008.

Jansen, R.; Hustadt, J.: Nachweis zur technischen Umsetzung von RFID-Systemen. In: Material + Management, Special Handelslogistik 2007, S. 18-21

ASTM D 4728 – 01 reapproved - Standard Test Method for Random Vibration Testing of Shipping Containers; ASTM International 2001

DIN EN ISO 22248 – Verpackung; Versandfertige Packstücke; Vertikale Stoßprüfung (freier Fall) (ISO 2248:1985); Deutsche Fassung EN 22248:1992, Beuth Verlag GmbH, Berlin 1993

DIN EN ISO 12048 – Verpackung - Versandfertige Packstücke - Kompressions- und Stapelprüfung unter Verwendung einer Kompressionsprüfmaschine (ISO 12048:1994); Deutsche Fassung EN ISO 12048:2000

**Kontakt:**

Institut für Distributions- und Handelslogistik des VVL e. V.  
Giselherstr. 34  
44319 Dortmund  
[www.vvl-ev.de](http://www.vvl-ev.de)  
[info@idh.vvl-ev.de](mailto:info@idh.vvl-ev.de)