



Zum Problem werden Streuströme im Stall, wenn eine Kuh zwei verschiedene unter Strom stehende Metallteile berührt, zum Beispiel wenn sie auf dem Boden steht und die Nase ins Tränkebecken hält. Hier wird die Differenzspannung am Melkstand gemessen. Bilder: Esti

Kühe unter Strom

Streuströme, auch Kriechströme genannt, können zu erheblichen Problemen im Milchviehstall führen. Wie kann es zu solchen Streuströmen überhaupt kommen, welche Präventionsmassnahmen gibt es und welche Möglichkeiten zur Sanierung von betroffenen Ställen sind heute vorhanden?

André Moser*

Auch bei modernen und normgerecht installierten Kuhställen können Probleme vor allem im Melkablauf auftreten. So betreten die Kühe den Melkstand nicht freiwillig, sind unruhig, koten und harnen vermehrt. Dabei verändert sich das Melkverhalten auffällig und die Eutergesund-

heit verschlechtert sich. Eine Ursache für diese Probleme in den Melkständen können Differenzspannungen (Streuströme, landläufig auch Kriechströme genannt) sein.

Wie sind die Gründe dafür?

Die Problematik der Differenzspannung kann man anhand des Prinzips einer Batterie erklären. Diese erzeugte Spannung führt zu einem elektrischen Strom, sobald

zwei Pole mit unterschiedlichen elektrischen Potenzialen über einen Leiter verbunden sind. Die Kuh wirkt im Melkstand als Leiter und wird von kleinen elektrischen Spannungen elektrisiert, wenn sie zwei Punkte mit unterschiedlichen elektrischen Potenzialen im Melkstand berührt. Die Höhe dieser Differenzspannung (U) hängt von der Potentialdifferenz (U) und dem Widerstand des elektrischen Leiters (R) ab.

Stellt man eine elektrische Potentialdifferenz oder Spannung von $>1,0$ Volt zwischen dem Brustrohr und dem Wellenrohr des Melkstandgerüsts (Standort) fest und hat der elektrische Leiter dabei einen Widerstand von rund 500 Ohm (was in etwa einer Kuh entspricht), fliesst ein Streustrom (I) von 2 mA ($I = U/R$). Menschen spüren bei einem Strom dieser Stärke ein leichtes Kribbeln, eine Kuh hingegen reagiert wesentlich empfindlicher. Streuströme von 1 bis 2 Milliampere (mA) können bereits Auswirkungen auf den Melkvorgang haben. Mit zunehmender Differenzspannung werden das Wohlbefinden und die Leistung der Kühe negativ beeinflusst (siehe Schema 3 auf der letzten Seite).

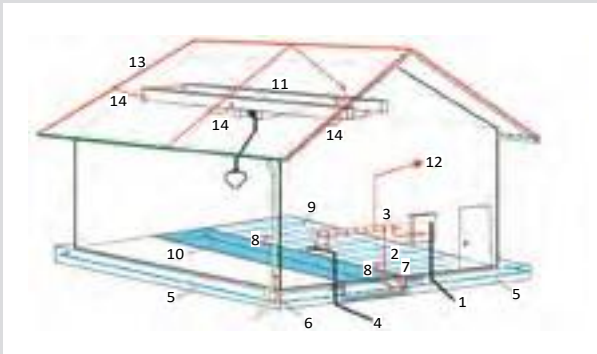
Entstehung von Differenzen

Die Konstellation ist oft so, dass der Hof abgelegen vom bebauten Gebiet liegt und eine grosse Fundamentfläche aufweist. Deswegen fließen bei dieser Konstellation «grössere» Ströme in die Erdungsleitung. Die Impedanz, Verhältnisse zwischen Fundament Erde (Erdungsleitung) und PEN-Leiter (siehe Kasten «Begriffe») der Anschlussleitung, begünstigen Differenzspannungen zu Streuströmen. Hinzu kommt, dass die Erdungsleitungen

Fachmann beiziehen

Prüfungen von Streuströmen sollten durch einen Elektrofachmann mit Ausbildung und Erfahrung in «Streuströmen in landwirtschaftlichen Tierhaltungsbetrieben» durchgeführt werden. Die Kontrollorgane findet man unter der Internetadresse <https://verzeichnisse.esti.ch/de/aikb>, unbedingt nach der Ausbildung «Streuströme-Ausbildung beim VSEK» nachfragen (nur wenige haben diese Ausbildung). Die Kosten für rund einen Tag Arbeit zusätzlich Spesen (Weg, Untersuchung, Bericht erstellen) betragen je nach Grösse und Dauer rund 180 Franken pro Stunde.

* Der Autor ist technischer Experte und Sicherheitsbeauftragter beim Eidgenössischen Starkstrominspektorat ESTI (esti.admin.ch).



Schema 1 (Quelle: NIN Fig. 7.05.A.1)

- 1 Anschlussleitung (Elektro)
 - 2 Anschluss Fundamentender
 - 3 Haupterdungsschiene (Schutzpotenzial-Verbindungen sind jedoch immer auf kürzestem Weg zur Erdungsanlage zu realisieren)
 - 4 Wasserleitung (leitend)
 - 5 Fundamenterder
 - 6 Anschluss Ableitung LPS (Blitzschutz)
 - 7 Anschluss Bewehrung Schwemmkanal
 - 8 Potenzialausgleichsverbinding unter verschiedenen Bewehrungen
 - 9 Bewehrungsnetz im Lager, in PA integrieren
 - 10 Schwemmkanal, in PA integrieren
 - 11 Laufkran
 - 12 Melkanlage, Melkstand, in PA integrieren
 - 13 Fangleitungen LPS
 - 14 Verbindung mit Fangeinrichtung LPS, falls erforderlich (Trennungsabstand)
- PA Potenzialausgleich
LPS Äusseres Blitzschutzsystem

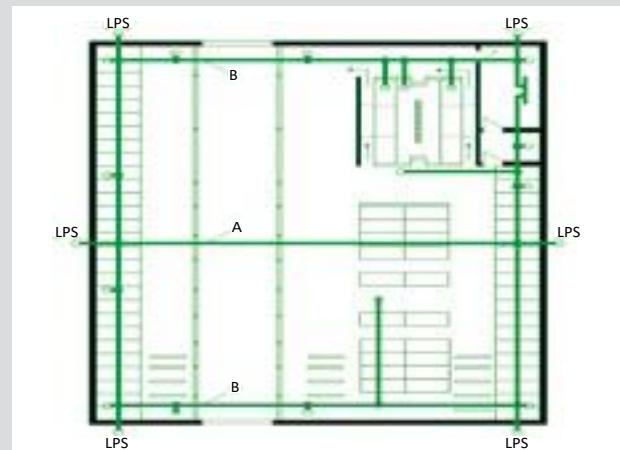
oft durch die sensitiven Bereiche (Stallkonstruktionen) führen. Sind solche Differenzspannungen in Ställen vorhanden, leiden vor allem Kühe unter dieser Belastung. Die Kühe können krank werden und weniger oder gar keine Milch mehr geben (verändertes Trink- und Essverhalten, Melkprobleme). Ist die Ursache behoben, kann es oft sehr lange dauern, bis die Kühe wieder gesund werden. Den Landwirten entstehen dadurch sehr grosse Ausfälle und damit auch sehr hohe Unkosten.

Vorgehen zur Lösung des Problems

Treten im Melkstand die genannten Probleme auf, sollte eine umfassende Fehleranalyse durchgeführt werden, die neben einer Überprüfung der Funktionalität der Melkanlage auch das Vorhandensein von Differenzspannungen beinhalten muss. Sind Letztere vorhanden, gilt es einerseits die Quelle der Differenzspannung und des Streustromes zu identifizieren und gleichzeitig eventuelle Fehler bei Erdung und Schutzpotenzialausgleich ausfindig zu machen.

Es lassen sich vor allem drei Gruppen von Ursachen herauskristallisieren:

1. Geräte, die Fehlerströme gegen den Schutzleiter erzeugen, z. B. Melkanlagen, Frequenzumformer, Wechselrichter von Photovoltaikanlagen. Elektrische Ausrüstung, die an irgendeinem Netzanschluss, (z. B. elektrische Antriebssysteme für regelbare Drehzahl oder Ausrüstung für Informationstechnik) einen Erdableitstrom von mehr als 10 mA Wechselstrom (AC) oder Gleichstrom (DC) hat, muss eine oder mehrere der folgenden Bedingungen für das Schutzleitersystem erfüllen:
 - a) der separate Schutzleiter muss einen Mindestquerschnitt von 10 mm² Kupfer (Cu) über seine gesamte Länge haben; und separat ausserhalb der sensitiven Bereiche installiert werden.
 - b) die elektrische Ausrüstung muss eventuell einen getrennten Anschluss für einen zweiten Schutzleiter aufweisen.
 - c) automatische Abschaltung der Versorgung bei Verlust der Durchgängigkeit des Schutzleiters.



Schema 2 (Quelle: NIN Fig. 7.05.A.3 Beispiel der Errichtung eines Fundamentenders in einem Kuhstall)

- **A:** Verbindung, falls der Stall eine Länge = 15 m aufweist
- **B:** Ringförmig angeordneter Fundamenterder
- **LPS:** Anschlussstelle für ein Blitzschutzsystem (Lightning Protection System)

2. Erdungen, die nicht sternförmig verlegt wurden (parallele Schlaufenbildungen)

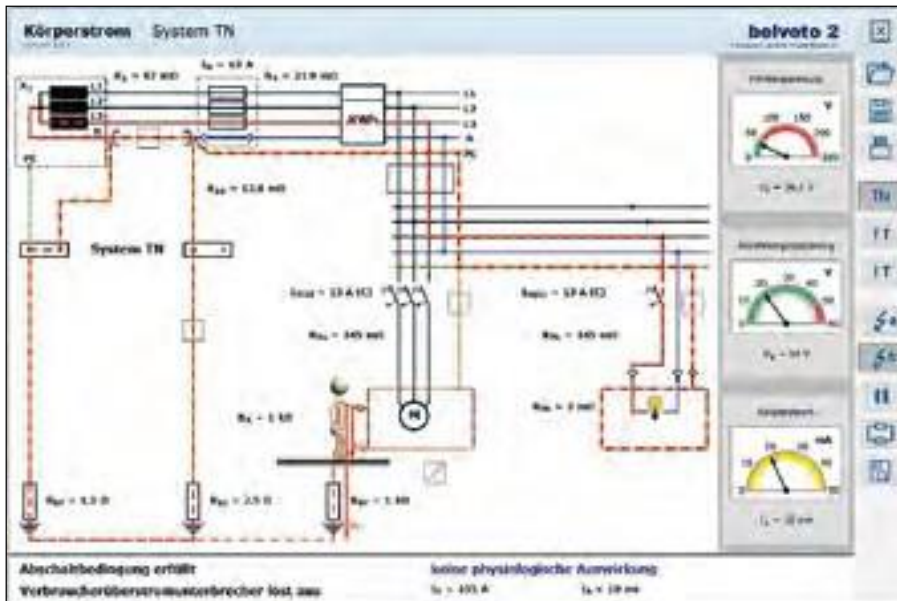
3. Asymmetrische Ausgleichsströme (ungleichmässige Belastungen), die den Rückweg über das Erdsystem suchen durch die Stallkonstruktionen parallel zum PEN-Leiter (Differenzspannungen, Spannungsfälle die Streuströme bewirken)

Folgende Fragen stellen sich:

In Ställen soll eine maximale Berührungsspannung von 25 V, in gewöhnlichen Liegenschaften eine solche von 50 V, im Fehlerfall nicht überschritten werden. Es stellt sich daher auch die Frage, wie die Installation erstellt werden muss, damit die Differenzspannung auf ein Minimum <1 V reduziert werden kann. Gemäss der Elektronikvorschrift NIN 7.05.4.1.5 gilt: An Orten, die für Nutztiere vorgesehen sind, muss ein zusätzlicher Schutz-Poten-

Abkürzungen und Begriffe

Streustrom = Potentialdifferenz: Widerstand des elektrischen Leiters ($I = U/R$)
 OHM = elektrischer Widerstand
 mA = Milliampere
 AC = Wechselstrom
 DC = Gleichstrom
 PEN-Leiter = Ein PEN-Leiter ist ein Leiter, der zugleich die Funktionen des Schutzleiters (PE) und des Neutralleiters (N) erfüllt.
 RCD = Fehlerstromschutzschalter (FI)
 TT-System = Ein TT-System ist eine bestimmte Realisierungsart eines Niederspannungsnetzes.



(Schema 3) Dieses Schema zeigt die Auswirkungen von Körperstrom auf den Menschen. Bei einer Kuh können Streuströme von 1 bis 2 Milliampere (mA) bereits Auswirkungen auf den Melkvorgang haben. Bild: Belvoto

zualausgleich alle Körper und fremden leitfähigen Teile, die von den Nutztieren berührt werden können, miteinander verbinden. Wo ein Metallgitter im Stallboden verlegt ist, muss dieses in den zusätzlichen Schutz-Potenzialausgleich des Raumes einbezogen werden.

Orte, an denen ein zusätzlicher Schutz-Potenzialausgleich gefordert ist, sind zum Beispiel:

- Stand-, Liege- und Melkbereiche sowie dazugehörige Gänge, in denen Körper elektrischer Betriebsmittel oder fremde leitfähige Teile von Nutztieren berührt werden können.
- Fremde leitfähige Teile in oder auf dem Stallboden, z. B. Bewehrungsnetze (Verstärkung von Betonbauteilen) im Allgemeinen oder die Bewehrung von Jauchegruben unterhalb von Spaltenböden, müssen in den zusätzlichen Schutz-Potenzialausgleich einbezogen werden. Bei hohen Erdausgleichsströmen zwischen der Stallerdung und dem Erdungssystem einer benachbarten Starkstromanlage, die zu Differenz-Wechselspannungen über 1 V im Aussenbereich des Nutztierstalls führen können (zum Beispiel an metallischen Abschränkungen, Toren, Tränken), müssen vom Betriebsinhaber der Drittanlage weitere geeignete Massnahmen zum Potenzialausgleich beziehungsweise zur Verhinderung der Differenzspannungen getroffen werden*.

Umsetzung in der Praxis Neue Ställe (Variante 1)

In neuen Ställen muss der Differenzspan-

nung und der Streustrom-Problematik bei der Planung besondere Beachtung geschenkt werden. Folgende Punkte sind zu berücksichtigen:

- Die Installationen müssen im TN-S-System erstellt werden (separater Schutz- und Neutralleiter).
- Sämtliche Installationen müssen mit RCD 300 mA geschützt werden (Fehlerstromschutzschalter FI).
- Endstromkreise mit Steckvorrichtungen müssen mit RCD 30 mA geschützt werden (FI).
- Es muss ein einziger zentraler Erdungspunkt (ZEP) erstellt werden (Fundamente-erder, Schema 1 und Schema 2).
- Der ZEP muss ausserhalb des sensitiven Bereiches, in welchem sich die Kühe aufhalten, angeordnet werden.
- Der ZEP ist die einzige Verbindungstelle zwischen den sternförmigen Schutz- und Schutzpotenzialausgleichsleitern, den Blitzschutzsystemen und dem PEN-Leiter der Anschlussleitung.
- Bei der Melkanlage sind alle leitfähigen Teile sternförmig an den zentralen Erdungspunkt anzuschliessen.
- Die Installation muss korrosionsbeständig ausgeführt werden.

Bestehende Ställe (Variante 2)

In bestehenden Ställen muss, bevor eine Installationsänderung gemacht wird, eine ausführliche Bestandsaufnahme mit den erforderlichen Messungen durchgeführt werden. Eine der drei beschriebenen Varianten ist auszuführen und mit Sicher-

heitsnachweis «SINA» zu bestätigen. Folgende Punkte müssen dabei beachtet werden:

- Bestehende Installationen nach TN-C müssen ersetzt werden.
- Sämtliche Installationen müssen mit RCD $I_{\Delta n} \leq 300$ mA geschützt werden (FI).
- Endstromkreise mit Steckvorrichtungen müssen mit RCD 30 mA geschützt werden (FI).
- Wenn möglich, soll ein ZEP erstellt werden (Fundamenteerder, Schema 1 und 2).
- Der ZEP muss ausserhalb des sensitiven Bereiches angeordnet werden.

Variante 3: Schutzsystem TT

Beim Schutzsystem TT handelt es sich um eine Art der Erdverbindung im System TT (siehe Kasten Begriffe):

- Sämtliche Installation müssen mit RCD $I_{\Delta n} \leq 300$ mA geschützt sein (FI).
- Endstromkreise mit Steckvorrichtungen müssen mit RCD 30 mA geschützt werden (FI).
- Neutral- und Schutzleiter müssen immer getrennt sein.
- Also 3- oder 5-adrige Leitungen
- Bei alten Schema-III- oder TN-C-Installationen ist eine neue Installation nur nach TN-S und ZEP möglich.
- Der ZEP muss ausserhalb des sensitiven Bereiches angeordnet werden. Man benötigt einen guten Erder, in der Regel kleiner 1 Ohm.
- Der ZEP ist die einzige Verbindungsstelle zwischen den sternförmigen Schutz- und Potenzialausgleichsleitern, den Blitzschutzsystemen und dem PEN-Leiter der Anschlussleitung (Schema 1).

Bewilligungspflicht

Installationen sowie Anpassungen am Schutzsystem dürfen nur durch die Inhaber einer allgemeinen Installationsbewilligung nach Art. 7 oder 9 der Verordnung über elektrische Niederspannungsinstallationen (NIV) erfolgen. Für die Schluss- und Abnahmekontrolle der Installation ist gemäss NIV ein entsprechender Sicherheitsnachweis SINA auszustellen. Anschliessend ist eine Abnahmekontrolle durch ein unabhängiges Kontrollorgan mit Kontrollbewilligung des Eidgenössischen Starkstrominspektorats ESTI** Pflicht.

* Siehe ESTI-Publikation unter www.esti.admin.ch – Dokumentation – ESTI-Mitteilungen – 2018 – «Streuströme in Tierhaltungsbetrieben».

** Das Eidg. Starkstrominspektorat ESTI ist mit der technischen Aufsicht und Kontrolle für elektrische Anlagen in Schweiz betraut.