

# Sensornetzwerk zur Erfassung und Beeinflussung von Tieraktivitäten

Georg Fröhlich, Stephan Böck, Klaus Reiter, Georg Wendl

Institut für Landtechnik und Tierhaltung  
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft  
Vöttinger Straße 36  
85354 Freising

Georg.Froehlich@LfL.bayern.de  
{ Stephan.Boeck | Klaus.Reiter | Georg.Wendl }@ LfL.bayern.de

**Abstract:** Die Haltungsumwelt von Rindern wird durch steigende Herdengrößen und zunehmende Automatisierungstechniken immer komplexer. Daher werden hohe Anforderungen an die Lernfähigkeit der Tiere gestellt. In diesen komplexen Haltungssystemen könnten individuelle Signale an die Tiere hilfreich sein, um das Verhalten der Tiere zu optimieren und zu steuern. Wenn diese Signale nicht ortsfest von einem Einrichtungsgegenstand gesendet (z.B. Begrenzung, Futter- oder Wasserstelle), sondern ortsunabhängig dem Tier individuell mitgeteilt werden sollen, ist eine mobile, mit dem Tier verbundene, ferngesteuerte Einheit nötig. Diese Aufgabe wurde durch den Aufbau eines Sensor-/Aktor Netzwerks auf der Basis von angepassten handelsüblichen low cost / low energy Modulen realisiert.

## 1 Motivation

In einem vorausgegangenen Lernversuch wurden Färsen auf individuelle akustische Signale konditioniert. Alle Tiere lernten im Einzeltraining, einer Kombination aus klassischer und operanter Konditionierung auf ein Objekt, erfolgreich eine Futterquelle als Folge des akustischen Aufrufs aufzusuchen [WR13]. Jedoch besteht das Problem, dass die ranghöheren Rinder bei akustischen Signalen die Futterstelle für sich besetzen. In dieser Form ist also das selektive Ansprechen einzelner Tiere nicht möglich, ohne die Aufmerksamkeit der anderen Tiere zu wecken. In einem weiteren Schritt sollen daher taktile Signale über Vibrationsreize als Rufsignal verwendet werden, um den gezielten Einsatz von Signalen in der Gruppe zu realisieren. Ein erster Prototyp wurde im Sommer 2013 bei Färsen auf dem Versuchsbetrieb in Grub getestet. Über ein Aktor-Modul, das mit stabiler Einhausung an einem Halsband befestigt ist, können Vibrationsreize über zwei Motoren generiert und die dadurch erzeugten Schwingungen unmittelbar über die Haut am Hals der Tiere wahrgenommen werden (Abb. 1 links). Beim ersten Einsatz der Technik zeigte sich, dass die klassische Konditionierung auf das taktile Signal am Futterplatz gut funktionierte. Ein wichtiger Aspekt dabei ist der, dass sichergestellt sein muss, dass das Tier das Signal auch empfangen hat, daher muss der Signalempfänger

eine Quittierung zurück zur Signalsteuerung senden können. Gleichzeitig soll der Aufenthaltsbereich des Tieres beim Empfang des Signals ermittelt werden können.

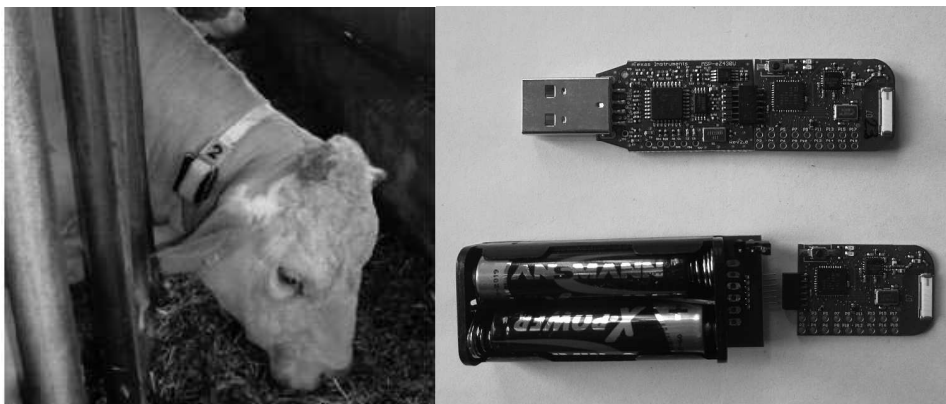


Abbildung 1: Positionierung des Halsbands mit Vibrationseinheit (links, Foto J. Woodrow); Accesspoint (AP) mit USB PC Schnittstelle (rechts oben), Signalempfängermodul mit Batterieeinheit (ED, rechts unten)

## 2 Methode

Diese Aufgabe kann durch den Aufbau eines Sensornetzwerks realisiert werden, das nicht nur Daten erfasst und versendet, sondern auch Signale empfangen und an Aktoren weitergeben kann. Dazu gibt es eine Reihe von Lösungen auf der Basis verschiedener Protokolle mit unterschiedlicher Leistungsfähigkeit und Verbreitung, z.B. CoAP, IEEE 1451, IPSO, WirelessHART und ZigBee bis zu IP ähnlichen Systemen wie nanoIP oder 6LoWPAN.

Für die Versuche am Tier sind die wichtigsten geforderten Eigenschaften der mobilen Bestandteile des Netzwerkes (also der Signalempfänger) geringer Energieverbrauch, da die Module für eine längere Zeit am Tier verbleiben sollen, stabile Kommunikation auch bei unterschiedlichen Störquellen (Abschattungen durch Tiere, Reflexionen an der Stalleinrichtung, elektrische Geräte) und geringe Kosten. Unter diesem Aspekt wurde ein Lowest Power Microcontroller Modul gewählt, welches das herstellereigenspezifische Protokoll SympliciTI unterstützt [SGR09] (Abb. 1 rechts). Um einen entsprechend großen Bereich abdecken zu können und trotzdem keine sondergenehmigungspflichtige oder kostenintensive Sende-/Empfangsstation betreiben zu müssen, wird ein infrastruktur-basiertes Netz mit mehreren Basisstationen aufgebaut. Es besteht aus einem statischen Netz (SN) und einem dynamischen Netz (DN). Das SN beinhaltet eine Reihe von ortsfesten Accesspoints (AP), welche die gezielte Aktivierung mehrerer in ihrem Sendebereich bewegter Empfangsgeräte erlauben. Einer der AP ist mit dem PC, auf dem die Signalsteuersoftware mit dem Kommunikationsprotokoll arbeitet, verbunden. Alle AP kommunizieren in einer definierten Reihenfolge miteinander. Die beweglichen Empfangsgeräte (Enddevice, ED) bilden das dynamische Netz (DN) und können sowohl angeschlos-

sene Sensoren als auch Aktoren besitzen. Sie werden im beschriebenen Anwendungsfall als Signalempfängermodule verwendet (Abb. 2).

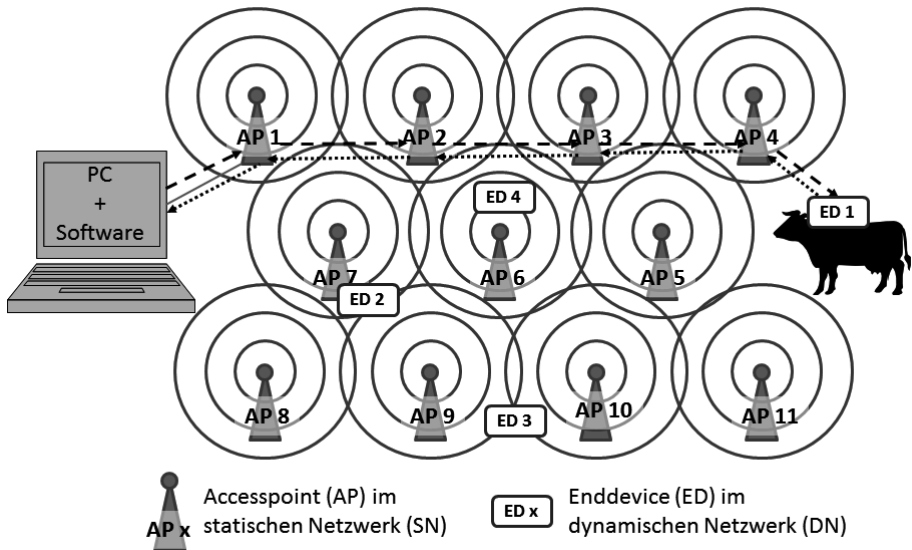


Abbildung 2: Schematischer Aufbau des Sensornetzwerkes: Anfrage (---) an Enddevice 1 von Accesspoint 1 über die Accesspoints 2 bis 4 und Antwort (....)

### 3 Realisierung

Für das praxistaugliche Sensornetz wurden drahtlose 2,4 GHz Transceiver des Systems Texas Instruments eZ430-RF2500 verwendet [TI09]. Den Kern bildet ein 16 Bit Microcontroller mit 32kByte nichtflüchtigem Programm- und 1 KByte Arbeitsspeicher. Die Kommunikationssoftware wird mit dem SimpliciTI Protokoll in der Programmiersprache C++ realisiert. Die grundlegenden Protokollbestandteile sind einfach und sehr kompakt implementiert und als Open Source lizenzfrei verfügbar. Auf dieser Basis können einfache peer to peer Netze mit Erweiterung über Range Extender oder Access Points mit vier Weiterleitungen per store and forward realisiert werden. Für die Sicherung der Übertragung muss jedoch der Anwender selbst sorgen. Besonderes Augenmerk bei der hier vorgestellten Lösung wurde der Behandlung von Kollisionen bei gleichzeitiger Minimierung der Signallaufzeiten gewidmet. Das war nötig, um in kürzester Zeit ein an einem beliebigen Ort positioniertes Enddevice (ED) erreichen zu können. Ein Antwortsignal bildet die zuverlässige Rückmeldung, dass ein Signal den Empfänger erreicht hat und kann zusätzliche Informationen des ED (also aktuelle Informationen über das Tier) an den PC zurückmelden. Durch den ebenfalls protokollierten Signalweg kann die grobe Position des ED innerhalb des SN bestimmt werden. Durch diese mit Hilfe der selbst erstellten Kommunikationssoftware geschaffenen Eigenschaften ist das Sensor/Aktor-Netzwerk robust und zuverlässig.

Aufgrund der gewählten Hardware verursachen sowohl Accesspoints als auch Enddevices geringe Kosten (weniger als 50 €/Modul), der geringe Energieverbrauch erlaubt den Einsatz der ED mit handelsüblichen Batterien über mehrere Tage. Die abdeckbare Fläche mit einem AP liegt bei ca. 100 Quadratmetern. Ein großer Vorteil ist die durch die Anzahl der Accesspoints anpassbare Flächenabdeckung. Zurzeit sind maximal 20 AP möglich, was einer abdeckbaren Fläche von 2000 m<sup>2</sup> entspricht. Ebenso skalierbar ist die Anzahl der Enddevices, derzeit ist sie auf maximal 78 ED begrenzt. Durch Änderungen im Übertragungsprotokoll wäre aber die Anzahl der AP als auch der ED noch erweiterbar. Ein weiterer einstellbarer Parameter ist die Ansprechfeldstärke zur Kommunikation zwischen ED und AP, so dass z.B. erst im Bereich einer sicheren Kommunikation das ED eine Antwort sendet oder die von einem AP abgedeckte Fläche verringert werden kann und somit eine präzisere räumliche Eingrenzung des Standorts der ED in Netzwerk realisiert werden kann. Auch ist der Kommunikationslink zwischen ED und AP einstellbar, womit der selektive Bereich des Netzes eingeschränkt werden kann. So können einzelne ED deaktiviert werden oder nur bestimmte AP zur Kommunikation mit den ED zugelassen werden, wogegen die anderen AP nur der Signalübertragung zwischen PC und aktivem AP dienen.

## 4 Fazit und Ausblick

Mit dem SimpliCITI basierten Netz können schnell und zuverlässig in einem definiert begrenzten Bereich Signale vom PC aus an mobile Endgeräte (ED) gesendet werden. Diese mobilen Geräte benötigen wenig Energie und wurden so programmiert, dass eine zuverlässige Signalübertragung realisiert wurde. Mit entsprechend stabilem Gehäuse konnten die Geräte erfolgreich an Tieren eingesetzt werden. Eine Einrichtung zur Nutzung von Energie aus der Umwelt (Körperwärme, Tierbewegung, Lichtenergie) könnte in Zukunft die autonome Einsatzdauer der ED verlängern. Die AP dagegen können mit einer festen Energieversorgung verbunden werden.

## Literaturverzeichnis

- [WR13] Woodrow, J; Reiter, K.: Untersuchung zum Lernverhalten von Färsen mit akustischen Signalen. In (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) Hrsg.): Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 2013 - Vorträge anlässlich der 45. Internationalen Arbeitstagung Angewandte Ethologie bei Nutztieren der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft e.V. (DVG), Fachgruppe Ethologie und Tierhaltung, vom 21. bis 23. November 2013 in Freiburg/Breisgau, Darmstadt 2013; S. 13-22.
- [SGR09] Skrzypczak, L.; Grimaldi, D.; Rak R.: Basic Characteristics of ZigBee and SimpliCIIT Modules to use in Measurement Systems. In: XIX IMEKO World Congress - Fundamental and Applied Metrology, September 6-11 2009, Lisbon, Portugal 2009; P. 1456-1460.
- [TI09] eZ430-RF2500 Development Tool, User's Guide. Literature Number: SLAU227E, September 2007–Revised April 2009, Texas Instruments, Dallas, Texas, USA.