

---

Bearbeiter: Dr. Steffen Pache  
E-Mail: [steffen.pache@smul.sachsen.de](mailto:steffen.pache@smul.sachsen.de)  
Tel.: 034222 46-2209; Fax: 034222 46-2099  
Redaktionsschluss: 09.12.2011

## **Agro SAW Ident – ein alternatives System zur Tieridentifizierung**

St. Pache, S. Theis<sup>1</sup>, F. Hagemann<sup>2</sup>, Th. Ostertag<sup>3</sup>, P. Schneider<sup>4</sup>

In einem durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz geförderten Verbundprojekt mit sächsischen und bayrischen Industriepartnern aus der Nano-, Radar- und Informationstechnik wurden die Grundlagen für die Nutzung neuer Materialien und Techniken zur elektronischen Identifizierung von Tieren geschaffen und in der Praxis erprobt.

Den Kern bilden piezoelektrische Kristalle mit aufgedampften Metallstrukturen, die den internationalen Tiercode darstellen. Das physikalische Prinzip der Codeerkennung auf dem Kristall nutzt dabei akustische Oberflächenwellen (engl. Surface Acoustic Wave = SAW), die namensgebend für das Verfahren sind.

Die Vorteile der passiven SAW-Identifikation liegen in den höheren Lesereichweiten und der kurzen Identifikationsdauer bei hoher Erkennungssicherheit. Im praktischen Einsatz in vier Milchviehbetrieben bewährte sich die SAW-Identifikation hinsichtlich seiner Systemvorteile. Im folgenden Beitrag sind die erreichten Entwicklungsergebnisse erläutert.

### **1 Einleitung und Zielstellung**

Zur elektronischen Kennzeichnung von Nutztieren werden gegenwärtig überwiegend Radiofrequenz-Identifikationssysteme (RFID-Systeme) im Niederfrequenzbereich (LF) zwischen 124,2 und 137,4 kHz eingesetzt. LF-Transponder sind passive, induktiv gekoppelte Transponder mit integriertem Schaltkreis und Antennenspule. Das technische Konzept und die Codestruktur der LF-Transponder sind in den ISO Standards 11784 und 11785 definiert. Zur Überwachung des Viehverkehrs wurde in der Europäischen Union die elektronische Tieridentifikation (EID) bei Pferden, Schafen und Ziegen mit ISO-konformen Transpondern unterschiedlicher Applikationsform (Bolus, Injektat, Fessel- oder Ohrmarke) obligat eingeführt. Der Transponder beinhaltet dabei den gleichen tierindividuellen Code wie auf der visuellen Ohrmarke oder dem Equidenpass. Für Rinder ist die EID fakultativ.

---

<sup>1</sup> Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

<sup>2</sup> SAW Components Dresden GmbH

<sup>3</sup> RSSI GmbH Ulm

<sup>4</sup> Schneider Elektronik GmbH & Co. KG Großharthau

Bei der Identifizierung mithilfe eines LF-Lesegerätes sollten die Tiere vereinzelt und das Lesegerät tiernah platziert werden. Bei stationären Lesegeräten werden Lesereichweiten von ca. 1 m erreicht (KLINDWORTH 2007). Die Lesereichweiten von mobilen Handlesegeräten müssen nach der EG-VERORDNUNG 21/2004 im Bereich von 12 cm bis 40 cm liegen. Es gibt jedoch Situationen, in denen die Tiernähe der Ausleseelektronik oder die Vereinzelnung der Tiere nicht gewährleistet werden kann. Alternativ dazu wurde die Eignung der SAW-Technologie (Surface Acoustic Wave) im lizenzfreien Frequenzband von 2,4 GHz zur Identifizierung von Tieren untersucht und spezielle Systemkomponenten für die landwirtschaftliche Nutztierhaltung entwickelt.

Die SAW-Technologie unterscheidet sich in Aufbau und Funktionsprinzip grundsätzlich von LF-Systemen. Im Rahmen von Industrieanwendungen werden mit passiven SAW-Transpondern bestückte, sich schnell bewegende Objekte über eine Lesereichweite von bis zu 10 m sicher erkannt. Ebenso markant sind die geringe Sendeleistung von kleiner 100 mW und die Robustheit gegenüber elektromagnetischer Felder. SAW-Transponder sind manipulationssicher und können Zustandsinformationen der Objekte (Entfernung, Temperatur) im codierten Signal übertragen. Anwendung findet die SAW-Technologie in der Fahrzeugindustrie, in der Logistik und Prozessüberwachung sowie in der Funkkommunikation. Ziel des Projektes<sup>5</sup> war die Entwicklung eines SAW-basierten RFID-Systems zur elektronischen Tierkennzeichnung.

## 2 Die SAW-Technologie

### 2.1 Aufbau des SAW-Transponders

Der SAW-Transponder besteht aus einem Chip, in einem Primärgehäuse, einer Antenne – das Transponder-Inlay (Abb. 1) – sowie einem Sekundärgehäuse. Die Grundstruktur des Chips besteht aus einem piezoelektrischen Kristall. Im Herstellungsprozess werden darauf ein Interdigitalwandler sowie Reflektoren zur Hardwarecodierung aufgebracht. Über Bonddrähte werden die Verbindungen zwischen dem Chip und den Kontakten des Primärgehäuses hergestellt. Auf ein Trägermaterial wird die Transponder-Antenne aufgebracht, die mit dem Primärgehäuse verbunden ist. Als Sekundärgehäuse können beispielsweise ein Ohrmarkengehäuse aus Kunststoff oder andere Formen und Materialien dienen.

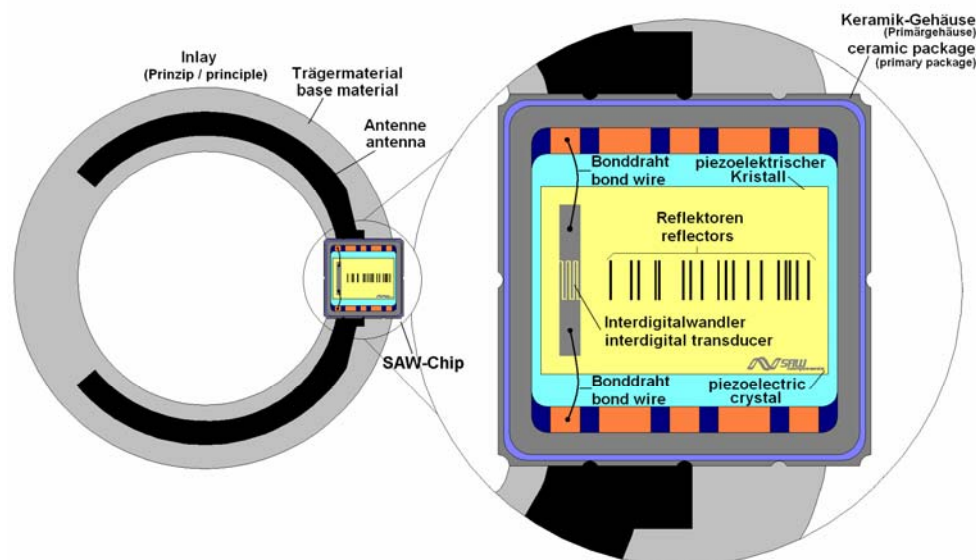
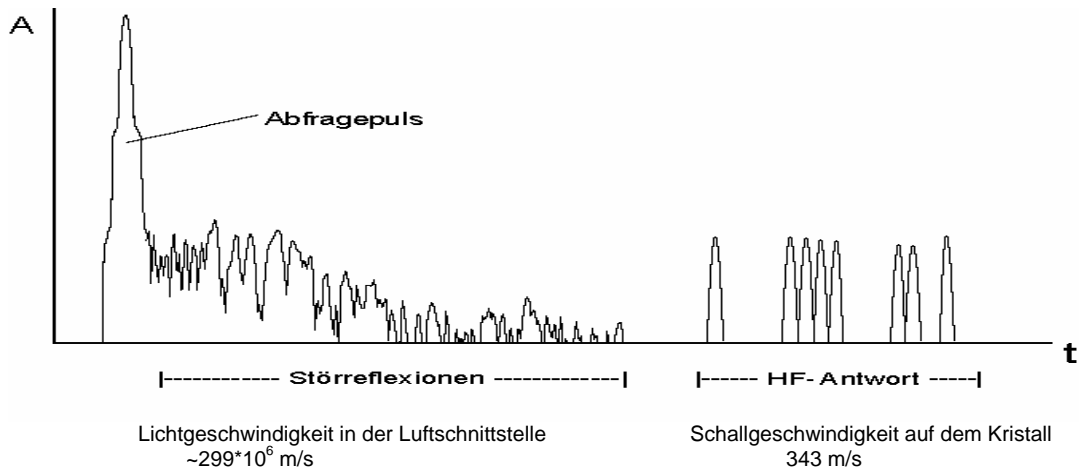


Abb. 1: Schematische Darstellung des Inlays eines SAW-Transponders

<sup>5</sup> Gefördert aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung.

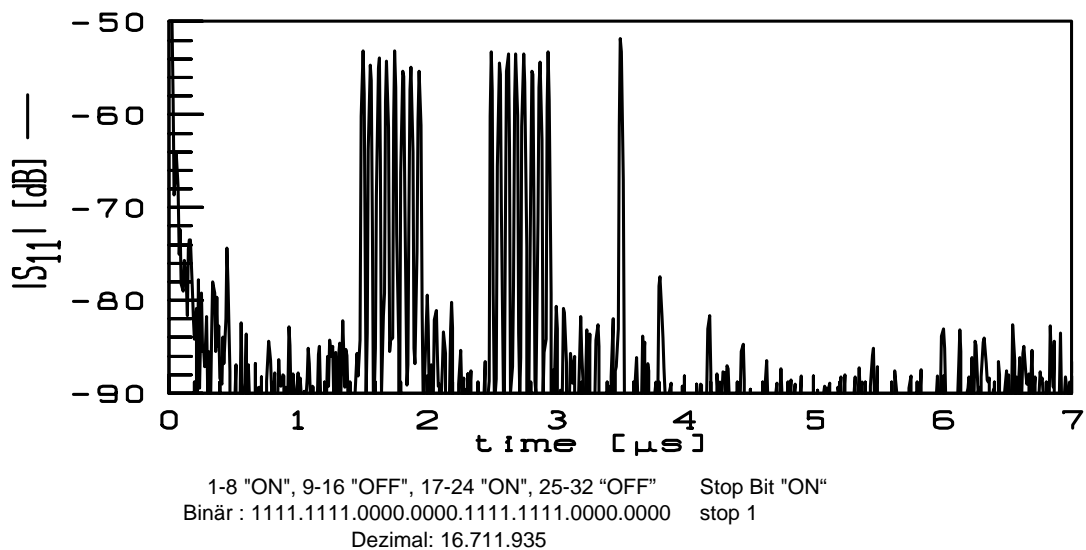
## 2.2 Funktionsweise von SAW-Transpondern

Der SAW-Transponder funktioniert nach dem Prinzip einer reflektiven Verzögerungsleitung. Ein hochfrequenter Abfrageimpuls (Burst) wird mit Lichtgeschwindigkeit über die Transponderantenne eingekoppelt und im Chip mittels inversem piezoelektrischen Effekt über einen Interdigitalwandler (IDT) in eine akustische Oberflächenwelle umgewandelt, die sich mit Schallgeschwindigkeit auf dem Kristall ausbreitet. Durch hardwarecodierte Reflektoren erfolgt eine zeitlich selektive Reflexion der Schallwellen, die nach dem umgekehrten Wirkprinzip (piezoelektrischer Effekt) ein codiertes Hochfrequenzsignal an das Lesegerät zurückgibt. Aufgrund der unterschiedlichen Geschwindigkeiten der Signalübertragung, in der Luftschnittstelle mit annähernder Lichtgeschwindigkeit und auf dem SAW-Chip mit Schallgeschwindigkeit, sind die Störreflexionen des Abfrageimpulses abgeklungen, bis die Antwortimpulse zurückkommen (Abb. 2).



**Abb. 2: Schematisches Laufzeitdiagramm bei der Abfrage eines SAW-Transponders**

Die Reaktionszeit des SAW-Transponders beträgt weniger als 3  $\mu$ s. Bedingt durch die aufwendigen Rechenoperationen zur Signalverarbeitung liegt der Abfragezyklus vom Burst bis zur Codedarstellung insgesamt unter 10 ms. In Abhängigkeit von der Leseentfernung wird der Burst zwischen 20 und 400  $\mu$ s getaktet. Im Herstellungsprozess wird der piezoelektrische Kristall nach dem ON/OFF-Prinzip amplitudencodiert. Die Information des 15-stelligen Tiercodes wird dabei über das Platzen (ON) oder über das Weglassen (OFF) eines Reflektors binär dargestellt (Abb. 3). Die Abstände zwischen den Reflektoren sind fest definiert.

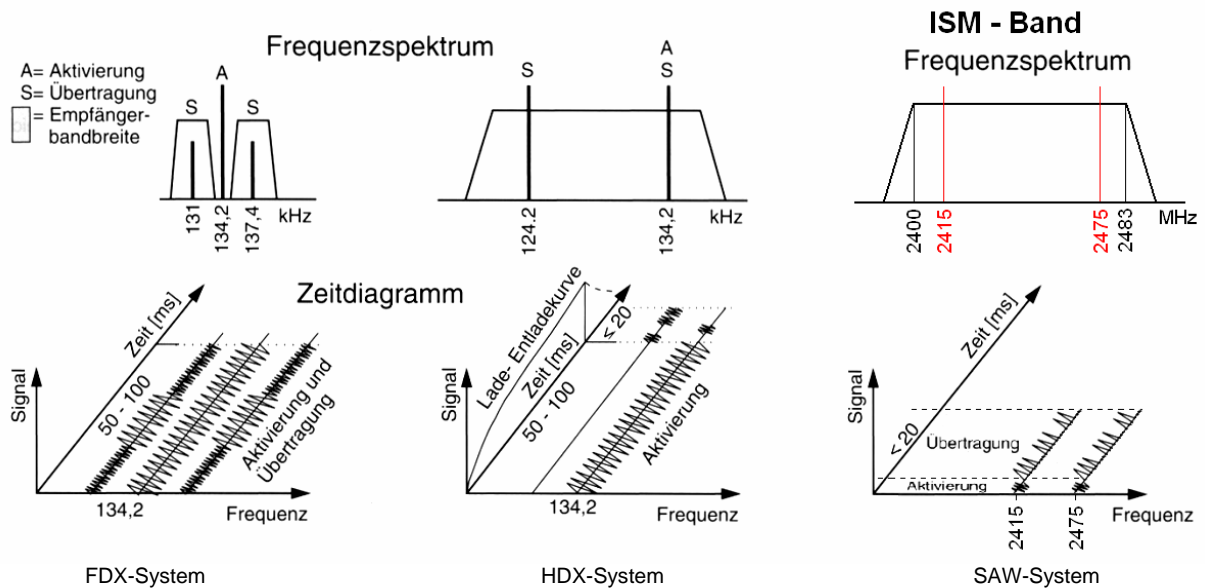


**Abb. 3: Beispiel einer Amplitudencodierung eines 32-bit-SAW-Chips im Laufzeitdiagramm**

Mit diesem Verfahren der hardwarecodierten Reflektoren wurde eine ein-eindeutige Codezuordnung zu den Standards der elektronischen Tierkennzeichnung möglich. Ebenso ist in dieser Codestruktur eine Prüfsumme zur Authentifizierung der Abfrage enthalten. Durch den Vergleich einer wiederholten Signalabfrage erfolgt im Reader die Korrektheitsprüfung des übertragenen Codes.

### 2.3 Technisches Konzept der SAW-Technologie

Das technische Konzept zur Identifizierung von Tieren mittels SAW-Transpondern unterscheidet sich grundsätzlich im Frequenzspektrum und Laufzeitverhalten zu dem im ISO-Standard 11785 beschriebenen Konzept der Identifizierung mit LF-Transpondern (Abb. 4).



**Abb. 4: Vergleich der technischen Konzepte zur Identifizierung von passiven LF- und SAW-Transpondern (ARTMANN 1999, erweitert)**

Im Unterschied zu den passiven LF-Transpondern benötigen die ebenfalls passiven SAW-Transponder nur eine minimale Aktivierungszeit ( $< 3 \mu\text{s}$ ) und eine niedrige Impulsenergie ( $< 100 \text{ mW}$ ), um den Code zu übertragen. Dies erlaubt auch die Nutzung des lizenzfreien ISM-Frequenzbandes (**I**ndustrial, **S**cientific and **M**edical) bei 2,4 GHz für eine weiter reichende Luftübertragung. Im Experiment wurden für die Abfrage, Signalverarbeitung und Authentifizierung eines SAW-Codes etwa 20 ms benötigt. Damit ist die SAW-Technologie 3- bis 5-mal schneller als die LF-Technologie.

Im Gegensatz zu passiven LF-Transpondern gibt es für passive SAW-Transponder keine Schwellleistung, d. h., die Lesereichweite kann nahezu beliebig durch den Faktor Zeit erreicht werden. Je größer die Entfernung zwischen SAW-Transponder und Ausleseeinheit ist, desto schwächer ist das Signal, es ist jedoch stets vorhanden.

### 3 Entwicklung des Agro-SAW-Ident-Systems

Das im Rahmen des Projektes entwickelte SAW-basierte RFID-System besteht aus passiven SAW-Transpondern, die an den zu identifizierenden Kühen angebracht wurden, aus mobiler und stationärer Lesetechnik, aus einer PC-Architektur als Schnittstelle zum Lesegerät sowie entsprechender Software zur Parametrisierung, Signalauswertung und Codeerkennung.

Um die international festgelegte Codestruktur für Tiere darstellen zu können, wurde mit verschiedenen Verfahren der Coderaum auf dem SAW-Chip schrittweise auf 50 bit erweitert. Im Ergebnis wurde speziell für die Tierkennzeichnung ein passiver SAW-Chip entworfen, der mit  $2^{50}$  Codes die 15-stellige Tiernummer ein-eindeutig darstellt. Die neue Fertigungsroutine erlaubt eine fälschungssichere Hard-

warecodierung der Chips mit großen Nummernserien, aber auch mit individuellen Tiernummern für die Nachkennzeichnung.

Zur Kennzeichnung von Tieren mittels SAW-Transponder wurden unterschiedliche Applikationsorte untersucht. Besonders gut eignete sich eine Anbringung am Kuhohr. Die Konstruktion der getesteten SAW-Ohrmarken erfolgte in Anlehnung an ein konventionelles Ohrmarkengehäuse einer LF-Rund-Ohrmarke. Material, Format und verfügbarer Platz des Anwendergehäuses erforderte die Simulation verschiedener Antennenstrukturen, um die Signaldämpfung der Abfrageantwort zu minimieren. Für den Anwender ist kein Unterschied im Aussehen und der Handhabung zwischen LF-Rund-Ohrmarke und SAW-Ohrmarke erkennbar, außer dem um etwa die Hälfte reduzierten Gewicht der SAW-Marken. Die Applikation der SAW-Ohrmarken am Tier erfolgte mit handelsüblichen Ohrmarkenzangen.

Für den Praxiseinsatz wurden spezielle mobile und stationäre Lesegeräte für die Verwendung in der Tierhaltung entwickelt. Sie bestehen aus der elektronischen Sende-/Leseeinheit sowie dem Antennensystem. Verwendet wurden sowohl FMCW<sup>6</sup>-Reader und später der im Projekt entwickelte Agro-SAW-Reader mit einer Signalvorverarbeitung sowie für die gleichzeitige Abfrage bis zu vier Antennen. Der Agro-SAW-Reader erlaubte eine höhere Lesegeschwindigkeit und einen größeren Erkennungsbereich im praktischen Einsatz. Als RFID-Antennen wurden unterschiedliche, handelsübliche Modelle für das ISM-Frequenzband geprüft. Dabei zeigte die Antenne SPA 2400/70/9/0/LCP mit 8,5 dBi von HUBER + SUHNER (2008) die besten Eigenschaften.

Für die Auswertung der Lesedaten wurden das Programm SAW über mehrere Versionen (aktuell SAW 12.2.2.1) entwickelt und auf einem Touchscreen Computer Schneider A4F<sup>®</sup> installiert. Über den PC wurden die Leseeinheiten parametrisiert, alle Lesungen protokolliert und als Tiercode für externe Schnittstellen bereitgehalten. Ebenso verfügte der Reader-PC über ein Fernwartungsmodul und über eine Anbindung an die zentrale Versuchsdatenbank.

#### **4 Laboruntersuchungen**

Die Herausstellungsmerkmale des neuentwickelten Agro-SAW-Ident-Systems gegenüber LF-Systemen sind im Wesentlichen in größeren Leseabständen sowie in der schnelleren Codeabfrage und -verarbeitung zu sehen. Zum Nachweis dieser technischen Vorteile wurden verschiedene Versuche zur Lesereichweite unter standardisierten Bedingungen und zur Erkennung von sich bewegenden Objekten auf einem Prüfstand der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (TURNER und WENDL 2007) durchgeführt. Aus dem Pool der 20- bzw. 50-bit-SAW-Ohrmarken für die Tierkennzeichnung wurden jeweils 60 Probanden zufällig ausgewählt und den Tests unterzogen.

Für die Untersuchung der Lesereichweite stand eine speziell ausgekleidete Halle zur Verfügung, in der die elektromagnetische Umweltbelastung vernachlässigt werden konnte. Die Lesereichweiten (Tab. 1) wurden getrennt für das mobile und für das stationäre Lesegerät mit unterschiedlichen Antennentypen ermittelt.

---

<sup>6</sup> FMCW (Frequency Modulated Continuous Wave): Art der Frequenzbereichsabtastung mit kontinuierlicher Aussendung des Abfragesignals mit konstanter Amplitude, aber wechselnder Frequenz.

**Tabelle 1: Mittlere Lesereichweite von je 60 zufällig ausgewählten SAW-Ohrmarken (20 bzw. 50 bit) beim Einsatz mobiler bzw. stationärer Lesestationen und verschiedenen Antennen**

Lese-station	Antennentyp	Polari-sierung	Chiptyp	Mittlere Lesereichweite und Standardabweichung [m] in Abhängigkeit zur Ausrichtung der Öffnung des Dipols		
				oben	rechts	unten
mobil	Huber + Suhner 8,5 dBi	zirkular	20 bit	2,32 ± 0,39	2,44 ± 0,45	2,92 ± 0,48
			50 bit	1,26 ± 0,16	1,36 ± 0,14	1,57 ± 0,11
stationär	Huber + Suhner 8,5 dBi	zirkular	20 Bit	5,41 ± 0,37	4,06 ± 0,41	4,29 ± 0,47
			50 bit	2,95 ± 0,25	2,64 ± 0,53	2,99 ± 0,54
	Huber + Suhner 18 dBi		20 bit	7,32 ± 0,96	8,34 ± 0,98	10,46 ± 0,49
			50 bit	4,53 ± 0,87	4,96 ± 1,06	5,14 ± 0,98
	SkyCon 16 dBi senkrecht	linear	20 bit	3,28 ± 0,37	k.A.	8,07 ± 0,61
			50 bit	3,01 ± 0,66	k.A.	4,07 ± 0,75
	SkyCon 16 dBi waagrecht		20 bit	k.A.	6,88 ± 0,91	k.A.
			50 bit	k.A.	4,20 ± 0,42	k.A.
	Yagi 105 cm lang		20 bit	6,76 ± 1,34	k.A.	10,47 ± 0,65
			50 bit	3,04 ± 0,49	k.A.	4,76 ± 0,65

k.A. = technisch keine Erkennung möglich

In diesen Experimenten wurde deutlich, dass die Polarisierung, Bauform und Größe der RFID-Antennen, aber auch der Coderaum des SAW-Chips maßgeblichen Einfluss auf die erzielbaren Lesereichweiten der SAW-Transponder haben. Unter optimalen Bedingungen wurden für die 20-bit-Chips Lesereichweiten an der stationären Lesestation von bis zu 10 m erzielt. Die Erhöhung des Coderaumes auf 50 bit halbierte jedoch fast die Lesereichweiten. Hieraus lässt sich resümieren, dass das Agro-SAW-Ident-System in Abhängigkeit von der Gerätekonfiguration für Identifizierungsabfragen von bis zu 10 m entfernten Objekten genutzt werden kann.

In Erwägung der häufigsten Identifizierungssituationen in der Praxis mit Leseentfernungen zwischen 2 bis 3 m wurden in den weiteren Experimenten die Lesestationen mit einer HUBER + SUHNER 8,5 dBi Antenne (HUBER + SUHNER 2008) bestückt.

Die Ergebnisse zur Ermittlung der Erkennungsrate von sich bewogender Objekte bei einer Leseentfernung von 1 m sind in Tabelle 2 dargestellt. In dem Versuchsansatz wurden neben der Fortschrittsgeschwindigkeit im Antennenfeld die Ausrichtung der SAW-Transponder zur RFID-Antenne (z. B.: liegend 0° = horizontal zur Antenne mit Öffnung des Dipols in Zugrichtung; stehend 90° = vertikal zur Antenne mit horizontaler Öffnung des Dipols) sowie der Abstand zwischen Antenne und SAW-Transponder (Leseentfernung 0,25 m; 0,5 m; 1,0 m) variiert. Je Versuchsdurchgang wurden drei SAW-Transponder in definiertem Abstand auf einen Gurt des Prüfstandes<sup>7</sup> montiert und mindestens 40 Mal mit der definierten Geschwindigkeit durch das Antennenfeld gezogen.

**Tabelle 2: Auf dem Prüfstand<sup>7</sup> ermittelte Erkennungsrate von je 60 zufällig ausgewählten SAW-Ohrmarken (20 bzw. 50 bit) bei unterschiedlicher Fortschrittsgeschwindigkeit und 1 m Antennenabstand**

Typ	Geschwindigkeitsklasse [m/s]	Ausrichtung Ohrmarke	Mittlere Erkennungsrate[%]	Anzahl Lesungen	Mittlere Geschwindigkeit [m/s]
50-bitbit-Ohrmarke	3	liegend 0°	100,0	3342	3,01
		liegend 90°	100,0	2553	3,13
		stehend 0°	100,0	2487	3,10
		stehend 90°	100,0	2568	3,07
	5	liegend 0°	99,3	2955	5,39
		liegend 90°	98,5	2829	5,14
		stehend 0°	98,2	2766	5,30
		stehend 90°	99,4	3399	5,42
20-bitbit-Ohrmarke	3	liegend 0°	100,0	3342	3,12
		liegend 90°	99,4	2553	2,98
		stehend 0°	100,0	2487	3,05
		stehend 90°	100,0	2568	3,06
	5	liegend 0°	99,9	2955	5,30
		liegend 90°	99,0	4092	5,26
		stehend 0°	99,8	2766	5,45
		stehend 90°	100,0	3399	5,33

Bei einer Geschwindigkeit von über 5 m/s und den simulierten ungünstigen Ausrichtungen der Ohrmarken blieb die Erkennungsrate bei beiden Typen knapp unter 100 %. Die Ergebnisse aus den Laboruntersuchungen waren die Grundlage zur Optimierung der Feldversuche.

## 5 Praxiserprobung in der Milchviehhaltung

Für den Feldtest wurden 2.000 modifizierte Rundohrmarken mit zentralem Dornteil und SAW-Inlay ausgestattet. Davon wurden 1.300 Stück 50-bit-Ohrmarken mit der 15-stelligen Identifikationsnummer des Empfängertieres codiert. Auf die landwirtschaftlichen Einsatzanforderungen abgestimmt, erfolgte der Funktionsmusterbau von fünf stationären und zwei mobilen Lesegeräten. Die Lesegeräte können durch frei definierbare Parametereinstellungen gut an die Einsatzbedingungen in den Testbetrieben angepasst werden.

Seit April 2009 wurden schrittweise in vier Milchviehbetrieben unterschiedlicher Herdengröße und Melktechnik insgesamt 1.652 Milchkühe mit einer SAW-Rundohrmarke gekennzeichnet. Die Applikation der Transponder erfolgte im rechten Ohr neben der visuellen Ohrmarke mit handelsüblichen Ohrmarkenzangen. Als Identifizierungsorte wurden die Ein- oder Ausgangsbereiche der Melkzentren entsprechend der betrieblichen Gegebenheiten definiert. Ebenso sollten unterschiedliche Identifizierungssituationen an den Melkständen und in den Selektionsschleusen berücksichtigt werden. Mit dem mobilen Reader erfolgte die Funktionskontrolle aller Ohrmarken vor und nach dem Setzen. Im Weiteren wurde diese Funktionskontrolle, verbunden mit einer visuellen Prüfung, wöchentlich und nach vier Wochen monatlich bis zum Projektende durchgeführt.

Bisher ist bei vier SAW-Transpondern in einem Betrieb das Ohrmarkengehäuses aufgebrochen und das Inlay verloren gegangen. Weitere Verluste durch Ausreißen oder technische Funktionsstörungen wurden nicht beobachtet. Die Wundheilung nach der Applikation verlief unauffällig und es wurden keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen dokumentiert.

In den bisher auswertbaren Versuchen wurden Erkennungsraten im Vergleich zu den tatsächlich anwesenden, gemolkenen Tieren von 94,1 % (n = 8.098 Lesungen) im Betrieb 1 an der Selektionsschleuse bei aktiver Bewegung und ohne Vereinzelung der Tiere sowie von 98,2 % (n = 16.794 Lesungen) im Betrieb 2 im Eingangsbereich des Melkkarussell erreicht.

<sup>7</sup> Prüfstand der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft; THURNER und WENDL 2007

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Die Untersuchungen zeigen, dass die SAW-Technologie im 2,4-GHz-ISM-Band zur elektronischen Tierkennzeichnung von Rindern eingesetzt werden kann und unter Praxisbedingungen funktioniert. Das erklärte Entwicklungsziel der hardwarecodierten Darstellung eines 15-stelligen Tiercodes wurde mit der 50-bit-SAW-Ohrmarke realisiert. Die Systemvorteile bezüglich der Lesereichweite von bis zu 10 m und der Erkennung sich bewegender Objekte konnte im Experiment nachgewiesen werden. Mit der Optimierung des Gesamtsystems ist eine annähernd 100%ige Erkennungsrate von SAW-Ohrmarken an sich frei bewegenden Tiere in Verbindung mit mobilen und stationären Lesegeräten möglich. Die Nutzung von Agro-SAW-Ident im Projekt hat alternative Identifizierungsmöglichkeiten von Rindern aufgezeigt.

Weiterer Entwicklungsbedarf besteht in der Standardisierung des technischen Konzeptes der SAW-Identifizierung von Nutztieren sowie der Schnittstellen zur Prozesssteuerung. Zu erforschen ist die Nutzung von Zustandsinformationen, die bei der Identifizierungsabfrage noch zusätzlich aus dem codierten Signal gewonnen werden können.

### Literatur

- ARTMANN, R. (1999): Electronic identification systems: state of the art and their further development. Computers and Electronics in Agriculture 24 (1), S 5–26
- HUBER + SUHNER (2008): RFID Antennen. Produktkatalog. Ausgabe 2008, S. 27.  
URL:[www.hubersuhner.de/co-de-tk/hs-p-rf-ant-rfid-cat\\_de.pdf](http://www.hubersuhner.de/co-de-tk/hs-p-rf-ant-rfid-cat_de.pdf) (Zugriff am 21.04.2010)
- KLINDWORTH, M. (2007): Elektronische Tierkennzeichnung – Anwendung und Perspektiven. In: KTBL-Schrift 457 Precision Dairy Farming. Elektronikeinsatz in der Milchviehhaltung. Hrsg.: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (LTBL), Darmstadt, S. 89 – 98
- THURNER, S.; WENDL, G. (2007): Identifizierungssicherheit von bewegten HF-Transpondern bei simultaner Erfassung. Landtechnik 62(2), S. 106 – 107
- Verordnung (EG) Nr. 21/2004 DES RATES vom 17. Dezember 2003 zur Einführung eines Systems zur Kennzeichnung und Registrierung von Schafen und Ziegen und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1782/2003 sowie der Richtlinien 92/102/EWG und 64/432/EWG