

Alternative elektronische Tierkennzeichnung

Schriftenreihe, Heft 8/2013



Entwicklung und Erprobung eines Verfahrens zur elektronischen Tierkennzeichnung auf der Grundlage der SAW-Technologie zur Erhöhung der Identifikationssicherheit (Agro SAW IDENT)

Dr. Steffen Pache, Susanne Theis
Steffen Zietzschmann, Falk Hagemann, Wolfram Berger
Thomas Ostertag, Rüdiger Hütter
Peter Schneider

Verbundprojekt von:
SAW COMPONENTS Dresden GmbH
Schneider Elektronik GmbH & Co. KG
RSSI GmbH
Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

1	Kurzdarstellung des Verbundprojektes	6
1.1	Aufgabenstellung	6
1.2	Voraussetzungen	7
1.3	Planung und Ablauf.....	8
1.4	Wissenschaftlich-technischer Stand vor Projektbeginn.....	8
1.5	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	9
2	Vorgehensweise und Ergebnisse.....	10
2.1	Arbeitsetappe 1: Landwirtschaftliche Systemdefinition	10
2.2	Arbeitsetappe 2: Technische Systemdefinition	13
2.3	Arbeitsetappe 3: Entwicklung des SAW-Transponderchips	13
2.4	Arbeitsetappe 4: Entwicklung des Primärgehäuses des SAW-Transponderchips	17
2.5	Arbeitsetappe 5: Entwicklung der Transponderantenne und des Anwendungsgehäuses.....	19
2.6	Arbeitsetappe 6: Prototypenentwicklung der Reader für landwirtschaftliche Anwendung.....	24
2.7	Arbeitsetappe 7: Entwicklung der Leseantenne.....	26
2.8	Arbeitsetappe 8: Softwareentwicklung	28
2.9	Arbeitsetappe 9: Systemintegration	31
2.10	Arbeitsetappe 10: Feldversuchsdurchführung	34
2.11	Arbeitsetappe 11: Auswertung und Zusammenfassung.....	35
3	Nutzen und Verwertung der Ergebnisse.....	36
4	Wissenschaftlich-technischer Fortschritt	36
5	Veröffentlichung der Ergebnisse.....	37
6	Kurzfassung	38

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Schematische Darstellung der Funktionsweise eines SAW-Transponders	14
Abbildung 2:	Antwortsignal ST2450C	15
Abbildung 3:	Antwortsignal ST2450D	16
Abbildung 4:	Antwortsignal ST2450E	16
Abbildung 5:	Technische Maße des Primärgehäuse	18
Abbildung 6:	Primärgehäuse und Chip im Primärgehäuse	18
Abbildung 7:	Antennenlayout simuliert nach verfügbarer Fläche und funktechnischen Hauptmerkmalen (Sende-/Empfangsfrequenz, Polarisierung)	19
Abbildung 8:	Antennenlayout simuliert unter zusätzlicher mathematischer Berücksichtigung	19
Abbildung 9:	... der komplexen Geometrie der Ohrmarken und der Materialeigenschaften des Kunststoffes und	19
Abbildung 10:	... der Einflüsse des (wasserhaltigen) tierischen Gewebes (Kuhohr) und der Luftspalte vor und hinter dem Ohr auf die Funkeigenschaften der Antenne	20
Abbildung 11:	Auf der Grundlage der Simulationsergebnisse wurden erste Antennenmuster hergestellt und mit einem SAW-Transponderchip im Primärgehäuse versehen.....	20
Abbildung 12:	Die Antennenmodule wurden in Mustergehäuse elektronischer Rundohrmarken eingesetzt. Es entstanden die ersten Labormuster der SAW IDENT-Ohrmarken.....	20
Abbildung 13:	Die Ohrmarken-Labormuster wurden für erste "praxisnahe" Tests an Kuhohren von Schlachttieren angebracht und messtechnischen Untersuchungen unterzogen. Kabelgebundene Messung der Labormuster zum Vergleich der Mustereigenschaften mit den Simulationsergebnissen führten zu erstem Redesign.	20
Abbildung 14:	Funkstrecke zur Bestimmung der erreichbaren Lesereichweite mit einer 16 dBi-Readerantenne und den Labormustern auf der Grundlage der Simulation nach erstem Redesign	21
Abbildung 15:	Lesereichweite [in cm] der ersten 10 Labormuster	21
Abbildung 16:	Umgestaltung der Transponderantenne von einem Faltdipol in einen Dipol.....	22
Abbildung 17:	Aufbau einer SAW Ohrmarke	22
Abbildung 18:	Ultraschallschweißen der Agro-SAW-IDENT Demonstrator-Ohrmarken	23
Abbildung 19:	Festigkeitskontrolle der Ultraschallschweißung	23
Abbildung 20:	Der ASI-Reader im Gehäuse mit Anschlüssen für Schnittstellen und zwei Antennen	25
Abbildung 21:	Leseantenne im Versuch im Lehr- und Versuchsgut Köllitsch	27
Abbildung 22:	Bedienoberfläche SAW11	30
Abbildung 23:	Ausgabeplot der Auswertungssoftware zur Erkennungsrate	30
Abbildung 24:	Graphische Darstellung der Erkennungsrate in der Auswertungssoftware.....	31
Abbildung 25:	Mobiler Reader	32
Abbildung 26:	Innenleben Antennenrohr mit zwei Antennen und ASI-Reader	33
Abbildung 27:	Antennenrohr im Melkstand.....	33
Abbildung 28:	Erfassungsterminal.....	33

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Arbeitsetappen	10
Tabelle 2:	Systemvergleich passiver RFID-Transponder	11
Tabelle 3:	Systemmerkmale der SAW-Identifikation	12
Tabelle 4:	Reichweiten in Abhängigkeit von der Integrationszahl	24
Tabelle 5:	Unterschiedliche im Projekt verwendete Antennen	26

1 Kurzdarstellung des Verbundprojektes

1.1 Aufgabenstellung

Die Aufgabenstellung für die Bearbeitung des vorliegenden Verbundprojektes bestand in der Entwicklung neuartiger, verbesserter Transponder für die elektronische Einzeltierkennzeichnung (eETK) unter Nutzung des technischen Potenzials der piezomaterialbasierten SAW (Surface Acoustic Wave)-Technik. Durch neue bzw. verbesserte Eigenschaften der Tiertransponder sollten Beiträge zur Erhöhung der Produktivität, zur Vervollkommnung des betrieblichen Managements und des Qualitätsmanagements geleistet werden. Es war sicherzustellen, dass mit diesen Transpondern die international standardisierten Tiernummern dargestellt und ihre Verwendung für die Lebens-tierkennzeichnung unterstützt werden können. Damit war auch die Erwartung verbunden, dass die eETK in der Praxis verstärkt als elektronischer Träger der administrativen Lebenskennzeichnung der Tiere Akzeptanz finden kann. In Summe war nachzuweisen, dass mit SAW-Transpondern im Vergleich zu LF-Transpondern unter vielfältigen Gesichtspunkten bessere Erkennungsergebnisse erreicht werden können.

Die physikalische und technische Wirkungsweise der piezomaterialbasierten SAW-Transponder unterscheidet sich grundsätzlich von der Wirkungsweise der halbleiterbasierten LF-Transponder. Deshalb erstreckte sich die komplexe Aufgabenstellung natürlich auch auf die Entwicklung der erforderlichen SAW-Reader und die Entwicklung der SAW Software.

Reader und Readerantennen zur Funkabfrage von SAW-Transpondern unterscheiden sich weitgehend von LF-Readern. Der Fokus der Readerentwicklung war darauf zu richten, das innewohnende Potenzial der SAW-Funkidentifikation (große Reichweite, schnell bewegte Objekte, Einsatz in störintensiver Umgebung) erstmalig an lebenden Objekten im wissenschaftlichen Experiment und im Großversuch in Rinderställen zu realisieren und nachzuweisen.

Für die Softwareentwicklung bestand die Aufgabe, das verfügbare Informationsangebot aus extrem schnellen Signalfolgen bestmöglich auszuwerten, über Schnittstellen verfügbar und mit den Ergebnissen der LF-Identifikation vergleichbar zu machen sowie eine effektive Kommunikation mit den Hardwareeinheiten zu sichern. Die Hardware- und Softwareaufgaben bestanden sowohl für stationäre als auch für mobile Lesetechnik.

Wissenschaftliche Experimente in Idealumgebung und Feldversuche in mehreren Stallanlagen sollten die Eignung der SAW-Funkidentifikation in der landwirtschaftlichen Praxis untersuchen. Aus den Langzeituntersuchungen im Feld sollten technische Erkenntnisse und Ergebnisse zusammengetragen werden, die es erlauben, das System Agro SAW IDENT bestehend aus den Komponenten Agro SAW IDENT-Transponder (Ohrmarken), Agro SAW IDENT-Reader und Agro SAW IDENT-Software in der technischen Ausführung als Demonstrator nach Abschluss der Projektförderung für den kommerziellen Einsatz weiterzuentwickeln und am Markt einzuführen.

1.2 Voraussetzungen

Als Voraussetzung für eine erfolgreiche Arbeit im Projekt Agro SAW IDENT verfügten alle Verbundpartner über die entsprechenden Kenntnisse und Erfahrungen.

Das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

- brachte seine Erfahrungen bei der Durchführung umfangreicher Versuchsreihen mit Firmware-Transpondern (mit/ohne Sensoren) und ISO-Readerfähigen-Transpondern im LF-Bereich für den Einsatz bei Mutterkühen, Milchkühen und Schafen ein,
- hatte bereits die Nutzung der LF-Tieridentifikation im Herdenmanagement und zur Unterstützung administrativer Aufgaben untersucht und erprobt (STAMM et al. 2002; PACHE et al. 2004, 2006; WEHLITZ et al. 2006),
- sieht einen Schwerpunkt seiner angewandten Forschung in Fragestellungen zur Verbesserung der integrierten Prozesssteuerung und des Herdenmanagements unter dem Aspekt einer präzisen Milchproduktion (Precision Dairy Farming) und der sensorgestützten Gesundheits- und Fruchtbarkeitsüberwachung.

Die SAW COMPONENTS Dresden GmbH

- beherrscht die Technologie zur Herstellung von SAW-RF-ID-Chips im Waferverbund als Dienstleister auf der Grundlage fremder Chipdesigns,
- hatte Grundlagen für die Entwicklung und Produktion eigener Chipentwürfe mit geringem Coderaum geschaffen,
- verfügte über Ausrüstungen und Erfahrungen beim Chip-Packaging traditioneller SAW-Bauelemente.

Die RSSI GmbH

- war bereits auf die Entwicklung drahtloser, passiver Messsysteme spezialisiert,
- hatte einen Low Cost SAW-Reader für die Zugangskontrolle entwickelt,
- besaß die Voraussetzungen für die Entwicklung von speziellen SAW basierten Ident-Systemen.

Die Schneider Elektronik GmbH & Co.KG

- konnte auf langjährige Erfahrungen bei der Hard- und Softwareentwicklung im Bereich der Funk-Identifikation auf Basis von Halbleiter RFID und Barcode-ID zurückgreifen,
- verfügte mit der Entwicklung der Bediensoftware für den Low Cost SAW Reader der Firma RSSI GmbH über eine sehr gute Basis für die Softwareentwicklung und die Systemintegration des neu zu entwickelnden Agro SAW IDENT-Systems.

1.3 Planung und Ablauf

Die Projektarbeit erforderte detaillierte Abstimmungen mit allen Verbundpartnern. Die Steuerung des Projektes wurde im Wesentlichen von SAW COMPONENTS Dresden GmbH durchgeführt.

Die Definition von Arbeitsetappen, die Festlegung der federführenden Verbundpartner für die Arbeitsetappen nach ihrer Kompetenz und die Vereinbarung der Mitwirkung der weiteren Verbundpartner an der Arbeit in den Arbeitsetappen haben sich bewährt. Die grafische Darstellung der Zeitplanung und der Organisation der Zusammenarbeit der Verbundpartner in den Balkendiagrammen waren hilfreich. Die geplanten Meilensteine und ihre Darstellung in Balkendiagrammen sollten ursprünglich hauptsächlich der projektinternen Dokumentation und Sachinformation dienen. Darüber hinaus erwiesen sie sich nicht nur als nützliches Steuerinstrument des Projektmanagers, sondern auch als Wegweiser für die zweckmäßige Bündelung von Aktionen aus unterschiedlichen Arbeitsetappen.

Um die Projektziele zu erreichen, wurden zehn Arbeitstreffen mit allen Verbundpartnern durchgeführt. Weitere Treffen dienten der Konsultation zu Schwerpunktaufgaben im kleineren Kreis. Wichtige Impulse gingen außerdem vom gemeinsamen Erfahrungsaustausch mit der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft unter Leitung von Dr. Georg Wendl und von den besuchten Fachtagungen und Messen aus.

1.4 Wissenschaftlich-technischer Stand vor Projektbeginn

Die wichtigsten wissenschaftlichen und/oder technischen Grundlagen **aus landwirtschaftlicher Sicht** wurden von den Projektpartnern zusammengefasst und bewertet:

- Das administrative Regelwerk zur Kennzeichnung von landwirtschaftlichen Nutztieren (VVVO vom 06.07.2007 und tangierenden EU-Verordnungen) ist grundsätzlich einzuhalten.
- Die ISO-Normen zur elektronischen Tierkennzeichnung (ISO 11784, ISO 11785) sind zu beachten, die Darstellung des internationalen 15-stelligen Tiercodes ist zwingend.
- Die Ergebnisse aus dem IDEA-Projekt 1998 bis 2001 wurden zum Maßstab der Eigenentwicklungen erklärt.
- Im Weiteren wurden die Ergebnisse der KTBL-Tagungen zum Precision Dairy Farming am 02./03.05.2007 in Leipzig und zur elektronischen Tierkennzeichnung am 28./29.11.2007 in Fulda zur Beurteilung des technischen Entwicklungsstandes in der Nutztierhaltung berücksichtigt.

Aus technischer Sicht waren es die wissenschaftliche Grundlagen der Funkidentifikation mit SAW-Strukturen und der Konstruktion von SAW-Transpondern:

- Patent Nr. DE 2821 299 A1 der Siemens AG vom 16.05.1978, offengelegt am 22.11.1979; inzwischen ausgelaufen und allgemeiner technischer Stand
- F. Schmidt & G. Scholl, "Wireless SAW Identification and Sensor Systems", in Advances in Surface Acoustic Wave Technology, Systems and Applications, vol. 2, World Scientific Publishing Co., London, 2001, pp 277-325
- Clinton S. Hartmann, "A Global SAW ID Tag with Large Data Capacity", IEEE Ultrasonics Symposium 2002 und weitere, darauf aufbauende Veröffentlichungen
- L. M. Reindl, "Unwired SAW Sensors Systems", Proc. 2007 European Microwave Association, Vol. 3, pp 110-119

1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Die Zusammenarbeit mit externen Partnern zur optimalen Erfüllung der Aufgabenstellung war grundsätzlich vorgesehen und wurde nach Notwendigkeit genutzt.

Im wissenschaftlich-technischen Bereich:

- *zur Herstellung größerer Stückzahlen Agro SAW IDENT-Transponder (Ohrmarken-Demonstratoren) für die Feldtests*

Die Zusammenarbeit hat zur erfolgreichen Vorbereitung der Feldversuche beigetragen.

- *mit Prüf- und Zertifizierungs-Organisationen*

Es wurden erste Abstimmungsgespräche mit dem DLG-Testzentrum in Groß-Umstadt geführt.

- *zur Entwicklung von Ohrmarkenantennen*

Dabei wurde mit dem Fraunhofer-Institut für Elektronische Nanosysteme ENAS in Chemnitz zusammengearbeitet.

- *für analytische Vergleichsuntersuchungen*

Mit der RF SAW, Inc.; Mr. Clinton S. Hartmann bei dessen Besuchen in Deutschland.

Im landwirtschaftlich-wissenschaftlichen Bereich erfolgte die Zusammenarbeit bzw. die Fachdiskussion

- mit der Justus-Liebig-Universität Gießen und später mit dem Wissenschaftszentrum Weihenstephan der Technischen Universität München,
- mit der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft,
- mit sächsischen Erzeugergemeinschaften und dem Zuchtverband MASTERRIND sowie
- mit Experten vom DLG-Testzentrum.

2 Vorgehensweise und Ergebnisse

Im Rahmen des Verbundprojektes Agro SAW IDENT (ASI) wurden folgende Arbeitsetappen bearbeitet:

Tabelle 1: Arbeitsetappen

ASI-Nr.	Inhalt	Federführung
1	Landwirtschaftliche Systemdefinition	LfULG
2	Technische Systemdefinition	SCD
3	Entwicklung des SAW Transponder-Chips	SCD
4	Entwicklung des Primärgehäuses des SAW Transponder-Chips	SCD
5	Entwicklung der Transponder-Antenne und des Anwendungsgehäuses	SCD
6	Prototypenentwicklung der Reader für landwirtschaftliche Anwendung	RSSI
7	Entwicklung der Leseantenne	RSSI
8	Softwareentwicklung	SE
9	Systemintegration	SE
10	Feldversuchsdurchführung	LfULG
11	Auswertung und Zusammenfassung	SCD

2.1 Arbeitsetappe 1: Landwirtschaftliche Systemdefinition

Mit Projektstart am 01.02.2008 stand vor dem LfULG die Aufgabe, eine im Kontext der SAW-Technologie stehende, umfassende Definition der landwirtschaftlichen Systemanforderungen für die eETK landwirtschaftliche Nutztiere (Rinder, Pferde, Schweine, Schafe, Ziegen und Geflügel) zu erarbeiten. Hierfür erfolgte durch die im April 2008 eingestellte Projektbearbeiterin eine umfassende internationale Recherche zum Stand der Technik und zur Entwicklung der Rechtsvorschriften bei der Anwendung der eETK.

Bis dato wurden in der Nutztierhaltung verschiedenste elektronische Tierkennzeichnungen verwendet. In der Milchviehhaltung verbreitet waren firmenspezifische, nicht kompatible Fuß- oder Halsbandtransponder. Bei anderen Tierarten kamen international genormte Halbleiterchips in Form von Ohrmarken, Boli oder Injektaten mit einer Funkabfrage im Niederfrequenzbereich (ISO 11784 und ISO 11785) zum Einsatz. Zur Verbesserung des Tierseuchenschutzes und der Rückverfolgbarkeit von Nutztieren zur Lebensmittelproduktion wurden in verschiedenen Ländern intensive Anstrengungen zur obligatorischen Einführung einer lebenslangen eETK mit ISO-Readerfähigen Transpondern unternommen.

Aus dem Studium der Ergebnisse aus dem IDEA-Großprojekt und eigener Untersuchungen (WEHLITZ et al. 2007) sowie wissenschaftlichen Publikationen (KLINDWORTH 2007; THURNER & WENDL 2007; WEHKING et al. 2006; KREUTZER 2006) wurde ein Systemvergleich von passiven RFID-Transpondern zusammengetragen (Tabelle 2).

Tabelle 2: Systemvergleich passiver RFID-Transponder

Frequenzbereich	Niederfrequenz	Hochfrequenz	Ultrahochfrequenz	Mikrowellenfrequenz
Systembezeichnung	LF-Systeme	HF-Systeme	UHF-Systeme	
Betriebsfrequenz	125 - 134 kHz	13,56 MHz	860 – 930 MHz	2,45 / 5,8 GHz
Lese-reichweite	bis 0,7 m	bis 1,0 m	bis 3 m	bis 10 m
Lesege-schwindigkeit	langsam	Je nach ISO-Standard	schnell	sehr schnell
Anwendung-derzeit	Tierkennzeichnung , Zugangskontrollen, Wegfahrsperrn	Zugangskontrollen, Smartcards, Logistik, Objektüberwachung	Logistik (Paletten- und Gepäckabfertigung)	Logistik, Elektronische Mautabrechnung
Speicher-möglichkeit	Ja	Ja	Ja	Nein
Code-elemente	Integrierte Schaltkreise auf Halbleiterbasis			AI-Struktur auf Piezokristall
Anwendung bei eETK	ISO- Standard 11784/11785	Forschung	<i>keine Angaben</i>	Forschung
Datenüber-tragungsrate	< 1 kbit/s	bis 25 kbit/s	<i>keine Angaben</i>	<i>keine Angaben</i>

Die Systemunterschiede der passiven RFID-Technologien wurden unter landwirtschaftlichen Anwendungsszenarien analysiert und die zu erschließenden Systemvorteile der SAW-Technologie herausgearbeitet (Tabelle 3).

Tabelle 3: Systemmerkmale der SAW-Identifikation

Systemmerkmale	Vorteile der SAW-Identifikation im Vergleich zu Identifikationssystemen im LF-Bereich zur Erreichung der Entwicklungsziele
Transponder	passive, schnelle Datenübertragung bei großer Leseentfernung
Hardwarecodierung	keine Manipulationsmöglichkeit
Leseentfernung	große Reichweite bis zu zehn Metern bei passiven Transpondern
Zugriffsraten	sehr hohe Zugriffsrate, Identifikation schnell bewegter Objekte
Geringe Sendeleistung	niedrige elektromagnetische Belastung
Langlebigkeit	unempfindlich gegen <ul style="list-style-type: none">■ mechanische Belastungen■ Verschmutzungen■ Abnutzungen■ niedrige und hohe Temperaturen (<-40 °C bis >350 °C)
Strahlungsverträglichkeit/ EMV	Resistenz gegen <ul style="list-style-type: none">■ Strahlung■ magnetische Felder■ elektrische Felder
Kombinierbarkeit	Kombination von SAW-Transponder und SAW-Sensor auf einem SAW-Chip (z. B. Temperatur- und Druckmessung, Entfernungsschätzung, Bewegungsrichtung)

Im Ergebnis der Recherchen und in Abstimmung mit allen Projektpartnern wurde ein Pflichtenheft zur Entwicklung eines elektronischen Einzeltierkennzeichnungssystems auf der Grundlage der SAW-Technologie mit folgenden Anforderungen erarbeitet:

- Kompatibilität zu etablierten, standardisierten RFID-Systemen in der Nutztierhaltung
- Lebenslange eETK für Prozesssteuerung und Administration
- Identifizierung ausgewählter landwirtschaftlicher Nutztiere (Rinder, Schafe, Geflügel)
- Entwicklung und Erprobung unterschiedlicher Anbringungsarten am Tier
- Entwicklung und Erprobung von stationären und mobilen Readern für unterschiedliche Identifizierungsszenarien
- Entwicklung und Fertigung eines SAW-Chips zur Darstellung des international standardisierten, 15-stelligen Tiercodes
- Erprobung und Demonstration der Systemvorteile von Agro SAW IDENT

Für die Entwicklung des Agro SAW IDENT-Systems wurden in einer ausführlichen landwirtschaftlichen Systemdefinition zum Pflichtenheft die Anforderungs- und Prüfkriterien in Anlehnung an die eETK im LF-Bereich aus den verfügbaren administrativen und technischen Regelwerken zusammengetragen. Dieser Berichtsteil war Grundlage für die technische Systemdefinition im ASI 2 und für alle Entwicklungsaufgaben von SAW-Chip, Anwendergehäuse, Readerantenne, Reader, Software bis hin zur Systemintegration in die Stalltechnik wie auch für die Durchführung der Klein- und Feldversuche zur Erprobung des Agro SAW IDENT-Systems im praktischen Einsatz.

2.2 Arbeitsetappe 2: Technische Systemdefinition

In enger Zusammenarbeit zwischen den Projektpartnern wurden unter der Federführung von SCD die technischen Anforderungen und Ziele des Projektes in einem Pflichtenheft zur Technischen Systemdefinition zusammengetragen.

Zur Erlangung grundlegender Erkenntnisse zum Verhalten der SAW-Technologie im Zusammenhang mit organischem Material bzw. mit Tieren wurden in dieser Projektphase vom LfULG zahlreiche Tastversuche zur Gestaltung des Anwendergehäuses konzipiert und mit den Industriepartnern durchgeführt. Hierfür wurden verschiedene Standard-SAW-Baugruppen für Industrieanwendungen für diese Prinzipstudien modifiziert und hinsichtlich Lesereichweite, Lesegeschwindigkeit und Erkennungsrate untersucht. In ersten Experimenten an Milchkühen mit diesen als Ohrmarke, Injektat und Bolus modifizierten Baugruppen zeigte sich der Entwicklungsbedarf und die Entwicklungsgrenze für eine eETK mittels SAW-Technologie.

Aus technischer Sicht wurden für die Entwicklung einer SAW-Ohrmarke die besten Erfolgchancen erwartet. Ebenso bestärkten die Kriterien zur Bekanntheit, zur Akzeptanz und zum Handling der Ohrmarke im landwirtschaftlichen Anwendungsbereich die Projektpartner, ihre Entwicklungskapazitäten in diese Richtung zu konzentrieren.

Die Versuche mit als Boli modifizierten SAW-Chips sowohl im Experimentalaufbau im Wasserbecken als auch in einer fistulierten Milchkuh verliefen erwartungsgemäß negativ. Durch das den SAW-Chip umgebende wasserhaltige Material von mehreren Zentimetern Schichtdicke war die Signaldämpfung so groß, dass keine Impulseinkopplung bzw. kein Antwortsignal erfolgen konnte. Nach Rückgewinnung der SAW-Chips aus den Medien war die Funktionskontrolle erfolgreich.

Anders verlief der Versuch mit als Injektat modifizierten SAW-Chips. Ein bei Schlachthofmaterial unter die Haut platzierten SAW-Chips konnte der Tiercode trotz deutlicher Signaldämpfung ausgelesen werden. Dies bestärkte die Industriepartner zur experimentellen Fertigung eines speziellen SAW-Injektats in einem 32 mm langen Glaszylinder mit einem Außendurchmesser von 3,6 mm. Aufgrund des hohen Fertigungsaufwandes, der zu erwartenden geringeren Lesereichweiten und der zurückhaltenden Akzeptanz im landwirtschaftlichen Anwendungsbereich verblieb die Entwicklung eines SAW-Injektates auf der Stufe eines Prinzipmusters.

Über die gewonnenen Ergebnisse wurde erstmalig auf der DGfZ/GfT-Jahrestagung am 17./18.09.2008 in Bonn berichtet.

2.3 Arbeitsetappe 3: Entwicklung des SAW-Transponderchips

SAW-Transponderchips basieren auf einem von Halbleiter-RFID-Chips deutlich abweichenden Wirkprinzip. Der SAW-Transponder funktioniert nach dem Prinzip der reflektiven Verzögerungsleitung. Ein hochfrequenter Abfrageimpuls wird über die Transponderantenne eingekoppelt und auf dem Chip mittels inversem piezoelektrischen Effekt über einen Interdigitalwandler in eine akustische Oberflächenwelle umgewandelt. Durch hardwarecodierte Reflektoren erfolgt eine zeitlich selektive Reflektion der akustischen Welle. Am Interdigitalwandler zurückgekommen wird die nun zeitlich codierte Welle nach dem umgekehrten Prinzip (Piezoelektrischer Effekt) in ein codiertes Hochfrequenzsignal gewandelt und über die Transponderantenne an das Lesegerät zurückgesendet. Das Wirkprinzip ist vollständig passiv. Weil die Sendeleistung gesetzlich limitiert ist, muss für eine Verbesserung der Lesereichweite und der Codevielfalt der Wirkungsgrad der Umwandlungen und Reflektionen optimiert werden.

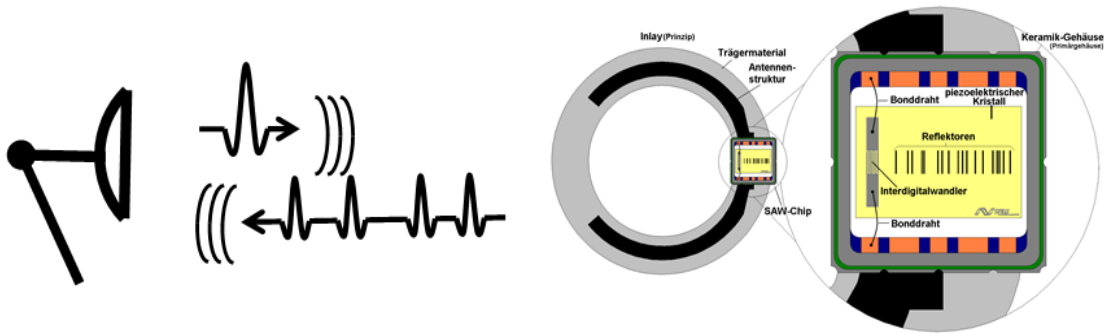


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Funktionsweise eines SAW-Transponders

Als Grundvoraussetzung für einen weltweiten, tierübergreifenden Einsatz von Agro SAW IDENT zur elektronischen Tierkennzeichnung ist es nach der Viehverkehrsverordnung notwendig, den international standardisierten 15-stelligen Tiercode mit der SAW-Technologie darzustellen. Deshalb war es notwendig, einen Coderaum von 10^{15} Codes (entspricht 50 Bit, 2^{50}) abzudecken.

Sowohl SCD als auch andere Anbieter waren zum Zeitpunkt des Projektstarts 2008 erst in der Lage, einen Coderaum von 20 Bit (2^{20}), also ca. 10^6 Codes, mit SAW-Tags bei 2.45 GHz darzustellen und mit Reichweiten von mehreren Metern zu lesen. Erschwerend kam hinzu, dass es bei einer Anwendung einer 2.45 GHz-Funktechnologie im Zusammenspiel mit wasserhaltigen Stoffen (hier Tierohr) zu Beeinflussungen und Beeinträchtigungen der Lesereichweite kommen kann.

Die Entwicklungsaufgabe für den Transponderchip bestand also darin, den zur Verfügung stehenden Coderaum deutlich zu erhöhen und dabei die erzielten Reichweiten auch unter deutlich erschwerten Voraussetzungen zu erhalten oder besser noch zu erhöhen. Gleichzeitig war der zur Verfügung stehende Platz durch die allgemein übliche Größe der Rundohrmarke sowohl für die Transponderantenne als auch für das Primärgehäuse limitiert. Mit dem Primärgehäuse wird die für den funktionsbestimmenden Chip zur Verfügung stehende Substratfläche bestimmt. Die Signallaufstrecke auf dem Substratkristall ist direkt proportional zur Signallaufzeit. Eine Verlängerung der Signallaufzeit, um eine Coderaumerhöhung zu erhalten, war also nicht möglich. Stattdessen mussten Möglichkeiten gesucht werden, die Signaldichte im Rahmen der Zeitauflösung der Reader zu erhöhen. Weil die Readerentwicklung parallel zur Chipentwicklung erfolgte, wurden die Fortschritte Zug um Zug realisiert.

Die Entscheidung zu einem Primärgehäuse $5 \times 5 \text{ mm}^2$ ging einher mit der Festlegung von Lithiumniobat YZ-Schnitt als Substratmaterial. Nur mit diesem Substratmaterial ist es möglich, mit dem zur Verfügung stehenden Platz und den erzielbaren Signalauflösungen den entsprechenden Coderaum unter Verwendung eines speziell optimierten Codiervorgangs darzustellen und mit Hilfe einer eigens für diese Anwendung entwickelten Plausibilitätsprüfung (Paritybits) zu verifizieren. Das optimierte Codiervorgang stellt sicher, dass bei einer gegebenen Signalauflösung und einer vorgegebenen maximalen Signallaufänge die höchstmögliche Codevielfalt dargestellt werden kann.

Die erzielbaren Reichweiten hängen außer vom Antennengewinn der eingesetzten Tagantenne und Readerantenne im großen Maße auch vom Design des SAW-Chips ab. Hier konnte SCD auf Erfahrungen aus der Entwicklung des 20 Bit-Chips ST2450C zurückgreifen.

Als erstes wurde dieser Chip mit Hilfe von zahlreichen Untersuchungen zur Beeinflussung der Chipfunktion durch Variation der technologischen Parameter für verschiedene Grunddesigns weiterentwickelt und über das mit einer normalen Simulation erreichbare Niveau hinaus optimiert. Der Signalpegel der Codiersignale konnte auf mehr als

-36 dB gebracht werden, bei einer Gleichmäßigkeit <4 dB und einem Signalabstand >15 dB zum Untergrundsignal. Damit ist die Performance des SAW-IDENT-Chips signifikant besser als die von Wettbewerbern angebotenen vergleichbaren Identifikationschips auf diesem Substratmaterial.

Gleichzeitig erfolgte der Übergang zu elektrostatisch unempfindlicherem Substratmaterial „schwarzes Lithiumniobat“. SAW-Bauelemente sind elektrostatisch empfindliche Bauelemente, die insbesondere bei Frequenzen im GHz-Bereich auf Grund der geringen Strukturabstände besonders geschützt werden müssen. Schwarzes Lithiumniobat ist ein relativ neues Substratmaterial, das erst seit wenigen Jahren kommerziell verfügbar ist. Die verringerte elektrostatische Empfindlichkeit wird dadurch erreicht, dass die Substratoberfläche bei der Waferherstellung durch Einbau von Fremdatomen etwas leitfähig gemacht wird.

Designuntersuchungen zeigten, dass ein wirksamer ESD-Schutz auf Substratebene bei Verwendung des herkömmlichen Substratmaterials nicht ohne zusätzliche Verluste beim Signalpegel realisierbar war. Der Wechsel des Substratmaterials erfüllte die Erwartungen und vermied so zusätzliche äußere Schutzmaßnahmen im Sekundärgehäuse.

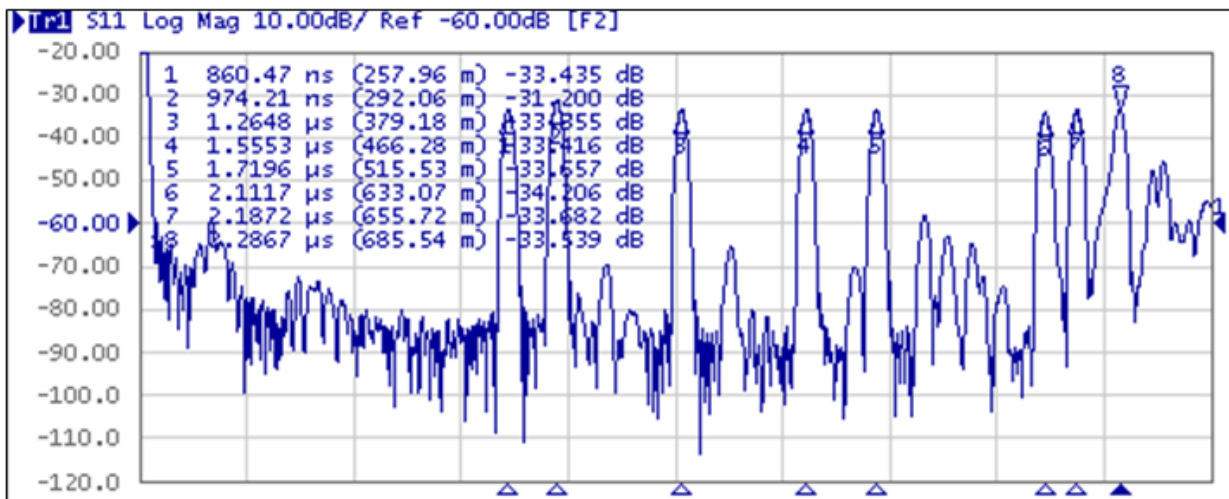


Abbildung 2: Antwortsignal ST2450C

Für die Erhöhung des Coderaums von 20 Bit (Transponderchip ST2450C) auf 50 Bit (Transponderchip ST2450F) war es erforderlich, sowohl mehr Reflektoren einzusetzen als auch die Signalabstände zu reduzieren und das Positionsraster zu verfeinern. Dies wurde in drei Schritten realisiert.

Im ersten Schritt (ST2450D – 33 Bit-Tag) wurde die Reflektoranzahl von acht auf zwölf erhöht und der minimale Signalabstand von 63 ns auf 50 ns reduziert. Um dabei eine maximale Stärke und Schärfe des Antwortsignals von Transponderchip zu erhalten, wurden umfangreiche Untersuchungen durchgeführt. Sie zeigten, dass ein Übergang von dem bekannten 1-Spur-Design auf ein 2-Spur- oder 3-Spur-Design die Wechselwirkungen der einzelnen Reflektoren untereinander reduziert, aber zu stärkeren Verlusten im Signalpegel führt. Es wurde entschieden, beim 1-Spur-Design zu verbleiben.

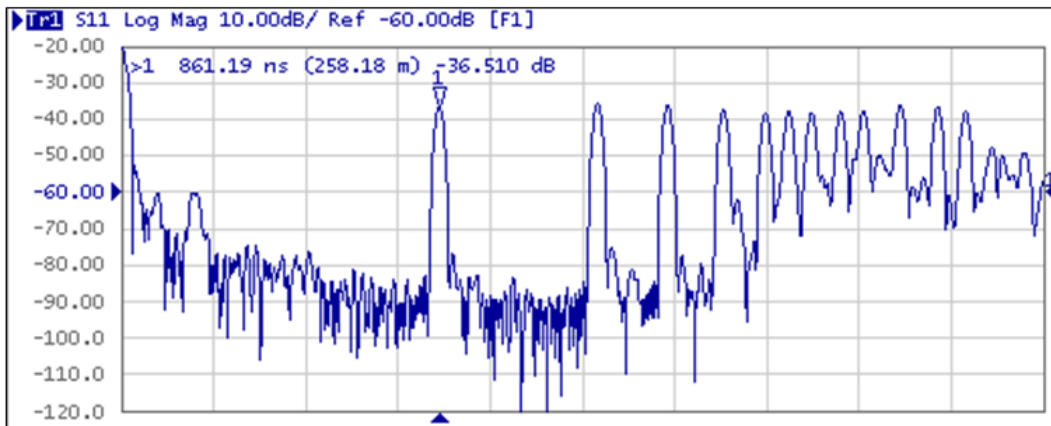


Abbildung 3: Antwortsignal ST2450D

Mit dem 33 Bit-Tag ST2450D wurde ein Signalpegel -39 dB realisiert bei einer Gleichmäßigkeit besser 4 dB. Im zweiten Schritt (ST2450E – 39 Bit-Tag) wurde die Reflektoranzahl auf 18 Reflektoren erhöht, die auch für die Darstellung von 10^{15} Tiercodes notwendig sind. Der erreichbare Signalpegel reduzierte sich dadurch auf -41 dB.

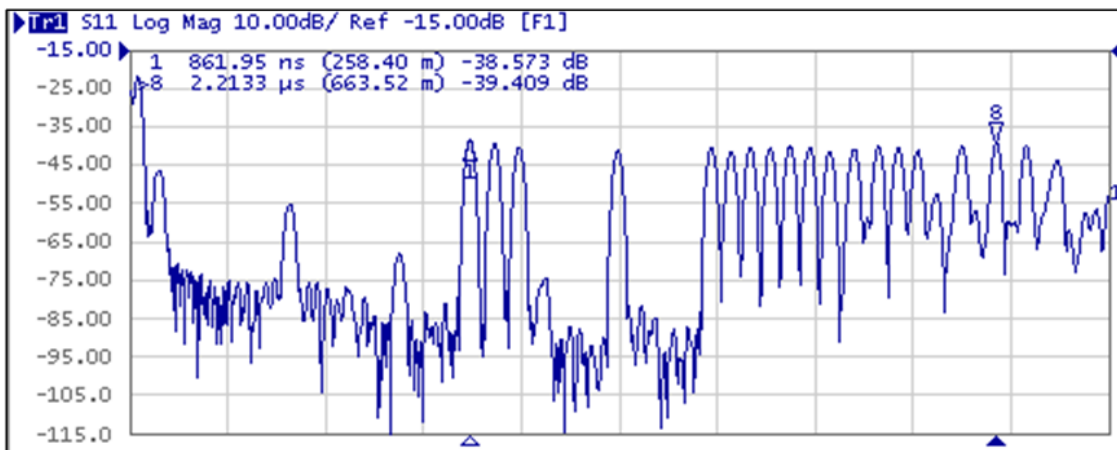


Abbildung 4: Antwortsignal ST2450E

Im dritten Schritt (ST2450F – 50 Bit-Tag) wurden das Positionsraster so weit verkleinert, wie es für die Darstellung der 10^{15} -Codes auf der zur Verfügung stehenden Lauflänge des Signals notwendig ist. Damit verringerte sich der minimale Signalabstand auf nur noch 40 ns. Eine weitere Verschlechterung des Signalpegels erfolgte dadurch nicht. Die Unterschiede zwischen den Signalen betragen weiterhin <4 dB.

Mit Hilfe dieser kontinuierlichen Chipentwicklung konnte die Darstellung des 15-stelligen Tiercodes zielgerichtet erreicht werden. Im Vergleich zum Ausgangschip ST2450C stellt das Chip ST2450F allerdings erhöhte Anforderungen an die Reader- und Auswertetechnik, um den Verlust von ca. 5 dB im Signalpegel zu kompensieren und mit der erhöhten Datendichte zurechtzukommen.

Zur Erreichung des gestellten Ziels waren umfangreiche Untersuchungen, zahlreiche Diskussionen mit den Verbundpartnern RSSI und SE sowie mehrere Prozessdurchläufe von der Maskenfertigung bis zum gehauten Chip notwendig, die in diesem Bericht nur andeutungsweise beschrieben werden können.

2.4 Arbeitsetappe 4: Entwicklung des Primärgehäuses des SAW-Transponderchips

In der Funktional-kette des Transponders stellt das Primärgehäuse das Bindeglied zwischen Chip und Transponderantenne dar. Daraus ergeben sich eine Reihe von funktionalen, material-technischen und geometrische Forderungen, die bei der Auswahl der geeigneten Gehäusekonstruktion zu berücksichtigen sind. Insbesondere sind dies:

Interface zum Chip

- genügend Aufnahmeraum zur Unterbringung des Chips
- geeignete, zuverlässige elektrische Verbindung zwischen Chip und Gehäuse zur Signalübertragung

Interface zur Antenne des Anwendungsgehäuses

- geeigneter Formfaktor für Unterbringung im Anwendungsgehäuse
- Interface zur elektrischen und mechanischen Verbindung mit der Antenne mit üblichen Verfahren in langzeitbeständiger Ausführung
- Resistenz im Ultraschallschweißprozess beim Fügen des Anwendungsgehäuses

Allgemeine Anforderungen

- beständig hinsichtlich der zu erwartenden klimatischen Bedingungen (z. B. hermetischer Verschluss)
- kostengünstige Konstruktion und problemlose Beschaffbarkeit
- Automatisierung im Fertigungsprozess

In der SAW-Technologie werden in Abhängigkeit von den Applikationsanforderungen drei Grundtypen von Einhausungen verwendet:

- Metallgehäuse
- Keramikgehäuse
- Chip-scale-package/Wafer level package

Es galt zu prüfen, welche der Hausungsarten den o. a. Anforderungen am besten entspricht, um die zu treffende Auswahl durch Praxis im Herstellungsprozess und in der Applikation zu bestätigen. Nach gründlicher Analyse der Randbedingungen wurde ein Keramik-SMD-Gehäuse mit den äußeren Abmessungen (5 x 5 x 1) mm als favorisierte Variante herausgearbeitet.

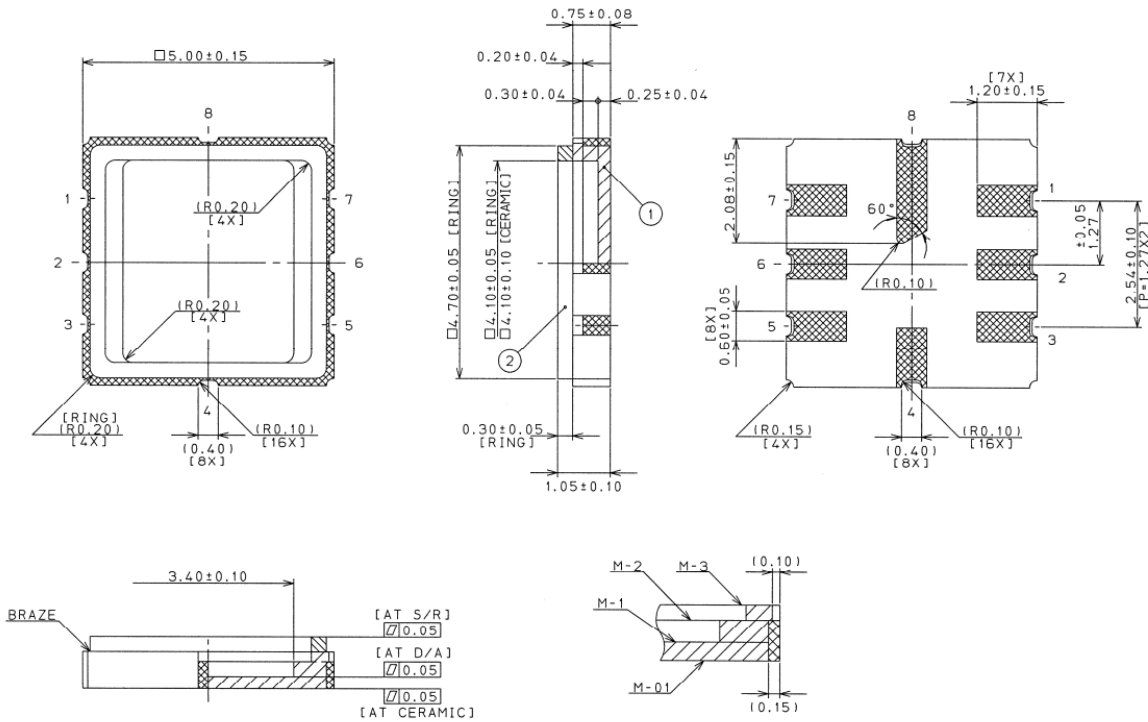


Abbildung 5: Technische Maße des Primärgehäuse

Dieser Gehäusetypp konnte als einziger die geforderten Formfaktoren hinsichtlich der Unterbringung des Chips im Gehäuse und des zur Verfügung stehenden Platzes im Anwendungsgehäuse erfüllen. Zusätzlich können durch automatisierte Verfahren zum Chipbonden (mechanische Befestigung des Chips), Drahtbonden (elektrische Kontaktierung des Chips), Rollnahtschweißen (hermetisch dichter Verschluss) und zur Antennen-Leiterkartenbestückung (mechanische und elektrische Anbindung an die Antenne) weitere wichtige technisch-technologische Bedingungen eingehalten werden.

Beim Ultraschallschweißen (20 kHz) des Anwendergehäuses zeigten sich nach Optimierung keine Ausfälle im Verbund Chip – Primärgehäuse – Antenne. Die Auswertung der durchgeführten Feldtests zeigte ebenfalls keine Anhaltspunkte für Funktionalverluste im Verursachungsbereich des Primärgehäuses.

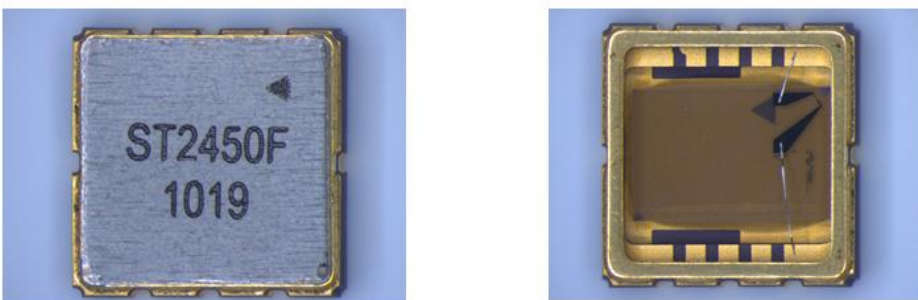


Abbildung 6: Primärgehäuse und Chip im Primärgehäuse

2.5 Arbeitsetappe 5: Entwicklung der Transponderantenne und des Anwendungsgehäuses

Auf der Grundlage der landwirtschaftlichen und technischen Systemdefinition wurde von vornherein auf die Entwicklung von Rundohrmarken fokussiert. Bei der Entwicklung der Transponderantenne und des Anwendungsgehäuses musste im Gegensatz zu den Themen SAW-Transponder-Chip und Primärgehäuse die vorhandene Kompetenz über funktechnische Entwicklung, mechanische Konstruktion, messtechnische Erprobung und Optimierung der Anwendung erweitert werden.

In dieser Phase trug die Diplomarbeit von Michael Schramm, Hochschule Mittweida, eingereicht am 31.07.2009, im entscheidenden Maße zum Kompetenzaufbau bei. Die RSSI GmbH hat bei der Transponderantennen-Entwicklung ihre Erfahrungen eingebracht. Das LfULG hat durch Kontakte zu Ohrmarkenherstellern und durch Hinweise zur Konstruktion der Ohrmarken Unterstützung gegeben. SE hat die Optimierung der Ohrmarken durch die Softwareentwicklung begleitet.

Michael Schramm hat für SCD die Grundlagen der Antennensimulation herausgearbeitet, ihre Zweckmäßigkeit untersucht und wichtige Erfahrungen für das Projekt hinterlassen, die hier in Grundzügen dargestellt werden:

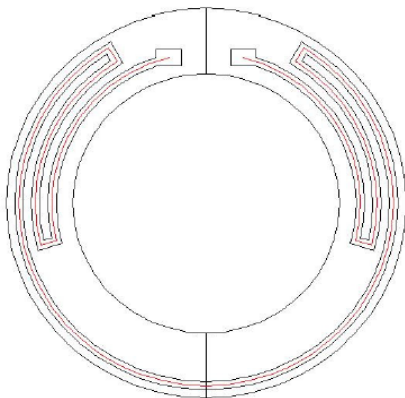


Abbildung 7: Antennenlayout simuliert nach verfügbarer Fläche und funktechnischen Hauptmerkmalen (Sende-/Empfangsfrequenz, Polarisierung)

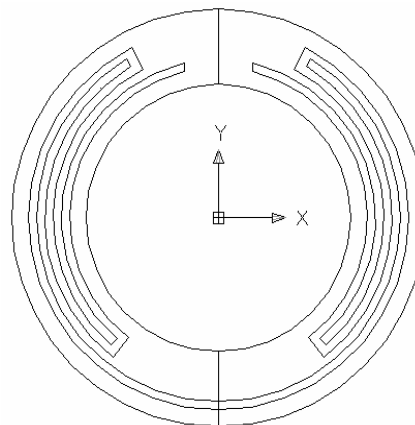


Abbildung 8: Antennenlayout simuliert unter zusätzlicher mathematischer Berücksichtigung ...

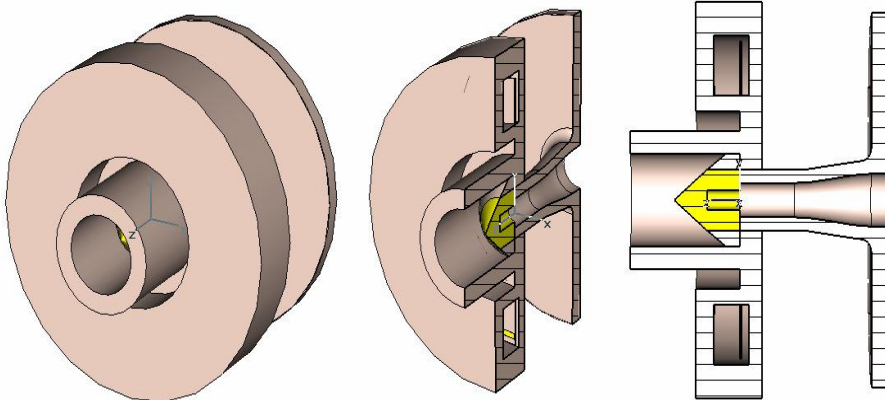


Abbildung 9: ... der komplexen Geometrie der Ohrmarken und der Materialeigenschaften des Kunststoffes und ...

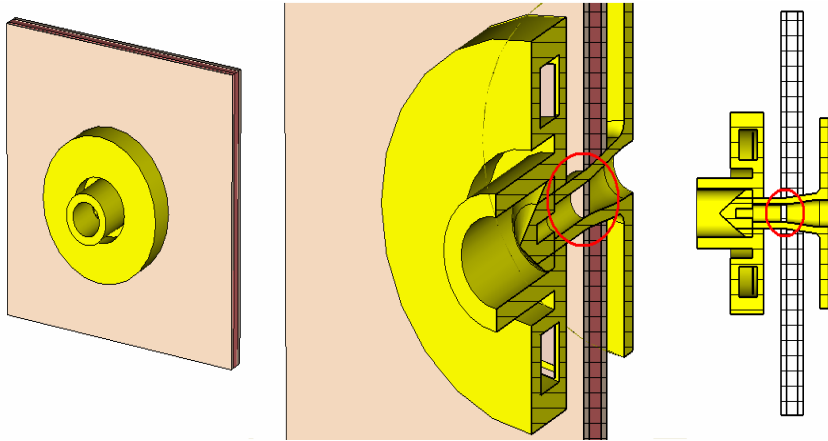


Abbildung 10: ... der Einflüsse des (wasserhaltigen) tierischen Gewebes (Kuhohr) und der Luftspalte vor und hinter dem Ohr auf die Funkeigenschaften der Antenne



Abbildung 11: Auf der Grundlage der Simulationsergebnisse wurden erste Antennenmuster hergestellt und mit einem SAW-Transponderchip im Primärgehäuse versehen.



Abbildung 12: Die Antennenmodule wurden in Mustergehäuse elektronischer Rundohrmarken eingesetzt. Es entstanden die ersten Labormuster der SAW IDENT-Ohrmarken.



Abbildung 13: Die Ohrmarken-Labormuster wurden für erste "praxisnahe" Tests an Kuhohren von Schlachttieren angebracht und messtechnischen Untersuchungen unterzogen. Kabelgebundene Messung der Labormuster zum Vergleich der Mustereigenschaften mit den Simulationsergebnissen führten zu erstem Redesign.



Abbildung 14: Funkstrecke zur Bestimmung der erreichbaren Lesereichweite mit einer 16 dBi-Readerantenne und den Labormustern auf der Grundlage der Simulation nach erstem Redesign

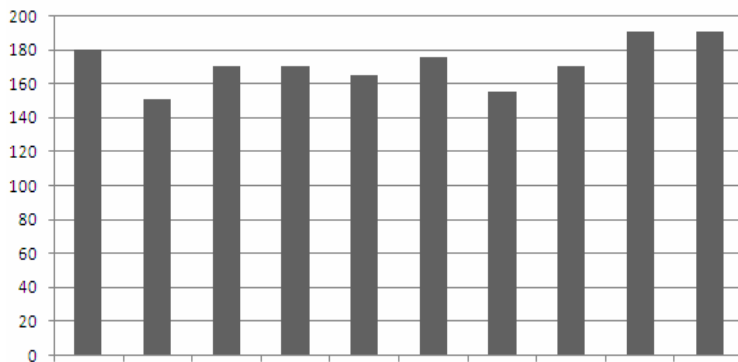


Abbildung 15: Lesereichweite [in cm] der ersten 10 Labormuster

Die Reichweitemessungen an den ersten auf der Grundlage der Simulation nach leichter Korrektur der Antennenstruktur hergestellten Labormustern in funktechnisch günstiger Laborumgebung im Dezember 2008 zeigten im Hinblick auf die erfolgreiche Weiterführung des Projektes vielversprechende Ergebnisse.

Parallel zur Antennensimulation wurde nach Möglichkeiten gesucht, mit möglichst geringen Kosten etwa 2.000 Stück Demonstrator-Ohrmarken für die vorgesehenen Feldversuche herzustellen. Aufgrund der hohen Kosten für die Herstellung von Plastspritzwerkzeugen wurde die Konstruktion einer speziellen Ohrmarke für das Projekt verworfen. Die Bemühungen, unsere Antennenmodule bei bekannten Ohrmarkenherstellern in Ohrmarken integrieren zu lassen, scheiterten in den meisten Fällen aus technischen und strategischen Gründen. Allein die Gepe-Geimuplast GmbH aus Farchant verfügt nach Recherche der Autoren über eine Technologie zur Herstellung elektronischer Ohrmarken, die es im Rahmen von Agro SAW erlaubte, die SAW-Antennenmodule in serienmäßig verfügbare Kunststoffteile einzulegen und die Teile mit Ultraschallschweißen zuverlässig zusammenzufügen. Gepe hat das Projektteam durch kurzfristige Musterbereitstellung, technische Beratung und Lieferung der benötigten Ohrmarkenteile für die Demonstratorherstellung dankenswerterweise sehr unterstützt.

Im Ergebnis der Erprobung der von Gepe erhaltenen Muster und der Übernahme der Geometrie- und Materialdaten der Gepe-Ohrmarken in die funktechnische Ohrmarkensimulation mussten dann jedoch zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden, um die Eigenschaften der Ohrmarken, insbesondere die Reichweite, zu sichern und zu verbessern.



Abbildung 16: Umgestaltung der Transponderantenne von einem Faltdipol in einen Dipol

- Sonderaufbau der Kunststoffteile der Demonstrator-Ohrmarke, um einen für die Frequenz von 2,4 GHz vorteilhaften Abstand zwischen Antennenmodul und Ohr zu erreichen



Abbildung 17: Aufbau einer SAW Ohrmarke

Die Ultraschall-Schweiß-Technologie zur Herstellung der Demonstrator-Ohrmarken wurde mit Unterstützung der Herrmann Ultraschalltechnik GmbH & Co. KG aus Karlsbad entwickelt und auf deren Anlagen ausgeführt.



Abbildung 18: Ultraschallschweißen der Agro-SAW-IDENT Demonstrator-Ohrmarken

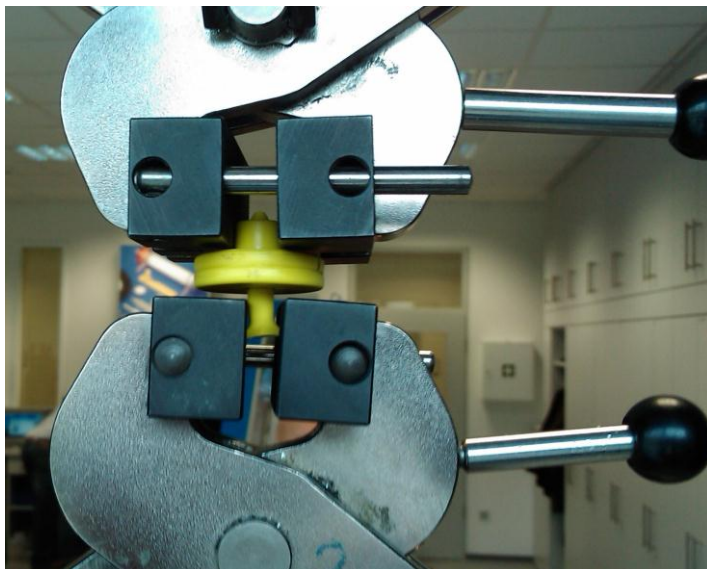


Abbildung 19: Festigkeitskontrolle der Ultraschallschweißung

Im Rahmen der Arbeitsetappe 5 hergestellte SAW-IDENT-Ohrmarken: 2.050 Stück, davon

- 20 Bit Ohrmarken: 1.070 Stück,
- 50 Bit Ohrmarken (mit internationaler Tiernummer): 980 Stück

Unter Laborbedingungen mit Agro SAW IDENT-Reader und 16 dBi-Readerantenne mit den Prototypen stabil erreichte Lesereichweiten:

- 20 Bit Ohrmarken, Signal-Rausch-Verhältnis 4: 3,00 m
- 50 Bit Ohrmarken, Signal-Rausch-Verhältnis 2: 2,00 m

An Rindern unter Stallbedingungen eingesetzte SAW IDENT-Ohrmarken: 1.903 Stück, davon

- 20 Bit Ohrmarken: 1.005 Stück,
- 50 Bit Ohrmarken(mit internationaler Tiernummer): 898 Stück

Aus den Feldversuchen wurden als mechanisch zerstört gemeldet: 2 Stück

Zusammenfassend ist einzuschätzen, dass mit den Agro SAW IDENT-Demonstrator-Ohrmarken leistungsstarke, zuverlässige Tiertransponder hergestellt wurden, die im System mit Agro SAW-Readern und -Software technisch hochwertige RFID-Systeme bilden. Im Ergebnis der Bearbeitung von Arbeitsetappe 5 ist SCD in der Lage 2,4 GHz-Transponderantennen und RFID-Transponder in verschweißten Kunststoffgehäusen für den Einsatz in der Tierhaltung, in anderen Bereichen der Landwirtschaft sowie in Industrie und Logistik zu entwickeln und herzustellen.

2.6 Arbeitsetappe 6: Prototypenentwicklung der Reader für landwirtschaftliche Anwendung

In den Arbeitsetappen „Landwirtschaftliche Systemdefinition“ ASI 1 und „Technische Systemdefinition“ ASI 2 wurden die technischen Vorhabenziele konkretisiert, die auch in der Readerentwicklung umgesetzt werden mussten. Die landwirtschaftlichen Anwendungen stellen hohe Ansprüche an Lesegeschwindigkeit, Reichweite und Codeumfang, für die der Reader optimiert werden muss. Ausgehend vom Prinzip des FMCW-RADAR wurde für die ASI SAW ID-Ausleseeinheit zusätzlich eine optimierte Kombination von FMCW- und Puls-RADAR realisiert.

Die Rohdaten fallen mit extrem hoher Geschwindigkeit von bis zu 1.000 Sweeps/Sekunde an und übersteigen die Übertragungsraten einfacher Standardschnittstellen erheblich. Um die notwendige Datenreduktion zu erreichen, wurde für die Signal-Vorauswertung in den Reader ein interner Decoder und Software integriert. Dieses Lesegerät wird im Folgenden als „ASI-READER“ bezeichnet.

Die entscheidenden Systemleistungsdaten werden von den Leistungsdaten des Readers, aber auch durch andere Systemkomponenten begrenzt. Sie sind teilweise untereinander verkoppelt. Folgende Leistungsdaten wurden mit dem ASI Reader erreicht:

- CODERAUM: geeignet für die zu entwickelnden SAW Transponder-Chips mit Coderaum 10^{14}
- ABTAstrate: 1 Lesung/Millisekunde
- REICHWEITE und LESERATE: Die Reichweite wird im Messlabor mit einem typischen SAW-Referenztag und je einer 8 dBi-Antenne an ASI-Reader und ID-Tag ermittelt.

Tabelle 4: Reichweiten in Abhängigkeit von der Integrationszahl

Integrationszeit (Anzahl Sweeps)	Reichweite in Metern
1	2,7
5	6,9
10	8,7
20	12,2
40	13,7
63	15,4

ENERGIEVERBRAUCH	
Dauerbetrieb:	7 W
getriggerte Lesung (1 Lesung pro Sekunde, interner Decoder):	3,5 W
INTERNER DEKODER	verfügbar
ANTENNENUMSCHALTER	< = 4 Antennen
LESERATE	
Interner Decoder	< 55 Lesungen /Sekunde
Externer Decoder	< 15 Lesungen /Sekunde
DIMENSIONEN, GEWICHT	
LxBxH:	104 x 164 x 44 mm ³
Gewicht:	690 g
FEHLERQUOTEN	
Ohne Tag:	< 10 ⁻⁴
Tag an Lesegrenze:	0,3 %
STATIONÄRE UND PORTABLE READER	
Spezifische Systemanforderungen:	
Stationärer Reader:	Identifikation in der Vereinzelung
Portable Reader:	Identifikation einzeln oder in der Gruppe, vorrangig in Bewegung

Die entwickelten ASI Reader-genügen hinsichtlich ihrer technischen Daten und des kompakten Aufbaus beiden Anforderungen.

Bedeutung der Ergebnisse für das Gesamtprojekt

Nach den in der Arbeitsetappe ASI 2 „Technische Systemdefinition“ von den Verbundpartnern erarbeiteten Vorgaben erfolgte die Erstellung eines optimierten Schaltungsdesigns für die erforderlichen Lesegeräte, die Konstruktion von Gerätegehäusen für den landwirtschaftlichen Einsatz und der Aufbau entsprechender Prototypen.

Zusammen mit systemangepassten Leseantennen aus Arbeitsetappe ASI 7 (siehe unten) und einer angepassten Auswerte-Software aus Arbeitsetappe 8 bilden die ASI-Reader für die Projektpartner die notwendige gerätetechnische Grundlage zur Abfrage und Erfassung der SAW ID-Marken. Es wurden insgesamt fünf ASI Reader aufgebaut. Vier davon wurden den Projektpartnern für Feldversuche zur Verfügung gestellt; ein fünfter verbleibt bei RSSI für Referenzmessungen. Die Reader (Abbildung 20) sind für den Betrieb mit Mehrfachantennen eingerichtet und mit verschiedenen Standard-Signalschnittstellen versehen.



Abbildung 20: Der ASI-Reader im Gehäuse mit Anschlüssen für Schnittstellen und zwei Antennen

2.7 Arbeitsetappe 7: Entwicklung der Leseantenne

Eine Auswahl von in Frage kommenden Antennen wurde von RSSI beschafft und demonstriert, die Eignung wurde von den Projektpartnern diskutiert und entschieden. Alle Antennen entsprechen den von den SAW-Tags und ihren Transponderantennen gesetzten Bedingungen. Sie sind geeignet für das verwendete ISM-Frequenzband von 2,40 GHz bis 2,48 GHz. Die Transponderantennen sind linear polarisiert, wobei die Polarisationsrichtung nicht vorgebar ist. Deshalb müssen die Leseantennen beide Polarisationsrichtungen erfassen.

Als portable Geräte für Nah- und Fernfeldmessungen sind „Mobile Reader“ mit entsprechenden Antennen vorgesehen und sollen dafür besonders kompakt aufgebaut sein. Antennen mit Richtwirkung zur Erfassung größerer Entfernungen sind allerdings prinzipiell aus physikalischen Gründen größer ausgedehnt als Antennen für kurze Distanzen.

Dagegen sollen mit dem „Stationären Reader“ fest vorgegebene Raumbereiche, in denen sich die zu identifizierenden Tiere befinden, möglichst optimal erfasst werden. Diese Erfassungsbereiche beginnen dicht bei der Antenne und enden in einem Abstand von 1,5 Metern bis zu mehreren Metern. (Über den Zusammenhang von Reichweite, Leserate und Integrationsrate siehe Arbeitsetappe ASI 6, Readerentwicklung). Im hochfrequenztechnischen Sinn werden diese Antennen alle in ihrem Nahfeld eingesetzt.

Tabelle 5: Unterschiedliche im Projekt verwendete Antennen

ASI-Antennen	Antennentyp	Abmessungen [mm]	Öffnungswinkel [°]	Polarisation
Einzelantenne (1)	patch	ca. 101 x 95 x 32	70 x 65	zirkular
Einzelantenne (2)	stacked patch	120 x 120 x 50	70 x 70	zirkular
Einzelantenne (3)	Yagi	75 Ø x 540 lang (Abstrahlrichtung)	30 x 30	linear
Doppelantenne (4)	stacked patch	je 120 x 120 und 0,5 m vertikaler Abstand	je 70 x 70	zirkular
Doppelantenne (5)	stacked patch, dual slant	je 120 x 120 und 0,5 m vertikaler Abstand	je 70 x 70	je linear 0° und 90°

(1) eingesetzt in Versuchen mit portablem Reader

(2) universell einsetzbare Antenne für gute Winkelabdeckung und moderate Entfernungen

(3) Für die Erfassung größerer Entfernungen mit dem portablen Reader. Die Antenne wird während der Messung geschwenkt, um orthogonal polarisierte ID-Tags zu erfassen.

(4) Durch den Einsatz der Doppelantennen wird der Erfassungsraum in vertikaler Richtung entsprechend vergrößert. Es wird ein Reader mit zwei umschaltbaren Antennenanschlüssen benötigt. Die Antennen müssen sequentiell angesteuert werden, um die bei synchroner Ansteuerung auftretenden Nullstellen im Antennennahfeld und damit verbundene Lesefehler zu vermeiden.

(5) Es wird ein Reader mit vier sequentiell angesteuerten Antennenanschlüssen benötigt. Mit dieser Antennenkonfiguration lässt sich grundsätzlich der Signalempfang verbessern. Ob sich dies in einen nutzbaren Systemvorteil des ASI Readers umsetzen lässt, ist heute noch offen.

Antennengehäuse

Die Antennen sind handelsüblich gehäust. Um den besonderen rauen Umgebungsbedingungen des Agrarbetriebes Rechnung zu tragen, werden sie zusätzlich in Schutzgehäuse eingebaut. Als adäquate und kostengünstige Lösung für ein Demonstratormodell hat sich die Verwendung eines Kanalgrundrohres (KG Rohr) erwiesen. Als Produkt aus der Abwassertechnik genügt es hinsichtlich mechanischer, thermischer und chemischer Beständigkeit auch den hier in der Agrartechnik gestellten Anforderungen. Die Experimente in ASI 7 haben ergeben, dass auch die hochfrequenztechnischen Eigenschaften zufriedenstellend sind.

Das so gehäuste Antennensystem wurde in zahlreichen Feldversuchen eingesetzt.

Bedeutung der Ergebnisse für das Gesamtprojekt

Die Entwicklung von Leseantennen für unterschiedliche Anwendungsbereiche ist eine Voraussetzung für die Optimierung des Gesamtsystems. Wie aus den Systemdefinitionen (Etappen ASI 1 und ASI 2) resultiert, sind für den Projekterfolg neben Antennencharakteristik und -gewinn auch Fragen der geometrischen Abmessungen und Handhabbarkeit im mobilen Einsatz von Bedeutung.

In der landwirtschaftlichen Systemdefinition wurden zwei Ziele konkretisiert, die mit einem stationären bzw. einem mobilen Reader erreicht werden sollen. Daraus ergeben sich etwas unterschiedliche Anforderungen an die entsprechenden Readerantennen. Als Ergebnis der Arbeitsetappe ASI 7 stehen den Projektpartnern angepasste Antennen zur Systemerprobung in Labor und Feldversuch zur Verfügung.



Abbildung 21: Leseantenne im Versuch im Lehr- und Versuchsgut Köllitsch

Die Antenne ist dem senkrecht aufgestellten, braunen Rohr (Schutzgehäuse) untergebracht.

2.8 Arbeitsetappe 8: Softwareentwicklung

Aufgabenstellung

- Steuerung des Readers unter verschiedenen Nutzungs- und Umgebungsbedingungen und bei unterschiedlichen Antennenkonfigurationen
- Verarbeitung und Auswertung des Readersignals mit verschiedenen Auswertungsprämissen wie Geschwindigkeit, Entfernung Sicherheit, Sensordaten
- Auswertung, Protokollierung und Ausgabe der codierten Lebenskennzeichnung nach dem ADIS/ADET-Standard (ISO 11 787); Verarbeitung von Sensordaten (Temperatur, Entfernung, Bewegungsrichtung) unter Berücksichtigung der gültigen Standards (ISO 11 788; ISO 17 532)
- Entwicklung einer geeigneten Bedienoberfläche und Nutzerschnittstelle zur manuellen und automatischen Erfassung der Transponderdaten; Schaffung von Schnittstellen zu vorhanden Datenbanken (z. B. HI-Tier), um den Datenaustausch mit anderen Datensystemen zu gewährleisten
- Entwicklung standardisierter Schnittstellen, Kopplung zur Stalltechnik und anderer Ausrüstung sowie zu vorhandener Software, damit die Transponderdaten mehrfach verwendet werden können

Erbrachte Leistungen

Die Schneider Elektronik GmbH & Co. KG (SE) hat im ersten Schritt das Readersignal, welches das Ergebnis der schnellen Fourier-Transformation ist, verschiedene grundlegende Verfahren und Algorithmen geprüft und ausgewertet.

- Interpolation und Approximation
- Anpassung mit Polynomen
- Anpassung mit SINC
- verschiedene Filteranwendungen
- verschiedene Glättungsverfahren

Die Ergebnisse mündeten in der Entwicklung eines eigenen Algorithmus zur Erkennung der im Readersignal enthaltenen Transpondernummer. Die Transpondernummern werden zusammen mit Orts- und Zeitinformationen in einer Datenbank abgelegt. Im zweiten Schritt wurde die schnelle Fourier-Transformation des Readers nicht mehr benutzt und eine eigene schnelle Fourier-Transformation (FFT) in der Software realisiert. In vielen Messreihen wurden verschiedene Parameter und Fensterungen der FFT getestet und ausgewertet. Die optimalen Parameter für das verwendete Erfassungssystem Reader/Antenne/Transponder wurden in die Software übernommen.

Als weitere Kernlösung wurde ein mathematischer Algorithmus für die 50 Bit-Ohrmarken entwickelt, der die Umrechnung der nach der Tierverskehrsverordnung geforderten Tiernummer in die für die SAW-Technik erforderlichen Codepositionen und zurück gewährleistet.

SE hat während der Projektlaufzeit weitere Verbesserungen am Auswertalgorithmus und an der Benutzersteuerung der Software vorgenommen. Die Software wurde erweitert, um externe Start-/Stopp-Signale verarbeiten zu können. Dadurch ist es jetzt möglich, den Reader nur in bestimmten Situationen zu aktivieren (z. B. bei geöffnetem Melkeingang). Für den mobilen Reader wurde eine spezielle Version der Software entwickelt, die an die Displaygröße und den Handlungsablauf angepasst ist. Im Rahmen der Feldversuche wurde der Bedarf an weiterer Softwareentwicklung erkannt, dieses betrifft die automatische Datenübertragung, die Gewinnung der Referenzdaten,

die Auswertungen. Mit hohem Aufwand wurden diese Programme entwickelt und dem Projekt zur Verfügung gestellt. Der Aufwand musste für jede der vier Feldversuchsstellen erneut betrieben werden, weil jeweils andere Referenzdatenformate und andere Bereitstellungswege vorhanden waren. Die Auswertung der Sensordaten konnte innerhalb dieses Projektes nicht vollständig untersucht werden. Erste Ansätze zur Entfernungsmessung sind für ein genau abgestimmtes Messsystem Reader/Antenne realisiert worden. Dieses Verfahren bedarf aber noch weiterer Untersuchungen.

Leistungsumfang der Datenerfassung

SE hat eine Software zur Bedienung des Readers und zur Auswertung der Transpondersignale erstellt. Die Software ist lauffähig unter den gängigen Microsoft Windows-Betriebssystemen. Die Software ist in zwei Versionen verfügbar, die Version SAW11 für den FMCW-Reader und der Version SAW12 für den ASI-Reader. Die Versionen sind von der Bedienoberfläche gleich gestaltet. Die Software ist in drei Funktionsbereiche gegliedert:

- Stammdaten einstellen (Readereinstellungen, Transpondertypen, Erfassungsparameter, Protokollangaben)
- Datenerfassung
- manuelles Auswerten und Betrachten der erfassten Daten

Die Software ist für den Dauerbetrieb geeignet und startet auch automatisch mit voreingestellten Parametern zum Beispiel nach Stromausfall neu. Die erfassten Daten können automatisch uhrzeitgesteuert per Datenfernübertragung den anderen Partnern oder übergeordneten Steuerungen zur Verfügung gestellt werden. Die Software wurde in den vier Versuchsaufbauten zum Einsatz gebracht.

Leistungsumfang der Agro SAW-IDENT Software

- Stammdaten verwalten
- Readerparameter (Schnittstelle, Datenrate, HF Parameter)
- Betriebsarten (Transpondertyp, Datenarten, Toleranzen)
- I/O-Karte (Schaltzeiten der 16 Ausgangsleitungen)
- Protokoll (Ort und Uhrzeit der Protokollerstellung, automatische Aktivierung)
- GUI (Aussehen der Oberfläche)
- Stammdaten laden und speichern
- Personalisierung der Transponder (Name, Vorname, Zuordnung von Ausgangsleitungen)
- Datenerfassung (Speicherung bis zu 2 Mio. Datensätzen)
- Darstellung der Empfangskurve (im Zeitbereich)
- Umrechnung des SAW-Codes in den internationalen 15-stelligen Tiercode, in Anlehnung an ISO11784 in beide Richtungen
- Bildschirmauflösung für mobilen Reader umschaltbar
- Unterstützung Touchscreenbedienung
- Unterstützung von 16 Ausgangsleitungen zur Ansteuerung der Stalltechnik
- Unterstützung Datenexport
- Unterstützung eines externen Start-/Stopp-Signals zur Readersteuerung

Erkennungsrate Arzberg April 2010

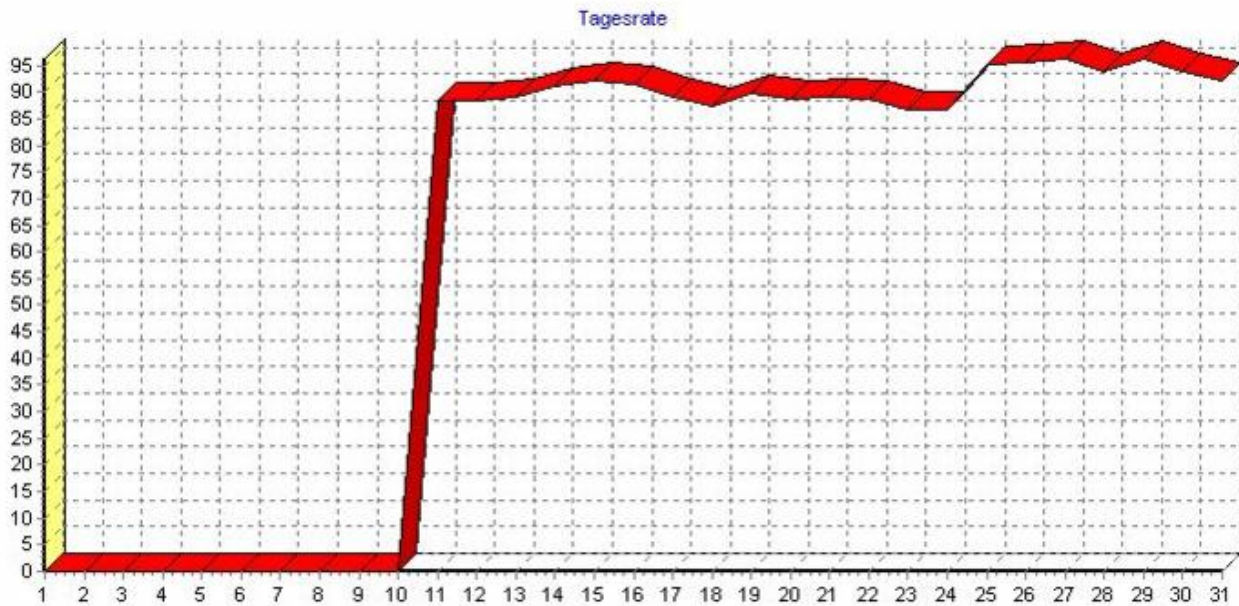


Abbildung 24: Graphische Darstellung der Erkennungsrate in der Auswertungssoftware

2.9 Arbeitsetappe 9: Systemintegration

Aufgabenstellung

- Erarbeitung und Testung von Integrationsplänen zur SAW-Tieridentifikation in der landwirtschaftlichen Praxis (Betrieb, Transporteur, Schlachthof, Verwaltung)
- Berücksichtigung der unterschiedlichen Umweltbedingungen und Bedienerfordernisse für die Gerätekonzeption unter Anwendung der für die einzelnen Einsatzbereiche geltenden Sicherheitsnormen und eventueller Materialbeschränkungen
- Entwicklung der verschiedenen Gerätevarianten (tragbar oder PC-gestützt) durch Zusammenführung des SAW-Readers, der Antennen und der Software
- Berücksichtigung von ergonomischen und Arbeitsschutz-Kriterien beim Gerätedesign und bei den Bedienelementen
- Auswahl der geeigneten Schnittstellen, um einen sicheren und reibungslosen Datenaustausch zu gewährleisten

Erbrachte Leistungen

Für die Systemintegration wurde auf Grundlage der im ASI 1 geforderten Leistungsmerkmale die konkrete technische Umsetzung erarbeitet und verschiedene Lösungsansätze und Leistungsklassen gegenübergestellt. Für den stationären Aufbau wurde ein lüfterloser Touchscreencomputer im Aluminiumgehäuse entwickelt. Die Readerantenne und der Reader selbst wurden in einem handelsüblichen 125er KG-Rohr untergebracht. Dieses Kunststoffrohr besitzt ausreichend gute HF-Eigenschaften und lässt sich vernünftig abdichten. Der Reader wurde über USB-Schnittstelle an den Touchscreencomputer angeschlossen.

Technische Daten Touchscreencomputer Mappit A4F:

- CPU Intel Dual Kern T8100
- RAM 2 GB, Harddisk 160 GB
- 15" TFT 1024 x 768 mit Touch
- Schnittstellen 2 serielle, 4 USB, 2 Netzwerk 10/100/1000
- ein freier PCI-Steckplatz
- Aluminiumgehäuse komplett geschlossen
- Betriebssystem MS-Windows XP Pro
- Maße: 385 x 295 x 70mm (BHT)

Über den freien Steckplatz können je nach Bedarf entsprechende Schnittstellenkarten nachgerüstet werden. Für den mobilen Einsatz wurde ein batteriebetriebener lüfterloser Touchscreencomputer im Aluminiumgehäuse entwickelt. Die Bestandteile Computer, Reader und Antenne bilden eine tragbare Einheit.

Technische Daten mobiler Reader:

- CPU Intel Atom N270
- RAM 1 GB, Harddisk 32 GB
- 4.8" TFT 800 x 600 mit Touch
- Schnittstellen: 2 USB, 1 Netzwerk 10/100/1000, WLAN
- Aluminiumgehäuse komplett geschlossen
- Akku 26 Wh
- Betriebssystem MS-Windows XP Pro
- Maße: 120 x 170 x 28 mm (BHT)



Abbildung 25: Mobiler Reader

Ergebnisse

Die Systeme wurden in den vier Versuchsanlagen aufgebaut und über einen längeren Zeitraum erfolgreich betrieben (12 Monate). Die gewählte Technik hat sich mit lüfterlosem Computer und abgedichtetem Antennenrohr bewährt. In drei Standorten wurde eine Datenübertragung per UMTS gewählt, die sich als nicht ganz zuverlässig erwiesen hat. Bei einem Produktionseinsatz muss auf bessere Funkabdeckung geachtet werden oder, noch besser, auf Datenübertragung per DSL-Kabel umgestellt werden.



Abbildung 26: Innenleben Antennenrohr mit zwei Antennen und ASI-Reader



Abbildung 27: Antennenrohr im Melkstand

Referenzobjekte nach Abschluss der Förderung

Als erstes kommerzielles SAW-Projekt wurde eine Arbeitszeiterfassung realisiert. Dabei werden 20 Bit SAW-Transponder als Schlüsselanhänger zur Identifikation genutzt. Als stationäres Erfassungsterminal ist A4F Touch mit eingebautem FMCW-Reader im Einsatz.



Abbildung 28: Erfassungsterminal

2.10 Arbeitsetappe 10: Feldversuchsdurchführung

Unter Federführung des LfULG erfolgte die Planung, Organisation und Durchführung der Exakt- und Feldversuche zur Erprobung der SAW-Identifikation im Arbeitspaket 10. Hierfür konnte zunächst der Rinder- und Schafbestand des eigenen Lehr- und Versuchsgutes (LVG) in Köllitsch genutzt werden. Aufgrund der Diskussion zur Einführung der elektronischen Tierkennzeichnung von kleinen Wiederkäuern und den bereits im LVG durchgeführten und laufenden Versuche zur eETK wurde im Frühjahr 2009 entschieden, den Feldversuch auf drei große Milchviehanlagen mit insgesamt über 1.600 Milchkühen zu beschränken.

Seit Ende März 2009 wurden SAW-Ohrmarken, Reader, Leseantennen, Touchscreen-PC mit SAW-Software unter Stallbedingungen im LVG Köllitsch eingesetzt. Während dieser Untersuchungen zeigte sich weiterer Entwicklungsbedarf hinsichtlich Materialwahl für das Anwendergehäuse der SAW-Ohrmarken und der Funktionalität der Hard- und Software unter den rauen Stallbedingungen. Dadurch wurde die planmäßige Erweiterung des Feldversuches in größere landwirtschaftliche Betriebe verzögert.

Durch die intensive Arbeit der Projektpartner konnten die Systemkomponenten so weit angepasst bzw. überarbeitet werden, dass im Januar 2010 der Feldversuch mit der Kennzeichnung von 1.652 Milchkühen in vier Referenzbetrieben begonnen und im Juli 2010 abgeschlossen wurde.

Hierzu war es erforderlich, für die Referenzbetriebe ein individuelles Versuchsdesign zu entwerfen und gemeinsam mit den Betriebsleitern und Projektpartnern umzusetzen. Dabei mussten die nach Größe, Melktechnik und Herdenmanagement-Softwareprodukten exemplarisch ausgewählten Betriebe in den Produktionsprozessen analysiert, geeignete Agro SAW IDENT-Systemkomponenten installiert und gegebenenfalls optimiert werden. Ebenso aufwändig war die Einrichtung und Pflege der Schnittstellen zur Melktechnik- und zur Herdenmanagement-Software.

Neben der Installation von stationären SAW-Readern wurden in den Referenzbetrieben Kontrolllesungen mit dem mobilen SAW-Reader nach einem an das IDEA-Projekt angelehnten Versuchsplan durchgeführt:

- vor dem Setzen der Ohrmarke (M-00)
- unmittelbar nach dem Setzen (M-01)
- ein bis drei Tage nach dem Setzen (M-T1)
- bis zum 1. Monat jeweils im Abstand von einer Woche (M-T7, M-T14, M-T21)
- bis zum Projektabschluss jeweils einmal monatlich (M-M1, M-M2, M-M3 ...)

Zur regelmäßigen Funktionskontrolle der SAW-Ohrmarken erfolgte gleichzeitig eine visuelle Prüfung der Applikationsstelle.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass das Handling zur Applikation der SAW-Ohrmarken aufgrund baugleicher Formen und Werkzeuge sich nicht von marktüblichen LF-Ohrmarken unterscheidet. Unter Beachtung einer sachkundigen Applikation verlief die Wundheilung des Stanzloches in der Ohrmuschel der 1.652 Milchkühe problemlos. Es wurden keine tierärztlichen Behandlungen oder Produktionsausfälle registriert. Ebenso wurden keine Funktionsausfälle der SAW-Ohrmarken durch die mechanische Belastung der Applikationszange festgestellt. Bis zum Projektende ist bei vier SAW-Transpondern in einem Betrieb das Ohrmarkengehäuse aufgebrochen und das Inlay verloren gegangen. Weitere Verluste durch Ausreißen oder technische Funktionsstörungen wurden nicht beobachtet.

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 Melkkarussells erreicht.

Zur Untersuchung der Systemeigenschaften der in den Referenzbetrieben eingesetzten, verschiedenen Komponenten des Agro SAW IDENT-Systems wurden gestaffelte Exaktversuche zum Lesebereich, zur Lesereichweite und zur Erkennungsrate sich schnell bewegnender Objekte durchgeführt. Zu letzterem konnte auch der Prüfstand der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Freising genutzt werden.

2.11 Arbeitsetappe 11: Auswertung und Zusammenfassung

Insgesamt zeigen die Untersuchungsergebnisse, dass die SAW-Technologie im 2,4-GHz-ISM-Band zur elektronischen Tierkennzeichnung von Rindern eingesetzt werden kann und unter Praxisbedingungen funktioniert. Die bei Rindern gewonnenen Erfahrungen sind prinzipiell auf Schafe übertragbar.

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 mit bis zu 8 m/s bewegnender Objekte konnte im Experiment nachgewiesen werden. Mit der Optimierung des Gesamtsystems ist eine annähernd 100%ige Erkennungsrate von SAW-Ohrmarken an sich frei bewegnenden Tieren in Verbindung mit mobilen und stationären Lesegeräten möglich. Die Nutzung von Agro SAW IDENT im Rahmen des geförderten Projektes hat alternative Identifizierungsmöglichkeiten von Rindern aufgezeigt und bietet grundsätzlich das Potenzial, die funktionalen Grenzen von LF-Systemen zu überwinden.

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

3 Nutzen und Verwertung der Ergebnisse

Das Vorhaben hat die technische Entwicklung eines neuartigen elektronischen Einzeltierkennzeichnungssystems bei den Industriepartnern deutlich vorangebracht und grundlegend neue, weitreichende Ergebnisse erzielt. Die Industriepartner konnten neben dem technischen Nutzen auch erste kommerzielle Erfolge generieren.

In den Feldversuchen wurden die Systemvorteile der SAW-Technologie für eine elektronische Lebenskennzeichnung nach internationalem Standard demonstriert. Trotz der rauen Umweltbedingungen in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung wurden mit Agro SAW IDENT deutlich größere Lesereichweiten bei sich frei bewegenden Tieren und einer fast hundertprozentigen Erkennungsrate erzielt. Die Ergebnisse wurden auf einem Workshop am 25.05.2011 präsentiert sowie in bilateralen Gesprächen mit Landtechnikunternehmen diskutiert.

Das LfULG erzielte Kompetenzgewinn auf dem Gebiet der elektronischen Einzeltierkennzeichnung und veröffentlichte die Forschungsergebnisse auf Tagungen und in Fachpublikationen. Ebenso wurden positive Impulse auf die Innovationsbereitschaft der sächsischen Landwirtschaft in neue Technologien initiiert.

Das Verbundprojekt bewirkte eine weitere interdisziplinäre Vernetzung des LfULG in der Forschungslandschaft und brachte wichtige Erfahrungen für neue Vorhaben mit der Industrie und mit wissenschaftlichen Einrichtungen ein.

4 Wissenschaftlich-technischer Fortschritt

Die Projektergebnisse sind geeignet, den „Stand der Technik“ auf dem Gebiet der Tieridentifikation mit passiven Transpondern fortzuschreiben. In Fragen der Reichweite und der Bewegungsgeschwindigkeit der Tiere ist Agro SAW IDENT den bekannten LF- und HF-Systemen überlegen. Das sind gerade die Kriterien, die für die Effektivitätssteigerung in der landwirtschaftlichen Produktion eine Rolle spielen. Wenn Transponder aus ästhetischen Gründen verdeckt anzubringen sind (Boli, Injektate), sind die LF-Systeme technisch überlegen, weil Funkwellen im UHF-Bereich im Gegensatz zum niederfrequenten magnetischen Wechselfeld wässrige Substanzen nicht durchdringen können.

Auf dem Gebiet der SAW-Funkidentifikation sind nur von RF SAW Inc. (Dallas, Texas USA) Anwendungsversuche an Tieren bekannt. Konkrete Ziele und Ergebnisse von RF SAW Inc. konnten leider nicht in Erfahrung gebracht werden. Von Seiten der Verbundpartner wurden die Entwicklungsergebnisse von Agro SAW IDENT so weit wie nötig mit dem Firmeninhaber Clinton Hartmann diskutiert, um von seinen Erfahrungen zu profitieren und globale Marktpotenziale abschätzen zu können.

Danach ist Agro SAW IDENT im Vergleich zu den Bemühungen von RF SAW Inc. bezüglich Reichweite, Bewegungsgeschwindigkeit der Tiere und vor allen bezüglich Anzahl der bewerteten Tiercodes deutlich überlegen.

Dagegen arbeitet RF SAW Inc. an den mathematischen Grundlagen der Erkennung von einzelnen Tiercodes aus Tiergruppen.

5 Veröffentlichung der Ergebnisse

Die im Verbundprojekt gewonnenen Ergebnisse wurden in gemeinsamer Autorenschaft durch Projektbearbeiter des LfULG auf wissenschaftlichen Tagungen und in Fachmedien veröffentlicht:

THEIS, S.; PACHE, ST.; ZIETZSCHMANN, ST.; BERNHARDT, H.; BERGFELD, U. (2008): Erprobung eines Verfahrens zur elektronischen Tierkennzeichnung auf der Grundlage der SAW-Technologie zur Erhöhung der Identifikations-sicherheit.- Paper/Präsentation zur DGfZ/GfT-Jahrestagung am 17./18.09.2008 in Bonn

THEIS, S.; PACHE, ST.; ZIETZSCHMANN, ST.; BERNHARDT, H. (2009): Erste Ergebnisse zum Einsatz der Mikrowellen-Technologie zur elektronischen Tierkennzeichnung.- Paper / Präsentation zur 9. Tagung Bau, Technik und Umwelt 21. – 23.09.2009 in Berlin; Tagungsbericht S. 83 – 88; Vertrieb KTBL Darmstadt

BERNHARDT, H.; THEIS, S.; PACHE, ST.; ZIETZSCHMANN, ST. (2010): Application of Surface Acoustic Wave Technology with Operating Frequency of 2,4 GHz for Electronic Animal Identification – Preliminary Results.- Paper/Poster zur AgEng2010, 6. – 8.9.2010 in Clermont-Ferrand

THEIS, S.; PACHE, ST.; ZIETZSCHMANN, ST.; BERNHARDT, H. (2010): Neue elektronische Tierkennzeichnung mit SAW-basiertem RFID-System im 2,4 GHz ISM-Band.- Landtechnik (Darmstadt) 4.2010; S. 248 – 251

THEIS, S. (2010): Entwicklung und Erprobung eines Verfahrens zur elektronischen Tierkennzeichnung auf der Grundlage der SAW-Technologie zur Erhöhung der Identifikationssicherheit.- Paper/Berichterstatter zu den Innovationstage der BLE am 6./7.10.2010 in Berlin; Tagungsbericht S. 153 – 155

PACHE, ST.; THEIS, S.; HAGEMANN, F.; OSTERTAG, TH.; SCHNEIDER, P. (2011): Agro SAW Ident – ein alternatives System zur Tieridentifizierung.- Paper / Präsentation zur KTBL-Tagung „Elektronische Tieridentifizierung in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung“ 2./3.11.2011 in Fulda, Tagungsbericht S. 76 - 85

Im Rahmen des Wissenstransfers wurde ein öffentlicher Workshop zur Vorstellung und Diskussion der Projektergebnisse am 25.05.2011 in Köllitsch durchgeführt

[http://www.smul.sachsen.de/lfulg/download/2011_05_25_Koellitscher_FG\(1\).pdf](http://www.smul.sachsen.de/lfulg/download/2011_05_25_Koellitscher_FG(1).pdf).

Auf weiteren Veranstaltungen des LfULG zur Tierkennzeichnung und Automatisierung der Nutztierhaltung sollen auch zukünftig die Entwicklungsergebnisse präsentiert werden.

6 Kurzfassung

Das vorliegende Verbundprojekt wurde mit der Zielstellung initiiert, eine innovative Methode zur elektronischen Einzeltierkennzeichnung (eETK) zu entwickeln und zu erproben. Die technische Grundlage der Entwicklung war die drahtlose Abfrage piezoelektrischer, codierter Chips mit Hilfe von Oberflächenwellen auf dem Chip (SAW-Identifikation). Die Funkabfrage erfolgt bei Frequenzen zwischen 2,4 GHz und 2,48 GHz. Der technisch-methodische Ansatz der Codierung und der Charakter der Funkübertragung unterscheiden sich dabei grundlegend von der eETK mit niedrigen Frequenzen (LF) bei 134 kHz. Es galt nachzuweisen, dass mit der SAW-Identifikation (Agro SAW IDENT) bessere Ergebnisse erzielt werden können als mit der LF-Identifikation. Dazu wurde die Entwicklungsarbeit der Verbundpartner auf folgende Anforderungen der Landwirtschaft fokussiert:

Administration:

Darstellung der standardisierten 15-stelligen Tiernummer

Herdenmanagement:

Reichweite, Bewegungsfreiheit, Erkennungssicherheit. Durch die von den Verbundpartnern entwickelten Agro SAW IDENT-Systemdemonstratoren wurden die angestrebten Ziele sowohl mit stationärer als auch mit mobiler Lesetechnik voll erreicht. Im Feldtest erprobte Demonstrator-Ohrmarken tragen den 15-stelligen Tiercode und können in einer Entfernung bis zu 1,5 m gelesen werden, ohne die Tiere stoppen zu müssen. Markant ist der Vergleich der Lesereichweiten mit mobilen Readern:

LF-Ohrmarke 0,30 m

Agro SAW IDENT-Ohrmarke 1,5 m

Als Kernlösung wurde von der Schneider Elektronik GmbH & Co.KG ein mathematischer Algorithmus für die 50 Bit-Ohrmarken entwickelt, der die Umrechnung der nach der Tierverkehrsverordnung geforderten Tiernummer in die für die SAW-Technik erforderlichen Codepositionen und zurück gewährleistet. Dieses ist als ein essentieller Beitrag zum Erfolg des Projektes zu sehen. Nach Abschluss der Arbeiten im Rahmen des Verbundprojektes hat der Projektpartner Schneider Elektronik GmbH & Co.KG die Vermarktung von Agro SAW IDENT übernommen.

Herausgeber:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden
Telefon: +49 351 2612-0
Telefax: +49 351 2612-1099
E-Mail: lfulg@smul.sachsen.de
www.smul.sachsen.de/lfulg

Autoren:

Dr. Steffen Pache, Susanne Theis
LfULG, Abteilung Tierische Erzeugung/Referat Tierhaltung, Fütterung
Steffen Zietzschmann, Falk Hagemann, Wolfram Berger
SAW Components Dresden GmbH
support@sawcomponents.de
Peter Schneider
Schneider Elektronik GmbH und Co. KG Großharthau
info@schneiderelektronik.com
Thomas Ostertag, Rüdiger Hütter
RSSI GmbH
info@rssi.de

Redaktion:

Dr. Steffen Pache
LfULG, Abteilung Tierische Erzeugung/Referat Tierhaltung, Fütterung
Am Park 3, 04886 Köllitsch
Telefon: +49 34222 46-2209
Telefax: +49 34222 46-2099
E-Mail: steffen.pache@smul.sachsen.de

Fotos:

Abb. 2-19: SAW Components Dresden GmbH
Abb. 22-24 und 26-28: Schneider Elektronik GmbH und Co. KG
Abb. 20: RSSI GmbH

Redaktionsschluss:

22.05.2013

ISSN:

1867-2868

Hinweis:

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter <https://publikationen.sachsen.de/bdb/> heruntergeladen werden.

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinarbeit des Herausgebers zu Gunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.