

## Messtechnik und Sensorik

Mittlerweile gibt es für praktisch jede physikalische Grösse einen Sensor. Die Preise der Sensoren variieren aber stark. So lässt sich mit etwas Geschick oft ein günstigeres Prinzip einsetzen. Oder es lohnt sich sogar, einen eigenen Sensor zu entwickeln.



Auf Hochleistung getrimmte Kühe leiden vermehrt unter Krankheiten wie die Blinddarmdilatation.

## Raffinierter Sensor für ein tierisches Problem

Die Blinddarmdilatation ist eine verbreitete Krankheit bei Milchkühen. Um diese genauer zu erforschen, entwickelte die Universität Bern in Zusammenarbeit mit der Berner Fachhochschule in Biel ein Messsystem, womit der Darm untersucht werden kann. Eine Kapsel misst die Transitzeit und die Temperatur im Darm der Tiere.

Rund 690 Mio. t Milch werden jährlich produziert, wovon etwas über 80 % Kuhmilch. Europa steuert etwa 36 % der Weltproduktion bei. Die vierbeinigen Lieferanten verfügen – wie alle Wiederkäuer – über andere Verdauungsorgane als wir Menschen, vertilgen selbst Futtermittel wie Heu oder Gras und setzen

diese via ihre vier Mägen in Milch um. Diese strukturierten Rohfasern hat die Kuh nötig, damit ihre Kautätigkeit und die Bildung von Speichel angeregt werden. Hat sich die Kuh die Mahlzeit einverleibt, legt sie sich erst mal hin und kaut wieder. Während ihre Mahlzähne das Futter verkleinern, sorgt die

körpereigene Speichelproduktion von täglich bis zu 200 l dafür, dass der pH-Wert im Pansen – dem ersten der vier Mägen – auf neutrale rund 6,5 erhalten bleibt. Der Speichel neutralisiert die durch die mikrobielle Zersetzung des Futters gebildeten Säuren und verhindert damit, dass der Pansen übersäuert.

### Wenn die Kuh krank wird

Um eine hohe Milchleistung zu erbringen, genügt Raufutter wie Heu oder Gras natürlich nicht. Die Wiederkäuer brauchen auch energie- und eiweissreiches Kraftfutter, in Form von Getreidemehl, Maissilage oder Futterrüben. Mit dieser – parallel zu den immer höheren

erzielten Leistungen – intensivierte Fütterung haben bei Milchkuhen in den letzten Jahrzehnten «Produktionskrankheiten» wie die Labmagenverlagerung und die Blinddarmdilatation/-dislokation (BDD) an Bedeutung stark zugenommen. Bei der BDD zeigen die betroffenen Tiere wenig Appetit, die Milchproduktion geht zurück, und die Kühe verspüren angesichts der Dilatation des Darmes durch Gas und den angestauten Inhalt Schmerzen in der Bauchregion. Je nach Schweregrad der Erkrankung lässt sich das Übel mit Medikamenten beheben oder aber ein chirurgischer Eingriff drängt sich auf. «Zwar untersuchten schon internationale Forschergruppen das Phänomen, fanden aber bis heute keinen einzelnen klaren Auslöser», sagt Mireille Meylan, Professorin für Veterinärmedizin in Bern. «Die Vermutung liegt aber nah, der Grund von BDD sei nicht im Blinddarm selbst, sondern in einem weiter gelegenen Teil des Dickdarms, der Kolonscheibe zu suchen.»

#### Medizin nutzt Mikrotechnik

Meylan ist Leiterin der Wiederkäuferklinik der Vetsuisse-Fakultät in Bern und spezialisiert auf Magen-Darm-Erkrankungen beim Rind, welche durch eine Funktionsstörung der Motorik entstehen. Um dem Geheimnis des BDD auf den Grund zu gehen, wollte sie die Transitzeit des Darminhaltes zwischen verschiedenen Darmabschnitten und Enddarm der Kühe nach einer BDD zu messen. Damit sollte feststellbar sein, ob sich Kühe nach BDD von gesunden Kontrollkühen unterscheiden und ob es Abweichungen gibt

zwischen Kühen, welche sich normal erholen, und solchen, bei denen sich die Erholung verzögert oder wo ein Rückfall eintritt. Mit einer solchen Messung im Tierkörper wäre es möglich, die Transitzeit verschiedener Darmabschnitte bis zum Enddarm zu vergleichen und so die Stelle im Darm zu lokalisieren, wo die zur BDD führende Störung entsteht.

Die Wissenschaftlerin wandte sich an die Berner Fachhochschule in Biel, wo Volker M. Koch, Dozent für Medizintechnik, sie mit seinem wissenschaftlichen Mitarbeiter Markus Lempen in Kontakt brachte. Diesem war sofort klar, dass er hier ein heisses Eisen anpackte, da die Sensoren im Körperinnern eingesetzt werden sollten. Zwar gibt es für die Humanmedizin auf dem Markt die SmartPill, eine Kapsel mit Sensoren, welche den pH-Wert, den Druck im Darm und die Temperatur misst. Sie wurde für die Diagnose an Patienten mit Verdacht auf Gastroparese – eine Magenlähmung – entwickelt. Obwohl sich das Messgerät auch in der Kleintiermedizin anwenden lässt, ist es für Nutztiere einerseits zu teuer und andererseits angesichts der Grösse der Tiere nicht anwendbar. Lempen schwebte vielmehr ein miniaturisiertes, Batterie betriebenes Mikrosystem vor. Dieses musste, um den Tierkörper unbehelligt zu durchwandern, von einer biokompatiblen Kapsel umhüllt sein. Zudem sollte es wieder verwendbar und sterilisierbar sein, ohne Schaden zu erleiden. Zum Austausch der Batterien sollte sich die Kapsel durch einen Schraubverschluss verschliessen lassen. Der Verschluss sollte allerdings absolut dicht sein.

#### Elektronik auf kleinstem Platz

Das inzwischen entstandene System steckt in einer Kapsel aus Polyoxometalat (POM) von 8x25 mm, also nicht grösser als das korkfarbene Mundstück einer Filterzigarette. Darin ist ein 3x3 mm Transmitter für eine Übertragung im 433 MHz ISM Band und einer Sendereichweite von 10 m untergebracht sowie ein Temperatursensor von 1,6x1,6 mm. Den Energiebedarf decken zwei 1,55 V Silberoxid-Zellen.

#### Kapseln im Darm

In der Praxis implantieren die Tierärzte der Kuh fünf Kapseln in verschiedenen Lokalisationen des Darmes. Die Tiere müssen aufgrund der Blinddarmdilatation so oder so operiert werden. Somit können die Ärzte mit der Platzierung der Kapseln genau definieren, wo die Sensoren nach der Operation die Daten erfassen sollen. Die in den Kapseln enthaltenen Transmitter senden ihre Kennung an den Empfänger und übertragen die Temperaturen in regelmässigen Zeitabständen. Die Messdaten gelangen über eine USB-Verbindung an einen PC. Die Transitzeit wird anhand der Temperaturprofile der einzelnen Kapseln durch eine spezielle Kontrollsoftware berechnet. Dank der Software kann der Operateur jeder Kapsel den entsprechenden Implantationsort zuweisen. Die Komponenten in der Kapsel werden von Knopfzellen mit Strom gespeist. Die Stromversorgung des Empfängers erfolgt über die USB-Verbindung zum PC. Der Temperatursensor ist via eine 12C-Schnittstelle mit dem Mikrokontroller verbunden. Der RF-Transmitter wird als separates Modul vom Mikrokontroller angesteuert.

#### Günstige Hightech

«Damit erzielen wir ein effizientes System, dessen Materialkosten unter 15 Schweizer Franken zu stehen kommen», sagt Lempen. «Die Kapsel ist völlig tierverträglich, da biokompatibel, lässt sich sterilisieren und wieder verwenden.» Damit sich die Kapsel nach Auswurf nicht unauffindbar im Einstreumaterial des Kuhstalls verkriecht, integrierte der Bieler Forscher ein «Alarm-Lämpchen» neben dem Empfänger an der Stallwand, welches grün blinkt, sobald eine Kapsel den Tierkörper verlässt. Inzwischen hat das System seine Funktionstüchtigkeit bewiesen, arbeitete zuverlässig in verschiedenen Operationen. Das System könnte auch ausgebaut werden. «Sinnvoll wäre es nun, einen automatischen E-Mail-Versand der Daten zu integrieren. Zudem möchte ich eine Messplattform realisieren für weitere Sensoren, beispielsweise zur zusätzlichen Messung des pH-Wertes und des Drucks», so Lempen. Natürlich muss das System so raffiniert konzipiert sein, dass es trotz «Hightech» kostengünstig herzustellen und einzusetzen ist. Vom Resultat, aber auch von der Projektarbeit begeistert zeigt sich Mireille Meylan. BFH-Sensor bietet der Forscherin die Möglichkeit, das Problem auf einem neuen Weg mit fundierten Daten anzupacken – die Milchbauern und die leidenden Tiere werden es ihr zu danken wissen. ☺

Elsbeth Heinzelmann  
Journalistin Technik und  
Wissenschaft



- Kraftaufnehmer
- Druckaufnehmer
- Wägezellen
- Messverstärkersysteme für Versuch, Erprobung und industrielle Messtechnik
- Bedien- und Auswertesoftware
- Wegaufnehmer
- Drehmomentaufnehmer
- Dehnungsmessstreifen
- Einbauhilfen, Zubehör
- Präzisionsmesstechnik

messtechnik – alles aus einer hand

► [www.hbm-messtechnik.ch](http://www.hbm-messtechnik.ch)

...auch Service vor Ort -  
wir bieten mehr.

Hottinger Baldwin Messtechnik AG  
Chriesbaumstr. 6 · 8604 Volketswil  
Tel. 044 943 60 80 · [info@ch.hbm.com](mailto:info@ch.hbm.com)



measurement with confidence