

Elektronische Artikelsicherungssysteme im Einzelhandel – Bewertung der Exposition für Beschäftigte und Kunden

In vielen umfangreichen Messungen wurden die hohen Magnetfelder an elektronischen Artikelsicherungssystemen überprüft (BGHW 2019, Alteköster et al. 2020). Immer wieder wurden deutliche Überschreitungen der Auslöseschwellen festgestellt. Nun wurde an 2 aktuellen Deaktivatoren (AM-Verfahren) die Einhaltung der Expositionsgrenzwerte der EMFV per Simulationsverfahren überprüft.

Die festgestellten Überschreitungen stellen die Gewährleistung des sicheren Betriebs infrage und zeigen einen sehr deutlichen Handlungsbedarf auf. Die Ergebnisse der Messungen und Simulationen bestätigen die Ergebnisse von aktuellen Beiträgen von Stam [2021], Zradinski et al. [2021, 2018] und Puranen [2023] sowie eines Berichts des Bundesamts für Strahlenschutz [2012].

Der folgende Beitrag zeigt, wie Maßnahmen nach dem Stand der Technik durchzuführen sind, um Gefährdungen von Beschäftigten auszuschließen oder so weit wie möglich zu verringern.

Anwendung der elektronischen Artikelsicherungssysteme

Im Einzelhandel werden einerseits elektronische Artikelsicherungssysteme (EAS-Systeme) eingesetzt, z. B., um Ladendiebstahl zu verhindern, oder andererseits Hochfrequenz-Identifikationssysteme (RFID), um die Lagerwirtschaft zu unterstützen. An den Artikeln ist ein elektronisch erkennbares Sicherungsmittel (Tag, Label) angebracht, das durch die elektromagnetischen

Felder (EMF) eines Antennensystems detektiert werden kann. Dabei wird ein Alarm ausgelöst, wenn ein aktives Sicherungsmittel in den Erfassungsbereich der Antennen kommt. Der Alarm bleibt aus, wenn das Sicherungsmittel beim Kauf ordnungs-

gemäß deaktiviert oder entfernt wurde.

Im Folgenden wird ein Überblick über die Komponenten und den verwendeten Frequenzbereich der verschiedenen EAS-Systemkomponenten gegeben.

Komponenten eines EAS-Systems

Im Allgemeinen besteht ein EAS-System aus (siehe Abbildung 1):

- einem Sicherungsmittel, welches an der Ware (Hartetikett) befestigt oder auf der Ware angebracht werden kann (Klebeetikett),
- der Sicherungsschleuse (Antennensystem) zur Detektion des Sicherungsmittels im Ein- und Ausgangsbereich des Geschäfts, welche sich auch in Zugangsbereichen von Umkleidekabinen oder Toiletten sowie im Einpackbereich an den Kassen befinden kann, und

- einem Deaktivator zum Entwerten des Sicherungsmittels und/oder einem Magnetlöser für das Lösen der Hartetiketten im Kassenbereich.

Detektionsfrequenzen der Antennensysteme

Bei der technologischen Umsetzung haben sich im Einzelhandel 3 Systeme durchgesetzt, die sich nach dem verwendeten Frequenzbereich und dem physikalischen Prinzip der Wechselwirkung zwischen Sicherungsmittel und dem zur drahtlosen Erkennung verwendeten EMF unterscheiden.

Im Einzelnen sind das

- Radiofrequenz- (RF),
- akustomagnetische (AM) und
- elektromagnetische (EM) Systeme.

Derzeit sind im Einzelhandel RF- und AM-Systeme am weitesten verbreitet. Zur Detektion des Sicherungsmittels senden die Antennen wiederkehrende EMF-Impulse aus. Je nach System werden in der Praxis im Allgemeinen die nachfolgend genannten Frequenzen genutzt:

- RF-Systeme: Detektion und Deaktivierung bei 8,2 MHz
- AM-Systeme: Detektion bei 58 kHz, Deaktivierung bei 500 Hz–2 kHz
- EM-Systeme: Detektion und Deaktivierung bei 230 Hz

Während für die Detektion des Sicherungsmittels im Kassenbereich die gleichen Frequenzen wie an den Sicherungsschleusen am Ein- und Ausgang verwendet werden, können für die Deaktivierung auch andere Frequenzen zum Einsatz kommen.

Im Gegensatz zum Detektionsvorgang werden bei der Deaktivierung deutlich stärkere magnetische Feldstärken eingesetzt. Damit diese während des Deaktivierungsvorgangs zu keinen tatsächlichen Gefährdungen führen, ist eine fachkundige Beurteilung aus Arbeits- und Immissionschutzsicht notwendig.

Erfassungsbereich der Antennen

Stärkere Feldstärken bei Deaktivierung



Abb. 1: Auswahl von Komponenten elektronischer Artikelsicherungssysteme: (von oben nach unten) 2 unterschiedliche Sicherungsmittel, Sicherungsschleusen, Deaktivator und Magnetlöser verbaut im Kassentisch, Deaktivator-Pad und -Loopantenne

Deaktivierungsvorgang

Die Sicherungsmittel werden beim Bezahlvorgang durch den Deaktivator automatisch erkannt und deaktiviert. Hierzu muss sich die Ware im Erfassungsbereich des Deaktivators befinden, welcher oftmals nicht sichtbar zusammen mit dem Produktskanner im Kassentisch integriert oder unterhalb des Kassentisches montiert ist.

Wie ein Sicherungsmittel deaktiviert wird, unterscheidet sich hinsichtlich des EAS-Systems.

RF-Systeme

Die Deaktivierung der passiven RFID-Tags bei RF-Systemen erfolgt mittels Energieeintrag in der Resonanzfrequenz des im Tag befindlichen LC-Schwingkreises. Dies führt zu einer irreversiblen Zerstörung des Kondensators im LC-Schwingkreis, wodurch das Tag von den Antennensystemen der Sicherungsschleusen keine Energie mehr aufnehmen und somit nicht mehr detektiert werden kann.

AM-Systeme

Bei AM-Systemen wird in den Etiketten ein Schwingkreis aus weich und hartmagnetischen Metallstreifen verwendet. Der magnetisierte Hartmetallstreifen des aktivierten Etiketts wird bei der Deaktivierung durch ein abklingendes Sinussignal entmagnetisiert. Der Schwingkreis wird dadurch verstimmt, sodass das Etikett eine andere Eigenfrequenz aufweist als die Antennensysteme der Sicherungsschleuse. Dieser Vorgang ist reversibel.

EM-Systeme

Die Sicherungsmittel bei EM-Systemen bestehen ebenfalls aus weich- und hartmagnetischen Komponenten. Beim Deaktivieren wird die hartmagnetische Komponente jedoch magnetisiert, wodurch die Magnetisierung der weichmagnetischen Komponente durch das Antennensystem der Sicherungsschleuse verstärkt wird.

**Irreversible
Zerstörung des
Kondensators**

rungsschleusen nicht mehr verändert und damit nicht mehr detektiert werden kann. Dieser Vorgang ist ebenfalls reversibel.

Hartetiketten

Im Gegensatz zur Deaktivierung bei den oben genannten Systemen im Rahmen des Bezahlvorgangs werden Hartetiketten in der Regel manuell von der Ware entfernt. Dafür werden Magnetlöser im Kassensbereich verwendet. Hierbei entriegelt ein starker Dauermagnet einen Verschlussmechanismus im Inneren des Hartetiketts, sodass dieses von der Verkaufsware (z. B. Kleidung, Spirituosen) entfernt werden kann.

Hartetiketten manuell von der Ware entfernt

Beurteilung der Exposition während des Deaktivierungsvorgangs

Die Beurteilung besteht aus den Schritten Ermittlung und Bewertung der Exposition. Die Struktur des folgenden Textteils orientiert sich am Vorgehen einer Gefährdungsbeurteilung und folgt dabei den Handlungsmöglichkeiten nach EMFV.

Bewertungsgrundlage

Beim Einsatz von EAS-Systemen im Einzelhandel sind Sicherungsschleusen oftmals so aufgebaut, dass eine unmittelbare Annäherung oder sogar ein Anlehnen an diese Geräte problemlos möglich ist (Abbildung 2), was zu einer Ganzkörper-Exposition führt. Auch bei den im Kassensbereich meist unsichtbar verbauten Deaktivatoren ist eine

unmittelbare Annäherung problemlos möglich. Insbesondere die Beschäftigten, die an der Kasse arbeiten, sind den überwiegenden Teil ihrer Arbeitszeit einer Teilkörper-Exposition des Rumpfes und der Oberschenkel durch den Deaktivator ausgesetzt. Ein besonderes Augenmerk gilt der Teilkörper-Exposition der Hände, mit denen in unmittelbarer Nähe (meist wenige Zentimeter) zur feldemittierenden Deaktivatorspule gearbeitet wird.

Im Rahmen eines gemeinsamen Projektes der Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik (BGHW) und des Instituts für Arbeitsschutz (IFA) wurden seit dem Jahr 2018 in verschiedenen Unternehmen des Einzelhandels die magnetischen Feldstärken an unterschiedlichen EAS-Systemen untersucht.

Es wurden Deaktivatoren, Magnetlöser sowie Antennensysteme von Sicherungsschleusen betrachtet.

Die Messungen wurden unter Berücksichtigung realistischer Expositionsbedingungen für die Beschäftigten und Kunden durchgeführt. Auch ein mögliches unmittelbares Berühren der EAS-Systemkomponenten wurde betrachtet. Die Beurteilung der ermittelten Expositionen für die einzelnen Personengruppen erfolgte auf Basis der zulässigen Werte, die den in Tabelle 1 genannten Dokumenten entnommen werden können. Diese Dokumente stellen, soweit sie nicht wie die VEMF und die EMFV rechtlich bindend sind, die unter Fachleuten zurzeit breit akzeptierte Bewertungsgrundlage für die genannten Fälle dar.

Ein besonderes Augenmerk wurde auf werdende Mütter und Träger aktiver oder passiver Implantate gelegt.

Herangezogen wurden zunächst nur diejenigen zulässigen Werte, deren Einhaltung direkt mittels einer Messung der elektromagnetischen Felder am Arbeitsplatz überprüft werden konnte.

Feldstärken untersucht



Abb. 2: Nicht vorübergehender Aufenthalt einer Person in unmittelbarer Nähe zur Sicherungsschleuse

	Allgemeinbevölkerung (inkl. Schwangeren)	Beschäftigte	Implantatträger
Österreich	EU-Ratsempfehlung zu EMF	VEMF	Stand der Technik, aktuell z. B. FB 451
Schweiz	Bundesgesetz über den Schutz vor Gefährdungen durch nichtionisierende Strahlung und Schall (NISSG)	Arbeitsgesetz (ArG) Art 1 und 3 Mutterschaftsverordnung SR 822.111.52	
Deutschland	EU-Ratsempfehlung zu EMF	EMFV	TREMF

Tab. 1: Bewertungsgrundlagen für unterschiedliche exponierte Personengruppen

Ergebnisse der Messungen während des Deaktivierungsvorgangs

Die Bewertung ergab, dass insbesondere die magnetischen Feldstärken von EM- und AM-Systemen aufgrund deutlicher Überschreitungen von zulässigen Werten als sehr problematisch anzusehen sind (Alteköster et al. 2020).

EM-Systeme werden allerdings nur selten eingesetzt.

AM-Systeme sind hingegen sehr weitverbreitet, weshalb sie für die weiteren Betrachtungen in den Fokus gestellt wurden.

Es konnte zudem festgestellt werden, dass das Bewusstsein über das mögliche Gefährdungspotenzial von EAS-Systemen bei den Betreibern gar nicht oder kaum vorhanden ist. Daher wurde, um die Betriebe bei der Gefährdungsbeurteilung zu unterstützen, eine Bewertungshilfe in Form einer Checkliste erarbeitet und zur Verfügung gestellt (BGHW 2022).

Maßnahmen aufgrund der Messergebnisse

Zur Reduzierung der magnetischen Feldstärke können Maßnahmen wie beispielsweise Leistungsreduzierungen ergriffen werden. Da die magnetische Feldstärke mit dem Abstand von ihrer Quelle schnell abnimmt, ist auch die Einhaltung von Sicherheitsabständen oftmals zielführend, wenn diese nur wenige Zentimeter betragen. Sind,

wie im Falle der Deaktivatoren von AM-Systemen, die erforderlichen Sicherheitsabstände zu groß, können die gewohnten Arbeitsabläufe nicht eingehalten werden. Ein sicheres Arbeiten ist nicht mehr möglich.

In einem solchen Fall bieten die Dokumente aus Tabelle 1 eine Alternative zur Außerbetriebnahme des Systems nämlich die Option der Überprüfung

der Expositionsgrenzwerte im menschlichen Körper.

Hierzu bedarf es der Ermittlung der internen elektrischen Gewebefeldstärken. Dies geschieht in der Praxis in der Regel durch numerische Berechnungen (Simulationen) unter Zuhilfenahme digitaler Menschmodelle.

Eine messtechnische Ermittlung der internen elektrischen Gewebefeldstärke ist am Arbeitsplatz nicht möglich.

In Erweiterung der durchgeführten Messungen und der festgestellten Problematik der zu hohen magnetischen Feldstärken an AM-Systemen und hier insbesondere an den Deaktivatoren wurden daher von der BGHW solche Simulationsberechnungen in Auftrag gegeben.

Ergebnisse der numerischen Berechnungen (Simulation) des Deaktivierungsvorgangs

Die numerischen Berechnungen wurden durch die österreichischen Seibersdorf Laboratories durchgeführt.

Die Berechnungen umfassten ausgewählte Handpositionen und -entfernungen zu 2 AM-Deaktivatoren: ein Pad und eine Loopantenne (siehe Abbildung 1). An dieser Stelle wird nur ein Auszug vorgestellt, da der Bericht zum Zeitpunkt der Drucklegung dieses Beitrags noch nicht veröffentlicht ist.

Das gute Ergebnis vorweg: Statistisch gesehen gibt es keine unzulässige Ganzkörper-Exposition (siehe Abbildung 3 auf der nächsten Seite), weder durch das Pad noch durch die Loopantenne. Allerdings ...

... wurde wiederum bestätigt, dass aufgrund der geringen Nähe zum Deaktivator der Teilkörper-Exposition der Hände ein besonderes Augenmerk gelten muss.

Die Simulationsergebnisse für die Loopantenne zeigen eine deutliche Überschreitung der zulässigen körperinternen Expositionsgrenzwerte, siehe Abbildung 4 auf der nächsten Seite.

Die Simulationsberechnungen und Darstellung der Ergebnisse erfolgten nach dem Stand der Technik. Dadurch wird der Einfluss von Berechnungsartefakten bei der Bewertung minimiert.

Maßnahmen aufgrund der Simulationsergebnisse

Der Nachweis zur Einhaltung der Expositionsgrenzwerte wurde nur für die Ganzkörperexposition erbracht, aber

Überschreitungen von zulässigen Werten

Zuhilfenahme digitaler Menschmodelle

Besonderes Augenmerk auf die Hände!

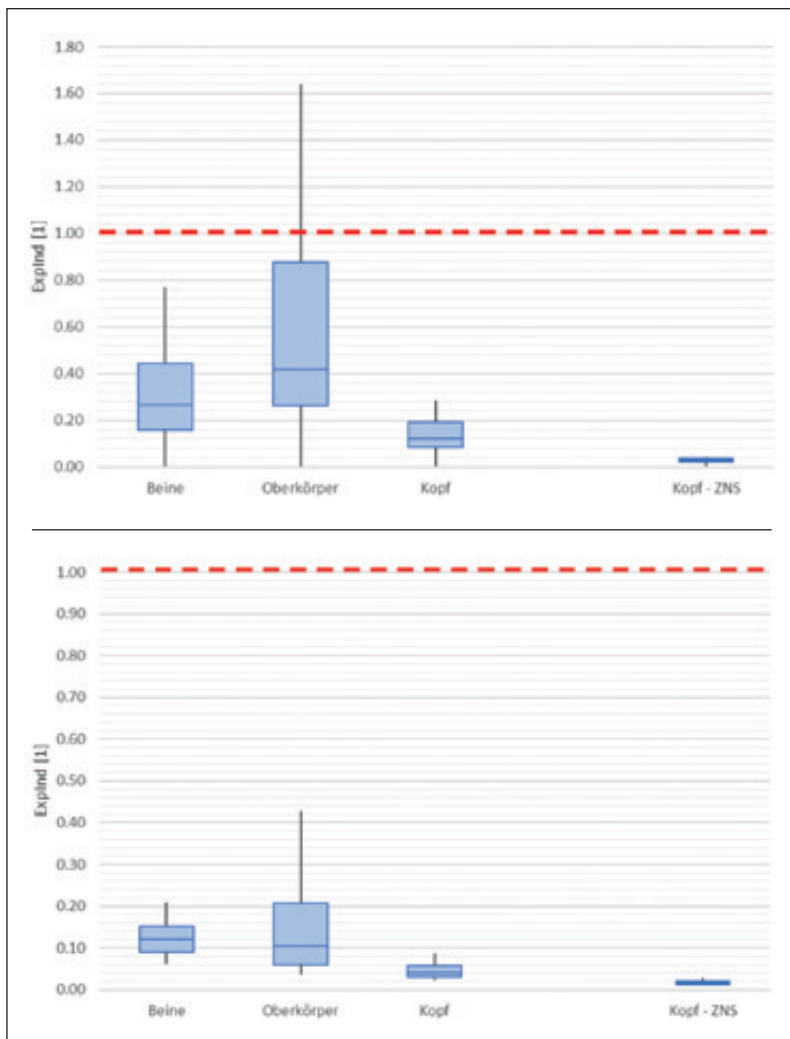


Abb. 3: Expositionen für Ganzkörperexposition durch Pad-Antenne (Deaktivierungsbewegung Längs- und Querrichtung) sowie Loopantenne (richtungsunabhängig)

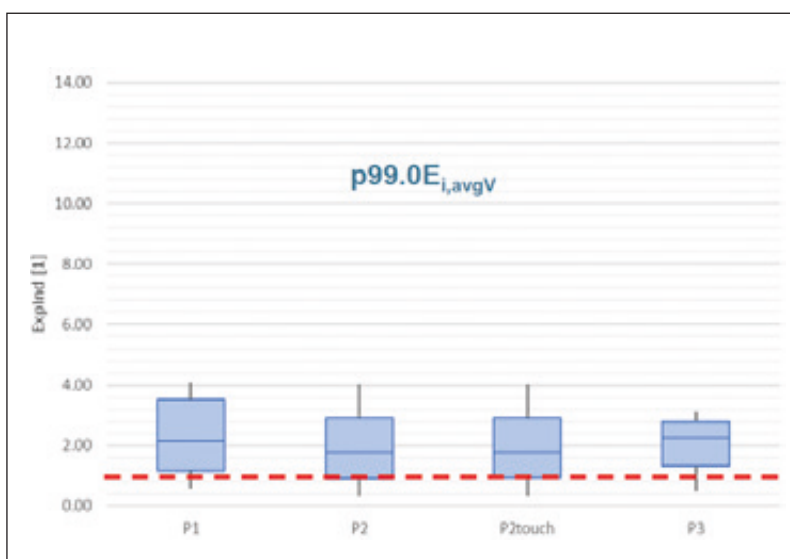


Abb. 4: Expositionen der lokalen Exposition der Hand für ausgewählte Handpositionen* in 25 mm Entfernung zur Loopantenne; *P1: Faustgriff offen; P2: Pinzettengriff offen; P2touch: Pinzettengriff geschlossen; P3: Schlüsselgriff

nur in wenigen Fällen für die Teilkörper-Exposition der Hände. Respektive müssen Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung der unzulässigen Exposition der Hände abgeleitet werden.

Nach dem STOP-Prinzip sind dies:

- Substitution mit einem anderen Verfahren
- Technisch: Leistungsreduktion
- Organisational: Sicherheitsabstand
- Persönlich: Unterweisung und Kennzeichnung

Eine **Leistungsreduktion** kann durch eine Verminderung der Stromstärke über den Controller des Deaktivators erreicht werden. Da die Stromstärke proportional zur magnetischen Flussdichte ist, führt dies zu einer Verminderung der Exposition und somit zu geringeren Werten der internen elektrischen Gewebefeldstärke. Jedoch kann die Leistung nur in einem kleinen Wertebereich gesenkt werden, ohne direkt die Funktionalität zu beeinträchtigen. Diese Maßnahme würde beim Deaktivator-Pad zur Einhaltung des Expositionsgrenzwertes (EGW) führen, nicht jedoch bei der Loopantenne.

Als weitere Maßnahme wäre ein **Sicherheitsabstand** denkbar, da die magnetische Flussdichte mit zunehmendem Abstand von der Feldquelle rasch abnimmt. Die Exposition ist also in größerem Abstand geringer. Die Maßnahme ist nur dann geeignet, wenn dadurch ein sicheres Arbeiten gewährleistet ist.

Bei dem Deaktivator-Pad ist bei der üblicherweise zu erwartenden Einbautiefe von ca. 2,5 cm im Kassentisch die Leistungsreduktion auf 80 % ausreichend, um Sicherheitsabstände zu garantieren, die zu einer Einhaltung der EGW führen und normales Arbeiten nicht einschränken.

Bei der Loopantenne hingegen führen nur eine Leistungsreduktion auf 15 %

Verminderung der Exposition



Abb. 5: Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung nach ASR A1.3 inkl. Zusatzzeichen für Magnetlöser und Deaktivator (links und Mitte), für Sendeantenne (rechts);

v. l. n. r.: P007 – Kein Zutritt für Personen mit Herzschrittmachern oder implantierten Defibrillatoren, W006 – Warnung vor magnetischem Feld, W005 – Warnung vor nichtionisierender Strahlung, Zusatzzeichen zur Angabe des Sicherheitsabstands

und die Einbautiefe von 5 cm im Kas-
sentisch zur Einhaltung der EGW. Die-
se Leistungseinstellung reicht nicht
zur Deaktivierung der Sicherheits-
etiketten aus.

Schutz vor indirekten Wirkungen auf Implantate

Weiterhin stellt sich die Frage nach dem Schutz vor indirekten Wirkun-
gen auf aktive kardiale und passive Implan-
tate. Hier liegen die Sicherheitsabstände bei
ca. 100 Zentimetern für aktive kardiale Im-
plantate und zwischen
30 und 50 Zentimetern
für passive. Damit können besonders
schutzbedürftige Beschäftigte nicht an

Arbeitsplätzen mit den untersuchten
Deaktivatoren arbeiten. Dies gilt auch
für schwangere Beschäftigte.

Expositionsbewertung der Allgemeinbevölkerung

Eine Expositionsbewertung der All-
gemeinbevölkerung, insbesondere von
schwangeren Kundinnen und Implan-
tatträger:innen, kommt zu vergleich-
baren Ergebnissen, da der Deaktiva-
tor das Magnetfeld meist gleichförmig
in alle Raumrichtungen emittiert. Da
kein sicheres Arbeiten möglich ist
und zudem die Kundinnen und Kun-
den einer Gefährdung ausgesetzt sein
können, ist die Außerbetriebnahme
dieser Deaktivatorentypen unumgäng-
lich.

Fazit

Über die tatsächlichen Gefährdungen
und die einzuhaltenden Maßnahmen
sind die Beschäftigten zu
unterweisen. Zudem ist
die entsprechende Kenn-
zeichnung (siehe Abbil-
dung 5) der EAS-Syste-
me unumgänglich und
unterstützt die Einhal-
tung der Maßnahmen
im täglichen Arbeitsablauf.

Corinna Becker, Ingo Bömmels,
Carsten Alteköster, Tom Hofmann,
Klaus Schiessl, Peter Jeschke □

**Außer-
betriebnahme
unumgänglich**

**Schutz-
bedürftige
Beschäftigte**