

NOK, Netze, Postfach, CH-5401 Baden

DOKUMENTENKLASSE
Technischer Bericht

NUMMER
EU2818

ANLAGE/OBJEKT
**380-kV-Leitung Breite - Laufenburg / Breite - Beznau (L561/565)
 50-kV-Leitung Würenlingen - Steinmaur (L157)**

BETREFF
Talacherhof, 5426 Lengnau; Kriechströme im Fundament

TITEL
Messbericht

INHALTSVERZEICHNIS

1. Zusammenfassung	2
2. Veranlassung	3
3. Allgemeines	4
4. Messresultate	8
5. Schlussfolgerungen	16
6. Literaturverzeichnis	19

Anhang 1: Zusammenhang Tierverhalten - Leitungsbelastungen

Anhang 2: Erdungsmessung Talacherhof

Anhang 3: Kriechströme Abschaltversuch 25.8.09

Anhang 4: Berührungs- und Schrittspannungsmessung 4.9.09

DOKUMENTENVERANTWORTLICHE STELLE: EUU-A

	Erstausgabe 00			Revision 01		
	Datum	Name, STKZ	Unterschrift	Datum	Name, STKZ	Unterschrift
Erstellt	1.10.09	A. Rosser, EUU-A	<i>A. Rosser</i>			
Geprüft	1.10.09	Ch. Lindner, EUU	<i>Ch. Lindner</i>			
Freigegeben	1.10.09	B. Burkhardt, EU	<i>B. Burkhardt</i>			
Verteiler:	Name	STKZ	Name	STKZ	Name	STKZ
	P. Müller Talacherhof	(2-fach)	B. Burkhardt	EU	B. Müller	MR
	via Anwalt P. Koller		M. Hutz	EUB	1. Seite zur Ablage	EUS
			Ch. Lindner	EUU		

1. Zusammenfassung

Herr P. Müller (Talacherhof, Lengnau) hat seit der Erstellung der Stallanbaus mit Laufhof und neuem Melkstand Probleme beim Melken seiner Kühe. Melkspezialisten, Elektriker und Fachtierärzte vermuten das Problem in Kriechströmen im Fundament, verursacht durch die vorbeiführenden 380/50/16-kV-Leitungen von NOK und AEW.

Die Abklärungen in diesem Bericht (18.2. - 23.6.09) wurden durch den Brief von Herrn P. Müller vom 22.12.08 (Kündigung Durchleitungsrechte) ausgelöst. Eine erste Abklärung fand im Juni 2008 statt (Siehe dazu Kapitel 2).

Die Erdung des Talacherhofs wurde bereits vor unseren Abklärungen von Schema TN-S auf TT geändert und bildet somit eine Erdungsinsel. Bestätigung siehe Kapitel 4.4. Ebenfalls elektrisch getrennt ist die Wasserzuleitung, mit Kunststoffrohr. Bestätigung siehe Kapitel 4.3.

Kapitel 3.1 enthält Erklärungen zu den verwendeten Fachwörtern. Verweise zu den Vorschriften und Wirkungsbereiche der Körperströme sind in Kapitel 3.2 zu finden.

Die Beobachtungen von Herrn P. Müller zeigten keine Übereinstimmung mit den Leistungsbelastungen der 380-kV-Leitungen der NOK (Details Anhang 1).

Die einzige physiologisch relevante Ursache für einen Körperstrom ist eine Berührungs- oder Schrittspannung. Die gesetzliche Grenze für die Sicherheit von Tieren liegt bei einer Wechselspannung (AC) von 25 V bzw. einer Gleichspannung (DC) von 60 V.

Für Wechselstrom ist bei einer Berührungs- bzw. Schrittspannung unter 0.5 V AC eine Beeinträchtigung von Rindern wenig wahrscheinlich [1] (Entspricht einer Wahrnehmbarkeitsschwelle unter ungünstigen Bedingungen).

Weiter ist aus der Wahrnehmbarkeitsschwelle des Stromes von 0.5 mA AC [2] und dem Körperwiderstand eines Rindes von 350 Ohm [3] ein theoretischer Wahrnehmbarkeitsgrenzwert von 0.175 V AC ableitbar.

Die im Melkstand und im Laufhof gemessenen Berührungs- und Schrittspannungen liegen mit maximal 0.003 V AC bei 2% des theoretischen AC-Wahrnehmbarkeitsgrenzwerts.

Es sind somit keine wahrnehmbaren AC-Berührungsspannungen vorhanden.

Die im Fundament und in Erdungsleitungen nachgewiesenen Kriechströme sind lediglich Indikatoren für mögliche Probleme.

Ein Einfluss der Hochspannungsleitungen, wie auch der Melkanalage, auf die AC-Kriechströme im Fundament ist je nach Messpunkt unterschiedlich nachweisbar. Diese verursachen aber keine relevanten AC-Berührungs- und Schrittspannungen und somit sind auch keine relevanten AC-Körperströme möglich.

Für Gleichstrom ist aus der Wahrnehmbarkeitsschwelle des Stromes von 2 mA DC [2] und dem Körperwiderstand eines Rindes von 350 Ohm [3] ein theoretischer Wahrnehmbarkeitsgrenzwert von 0.7 V DC ableitbar.

Die im Melkstand und im Laufhof gemessenen Berührungs- und Schrittspannungen liegen mit maximal 0.474 V DC bei 68% des theoretischen DC-Wahrnehmbarkeitsgrenzwerts.

Die Wahrnehmung von DC-Berührungsspannungen ist somit bei ungünstigen Verhältnissen möglich.

DC-Berührungs- und Schrittspannungen entstehen durch einen elektrochemischen Prozess (Galvanisches Element), analog einer Batterie.

Die DC-Schrittspannungen wird durch ein spezialisiertes Institut, die Schweizerische Gesellschaft für Korrosionsschutz (SGK) flächendeckend abgeklärt. Weiter ist zu klären, ob es gegebenenfalls möglich sein könnte, dass die AC-Kriechströme im Fundament, wie von Herrn Brockdorff (Bricona) vermutet, die DC-Berührungs- und Schrittspannungen relevant erhöhen. Für diese Abklärung wird die Fachkommission für Hochspannungsfragen unterstützend beigezogen.

Als letzter Punkt wurde seit dem 4.9.09 die Masterdung der beiden nächstliegenden Masten abgehängt. Es war kein unmittelbarer Einfluss auf die Kriechströme im Fundament (Laufhof) feststellbar. Herr P. Müller hat auch keine Verbesserung des Melkverhaltens festgestellt (Telefon 8.9.09). Aufgrund dieser Tatsache ist eine Verbesserung der Situation durch eine veränderte Erdbandlage sehr unwahrscheinlich.

2. Veranlassung

Seit der Erstellung des Stallanbaus mit Laufhof und des neuen Melkstandes stellte Herr P. Müller ein verändertes Verhalten seiner Kühe fest. Dies äussert sich wie folgt:

- Bewegen sich im Laufhof nur widerwillig.
- Widerstand beim Betreten des Melkstandes.
- Unruhe beim Melken (Bis zu Wegschlagen des Melkgeschirrs)
- Verlangsamter Milchfluss. Somit längere Melkzeiten.
- Widerstand beim Verlassen des Melkstandes

Herr Strabel vom Rindergesundheitsdienst (RGD) hat Potentialdifferenzen (Spannungen) im Melkstand gemessen mit Verweis auf Kriechströme.

Ein lokaler Elektriker hat Kriechströme in Erdverbindungen in und um den Melkstand gemessen. Dies auch ohne Hausanschlusssicherung (Niederspannungszuleitung abgetrennt).

Daraus wurde als Ursache auf die am Hof vorbeiführenden Hochspannungsleitungen geschlossen.

Eine erste Begehung erfolgte am 25. Juni 2008 durch die Herren Scherer und Rosser der NOK. Die Ergebnisse sind im Brief vom 7. August 2008 dargestellt.

Die laufenden Abklärungen erfolgen im Zusammenhang mit der Vertragserneuerung und dem eingeschriebenen Brief von Herrn P. Müller vom 22.12.08.

3. Allgemeines

3.1 Begriffe

In diesem Bericht werden die folgenden Begriffe verwendet:

AC

Abkürzung der englischen Bezeichnung für Wechselstrom (Alternating Current)

DC

Abkürzung der englischen Bezeichnung für Gleichstrom (Direct Current)

Kriechstrom oder auch Streustrom

Strom der in metallischen Bauelementen, wie Bewehrungseisen, Stahlkonstruktionen und Erdungsleitern fliesst.

Körperstrom

Strom der durch einen menschlichen oder tierischen Körper fliesst.

Potenzialdifferenz

Spannungsdifferenz zwischen zwei leitfähigen Objekten.

Potenzialausgleich

Verbindung aller metallischen Objekte zur Vermeidung von Potenzialdifferenzen. Die Verbindung erfolgt in der Regel mit Erdungsleitern bzw. Potenzialausgleichsleitern.

3.2 Vorschriften, Normen

Für den Personenschutz bei Starkstromanlagen (Anlagen und Freileitungen) gilt die Starkstromverordnung (STV) 734.2. Sie enthält Grenzwerte für die maximal zulässigen Berührungs- und Schrittspannungen.

Die Wahrnehmungsschwellen für elektrischen Strom liegen jedoch tiefer.

Die Niederspannungsinstallationsnorm (NIN) SN1000 bezieht sich ebenfalls auf die Grenzwerte der Starkstromverordnung 734.2. In für die Tierhaltung bestimmte Räumlichkeiten gelten 25 V AC bzw. 60 V DC als Grenzwerte für die Berührungsspannung (SN1000 Kapitel 7.5.4.1.3).

Die Wirkung des elektrischen Stromes auf Menschen und Tiere wird in der IEC/TS 60479-1 'Effects of current on human beings and livestock - Part1: General aspects' beschrieben. Es werden vier Wirkungsbereiche unterschieden. Für den Dauerbetrieb ergeben sich die Körperströme gemäss nachfolgender Tabelle.

Wirkungen	Dauer-Körperströme aus Zeit-Strom-Diagramm	
	Wechselstrom (AC)	Gleichstrom (DC)
Meist keine Einwirkung/Reaktion (Wahrnehmung)	bis 0.5 mA (Bereich AC-1)	bis 2 mA (Bereich DC-1)
Meist keine schädlichen physiologischen Wirkungen. Muskelreizungen sind möglich.	0.5 - 5 mA (Bereich AC-2)	2 - 25 mA (Bereich DC-2)
Physiologische Wirkungen. Meist Blutdrucksteigerung, Muskelverkrampfung und Atembeschwerden. Geringe Gefahr des Herzkammerflimmerns.	5 - 30 mA (Bereich AC-3)	25 - 150 mA (Bereich DC-3)
Verstärkte physiologische Wirkungen mit erhöhter Gefahr des Herzkammerflimmerns	über 30 mA (Bereich AC-4)	über 150 mA (Bereich DC-4)

3.3 Geographische Situation

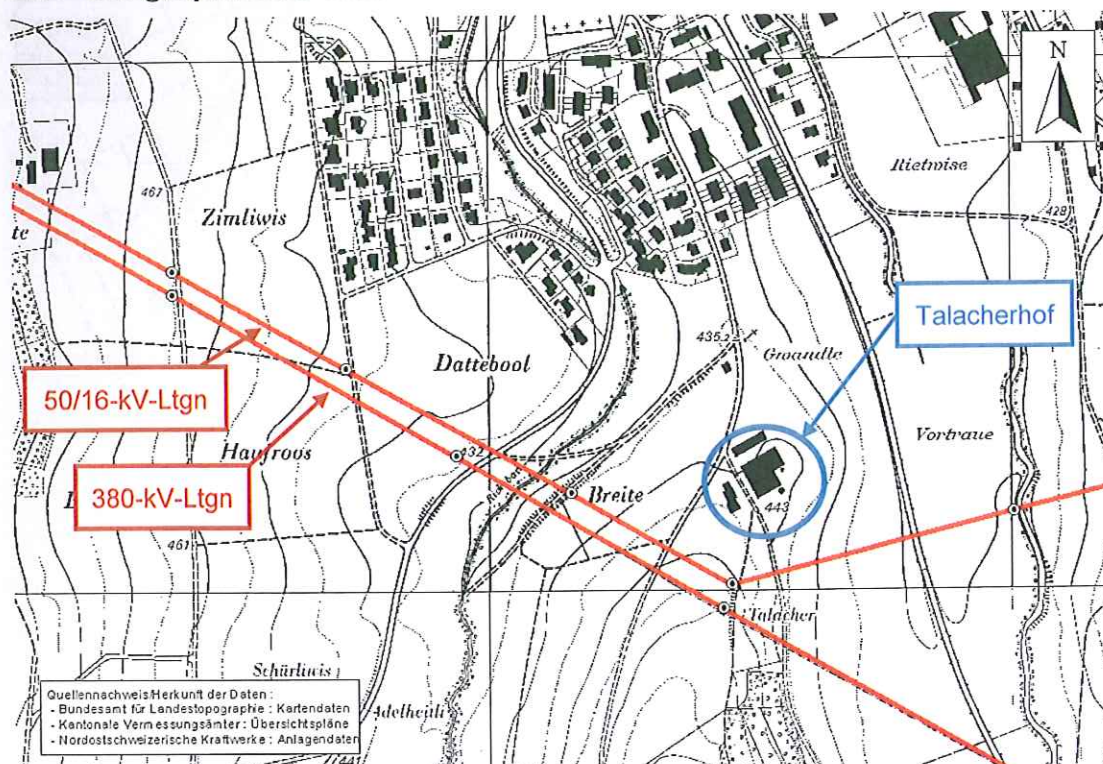


Abbildung 1 Talacherhof mit Umgebung

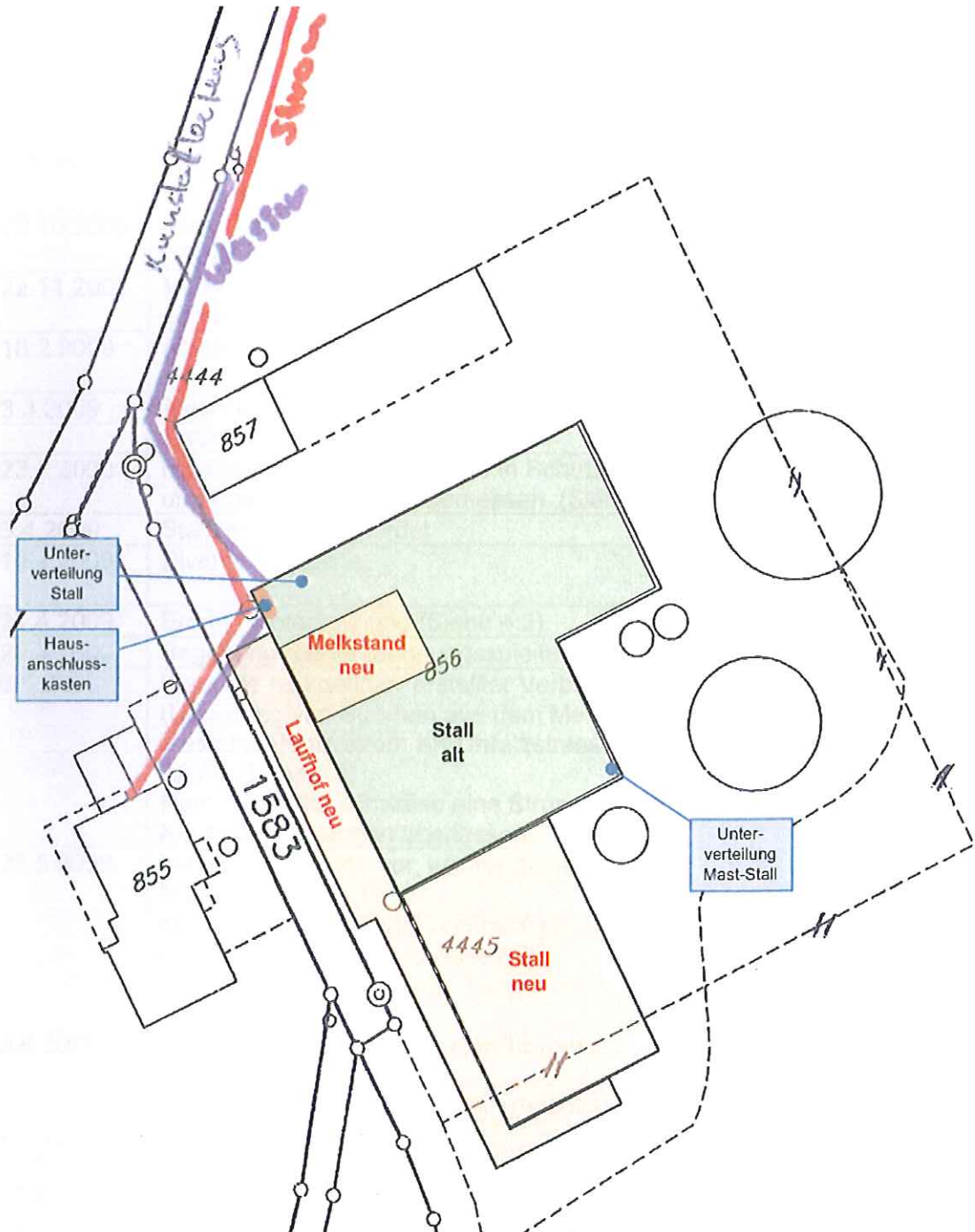


Abbildung 2 Talacherhof Gebäude

Aktuelle Melkstandausrüstung Alu-Riffelblech geerdet und mit Milchleitung verschweisst.

Anstelle der üblichen Erdung nach Schema TN-S wurde bereits eine Erdung nach Schema TT erstellt. (Gemäss SN1000)

3.4 Chronologie der Abklärungen

Datum	Tätigkeit	Personen
25.6.2008	Erdungs- und Magnetfelduntersuchung	NOK: R. Scherer, A. Rosser
7.8.2008	Brief mit Ergebnissen vom 25.6.2008 an Herr P. Müller	NOK: R. Scherer, A. Rosser
22.10.2008	Besuch des Rindergesundheitsdienstes. (Messung von Potenzialdifferenzen)	RGD: Herr D. Strabel
22.11.2008	Melkstand mit Alu-Riffelblech ausgerüstet + geerdet	Herr P. Müller
18.2.2009	Abklärungen vor Ort (Siehe 4.1)	NOK: A. Rosser, L. Mösch
3.3.2009	Aktennotiz (Abklärung 18.2.) und Originalpläne zurück an Herr P. Müller	NOK: L. Mösch
23.3.2009	NS-Struktur erfasst + Ströme in Schutzleiter und Potentialausgleich gemessen. (Siehe 4.2)	NOK: L. Mösch, U. Fischer
3.4.2009	Stalldach direkt geerdet	NOK: L. Mösch
14.4.2009	Diverse Versuche	NOK: A. Rosser, L. Mösch
21.4.2009	Erdungsuntersuchung (Siehe 4.3)	NOK: A. Rosser
22.4.2009	Begehung Niederspannungszuleitung mit AEW	NOK: A. Rosser
6.5.2009	Kontrolle neu definitiv erstellter Verbindungen (Umleitung von Strömen aus dem Melkstand). Messung Fehlerstrom KK Chratzstrasse mit AEW. (Siehe 4.4) Herrn P. Müller leihweise eine Stromzange für Kontrollmessungen überlassen.	NOK: A. Rosser, L. Mösch
27.5.2009	Messung ab 05:45 vor, während und nach dem Melken. (Siehe 4.5) Nächster Schritt: Begehung mit RGD D. Strabel (Klärung Potenzialdifferenzen). Herr Strabel sollte sich für Termin bei A. Rosser melden.	NOK: A. Rosser, L. Mösch
8.6.2009	Bisher keine Antwort von Herrn Strabel. Telefon mit Herrn Müller. Herr Strabel telefonisch nicht erreichbar.	NOK: A. Rosser
9.6.2009	Mail an Herr Strabel	NOK: A. Rosser
10.6.2009	Antwort-Mail von Herrn Strabel	NOK: A. Rosser
23.6.2009	Telefon mit Herrn Strabel; Klärung von Unklarheiten des Mails vom 10.6.09. (Siehe 4.6)	NOK: A. Rosser
25.8.2009	Abschaltversuch der 380-/50-/16-kV-Ltgn. (Siehe 4.7)	NOK: A. Rosser, Ch. Lindner
4.9.2009	Berührungs- und Schrittspannungsmessung AC + DC (Siehe 4.8 und 4.9)	NOK: A. Rosser, M. Miljanovic

Dazwischen diverse Telefonate Herr P. Müller mit A. Rosser oder L. Mösch.

4. Messresultate

4.1 Abklärung vom 18.2.2009

Die Ergebnisse wurden in der Aktennotiz vom 3.3.2009 zusammengefasst und mit den Originalplänen an Herrn P. Müller gesandt.

Die Messung des lokalen Elektrikers konnte reproduziert werden. Es wurden AC-Kriechströme in der Erdung des Melkstandes im Normalzustand, sowie ohne Hausanschlussicherung und getrenntem N/PEN-Leiter gemessen.

Weiter wurde festgestellt, dass die Kriechströme bei laufender Melkanlage steigen oder bei laufender Entmistinganlage steigen und schnell wechseln.

Diese Kriechströme sind Indikatoren für mögliche Probleme.

Der Kriechstrom in der Melkstanderdung konnte, durch lösen von drei der vier Erdungsanschlüsse, auf einen minimalen Wert von 5 mA AC reduziert werden.

4.1.1 Zusammenhang Tierverhalten - Leitungsbelastungen 23.2. - 22.3.09

Die Beobachtungen des Tierverhaltens von Herrn P. Müller (Eintreten, Melken, Austreten) und die Belastungen der 380-kV-Leitungen ergaben keinen Zusammenhang. Siehe dazu Anhang 1.

(Die Belastungswerte der 50-kV-Leitung standen nicht im notwendigen Detaillierungsgrad zur Verfügung und für die 16-kV-Leitung sind für diesen Abschnitt keine Messwerte vorhanden.)

4.2 Abklärung vom 23.3.2009

Es erfolgte eine Situationsaufnahme der Elektroinstallation und weitere Kriechstrommessungen an verschiedenen Orten. Das Ziel war die Beseitigung der Kriechströme. Das Erdungssystem des Talacherhofs erwies sich als sehr komplex.

Tendenz öffnen einer Verbindung z.B. Schutzleiter UV Maststall (vor Öffnen 120 mA AC; nach Öffnen 0 mA AC) führt in der Verbindung Melkstand zu einer Erhöhung (vor dem Öffnen 5 mA AC; nach dem Öffnen 23 mA AC).

Die Abklärung diente dem Systemverständnis.

Es wurden keine physiologisch relevanten Körperströme festgestellt.

4.3 Erdungsmessung Talacherhof vom 21.4.2009

Die sichtbaren Fang- und Ableitungen des Blitzschutzes des Stalls und der Remise wurden optisch ermittelt und dokumentiert. Weiter wurden die unzugänglichen Verbindungen im Fundament und im Boden soweit möglich messtechnisch ermittelt und ebenfalls dokumentiert.

Die Messpunkte und Messergebnisse sind in Anhang 2 dargestellt.

Die Messung bestätigt

- die Isolation der Wasserzuleitung (Kunststoff), Messpunkt Hydranten 102 (H1).
- die Messpunkte B1, B2 und B3 nicht direkt mit der Stallerdung verbunden sind. Nur indirekt über den Blitzschutz
- dass der Messpunkt B4 der Remise mit der Stallerdung verbunden ist.
- die Fundamenterdung im neuen und im alten Stall untereinander verbunden ist.
- der Messpunkt P11 der Entmistungsanlage nicht eindeutig geerdet ist

Der Erdungswiderstand des PEN-Leiters des AEW hat einen ähnlichen Erdungswiderstand wie die Fundamenterdung. Somit wäre eine fehlerhafte Erstellung des TT-Netzes möglich. Zur Klärung ist eine Kriechstrommessung in der KK Chratzstrasse notwendig. Für diese Messung musste zuerst eine Leckstrommesszange mit grösserem Durchmesser beschafft werden.

Die Messung diente der Vertiefung der bisherigen Erkenntnisse. Es wurden keine physiologisch relevanten Körperströme festgestellt.

4.4 Messung KK Chratzstrasse vom 6.5.2009

Die Messung bestätigt die korrekte Erstellung des TT-Netzes im Talacherhof. Bei getrennter Zuleitung (NHS-Sicherungen gezogen) wurde ein Kriechstrom von 2 mA AC gemessen. Im gleichen Zeitraum lag der Kriechstrom im Melkstand bei 15 mA AC.

Charakteristisch und erschwerend ist, dass die gemessenen Kriechströme zeitlich variieren. Auch bedingt durch Stallinterne Anlagen, wie Melkmaschine, Entmistungsanlage und ähnliche. Die teilweise schnellen Änderungen können unmöglich von den Hochspannungsleitungen, mit langsamen Änderungen der Lastströme, verursacht werden.

Herrn P. Müller wurde ein Zangenampèremeter (Elbro DL-6054, H076974) für eigene Kontrollmessungen leihweise überlassen.

4.5 Abklärung vom 27.5.2009

Herr P. Müller hat mit dem Zangenampèremeter im Bericht 6. - 23.5.09 selbständig Messungen durchgeführt und uns die Resultate zugesandt. Er hat über die Messperiode steigende Ströme gemessen.

Deswegen führten wir unsererseits am 27.5.09 eine Messung während des Melkens durch.

Ein Vergleich zwischen den Messgeräten zeigte Abweichungen des ausgeliehenen Zangenampèremeters. Die Messungen vom 6. - 14.5. sind vergleichbar mit unseren Messwerten. Die Messwerte vom 15. - 23.5. sind infolge einer Fehlfunktion des ausgeliehenen Messgerätes (Temperatur, Feuchtigkeit) nicht wertbar.

4.5.1 Kriechstrommessung vom 27.5.09

Während des Melkens wurden die folgenden Punkte beobachtet:

Zeit	Kriechstrom [mA AC]				Laufhof (B13F)
	Melkstand				
	ohne Entmistung, ohne Melkanlage, ohne Milchpumpe	mit Entmistung, ohne Melkanlage, ohne Milchpumpe	ohne Entmistung, mit Melkanlage, ohne Milchpumpe	ohne Entmistung, mit Melkanlage, mit Milchpumpe	
05:40	2	5			125
06:40			32		
06:52			17		
06:53				23	
06:58					113
07:10					128
07:20			17	24	
07:40					151
07:50			16	21	
08:25	6				
10:50					163
10:55	14				
11:30	6				

Diese Kriechströme sind physiologisch nicht relevant.

4.5.2 Schrittspannungsmessung vom 27.5.09

Nach dem Melken wurden im verdreckten Laufhof und im Melkstand Schrittspannungen gemessen. Dazu wurden zwei Kupfer-Messsandalen (je 200 cm² Fläche) mit einem Abstand von 1.5 m verwendet. Folgende Schrittspannungen wurden gemessen:

- Laufhof: 2 mV AC = 0.002 V AC
- Melkstand: 3mV AC = 0.003 V AC
- Übergang Laufhof - Melkstand: 3 mV AC = 0.003 V AC

Die maximal zulässige Berührungs-/Schrittspannung von 25 V AC für landwirtschaftliche Betriebsstätten gemäss SN1000 ist weit unterschritten.

Mit einem Körperwiderstand der Kuh von 350 Ohm (Maul - alle Hufe) [3] berechnet sich ein möglicher Körperstrom wie folgt:

$$Körperstrom I = \frac{Schrittspannung U}{Körperwiderstand R} = \frac{0.003V}{350Ohm} = 0.000'009'A = 0.009 mA$$

Die Situation ist in der folgenden Abbildung 3 dargestellt.

Die Wahrnehmbarkeitsschwelle liegt bei 0.5 mA AC [2]. Der oben errechnete mögliche AC-Körperstrom durch die Kuh ist um den Faktor 50.

Die Wahrnehmbarkeit des AC-Körperstroms aufgrund der gemessenen Berührungs- und Schrittspannungen ist auszuschliessen.

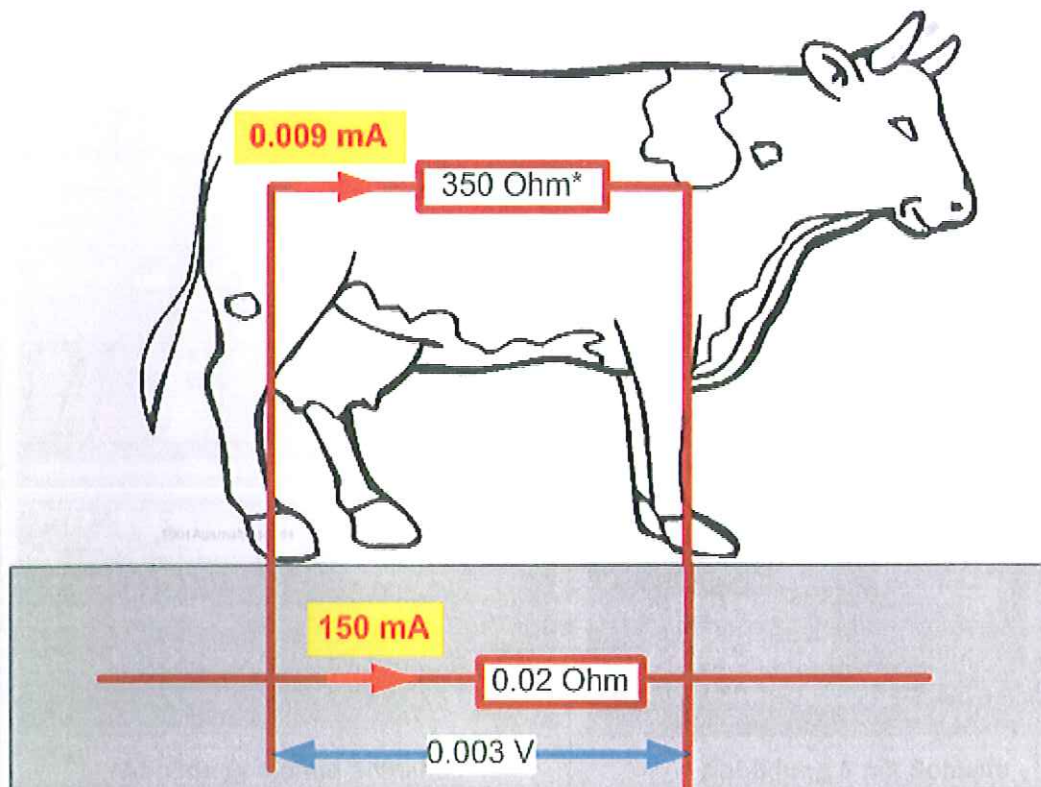


Abbildung 3 Stromaufteilung Fundament - Kuh

Im Bericht des Rindergesundheitsdienstes (RGD) vom 22.10.2008 erwähnt Herr Strabel gemessene Potentialdifferenzen von 0.89 V bei 500 Ohm (Basis Mail vom 10.6.09). Unklar ist, ob es sich dabei um AC- oder DC-Potentialdifferenzen handelt. Deshalb wurde unsererseits eine gemeinsame Begehung angeregt. Der Telefonrückruf von Herrn Strabel blieb aus. Die telefonische Kontaktaufnahme durch A. Rosser NOK war erfolglos. Darauf erfolgte die Kontaktaufnahme seitens A. Rosser NOK per Mail (9.6.09) mit Antwort von Herrn Strabel am 10.6.09.

4.5.3 Beispiel für selbst erzeugte Kriechströme

Ein Beispiel für Stallintern erzeugte Kriechströme findet sich im Steuerkasten der Melkanlage. Ein Transformator ist auf eine geerdete Metallplatte montiert, zusätzlich wurden eine Schirmwicklung und das Gehäuse geerdet. Dadurch wurde eine Schleife gebildet, in welche das Streufeld des Transformators einen Strom induzierte. Bei offener Schleife fließt im Schutzleiter ein AC-Strom von 18.85 mA AC (Abbildung 4). Bei geschlossener Schleife fließt im Schutzleiter ein AC-Strom von 352 mA AC oder 19mal mehr als bei offener Schleife. (Abbildung 5)

Typisches Beispiel für einen lokalen Kriechstrom. Physiologisch jedoch nicht relevant.



Abbildung 4 ohne Schleife

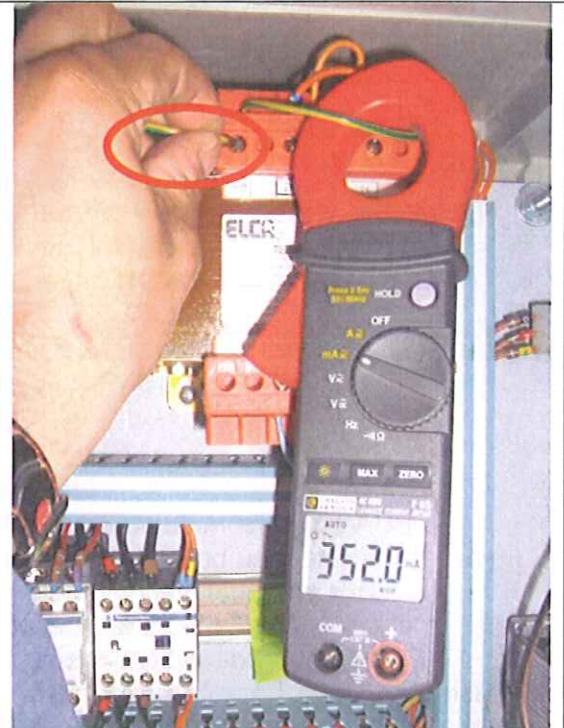


Abbildung 5 mit Schleife

4.5.4 Akustische Erdleitungsortung

Eine akustische Ortung der Erdleitungen (mit einem Kabelortungsgerät) lässt den Rückschluss auf eine niederohmige Erdverbindung in der Stützmauer des Laufhofes zu. Es ist anzunehmen, dass der Strom mehrheitlich in der Stützmauer fließt. Weiter wurden Kriechstrompfade über die metallarmierten Hydraulikschläuche der Antriebe der Entmistungsanlage lokalisiert.

Informative Messung zur Vertiefung der Systemkenntnisse.

4.6 Abklärung vom 23.6.2009

Infolge Abwesenheiten der relevanten Personen konnte die Frage der AC- oder DC-Potenzialdifferenzen erst am 23.6.2009 telefonisch mit Herrn Strabel geklärt werden.

Bei den 0.89 V handelt es sich um eine DC-Potenzialdifferenz bzw. DC-Berührungsspannung. DC-Potenzialdifferenzen entstehen durch elektrochemische Elementbildung, analog einer Batterie.

Die DC-Potenzialdifferenzen werden im Stall selbst erzeugt.

Zur Vermeidung dieser DC-Potenzialdifferenzen wurde von Herrn P. Müller im Dezember 2008 ein Alu-Riffelblech im Melkstand verlegt.

4.7 Abschaltversuch vom 25.8.2009

Um weitere Erkenntnisse zu gewinnen, konnten am 25.8.2009 sämtliche vorbeiführenden Hochspannungsleitungen (380-/50-/16-kV) abgeschaltet werden.

Anwesend waren:

- P. Müller (betroffener Landwirt)
- C. Brockdorff (Bricona met GmbH, Inst. für Bio-Geolog. + Phys. Messverf.)
- P. Laube und N. Schneider (Elektro Laube, Installateur)
- Ch. Lindner, A. Rosser + Freileitergruppe Birr (NOK)

Die Messung wurde auf zwei charakteristische Messpunkte reduziert (Siehe dazu Anhang 3).

4.7.1 Versuchsablauf

1. Alle Leitungen eingeschaltet (Normalbetrieb)
 - a. Kriechstrommessung bei Melk- und Entmistungsanlage AUS
2. Abschaltung aller 4 Leitungen (Spannungsprüfung und unterster Leiter erden)
 - a. Kriechstrommessung bei Niederspannungsversorgung EIN
 - b. Kriechstrommessung bei Melkmaschine EIN
 - c. Kriechstrommessung bei Niederspannungsversorgung AUS
 - d. Kriechstrommessung wie 5, zusätzlich Neutralleitertrenner geöffnet
 - e. Zwei Kriechstrommessungen bei normaler Niederspannungsversorgung
3. 16-kV-Leitung 'Lengnau - Schneisingen' EIN
 - a. Kriechstrommessung bei Niederspannungsversorgung EIN
 - b. Kriechstrommessung bei Niederspannungsversorgung AUS
 - c. Kriechstrommessung bei Melkmaschine EIN
4. 50-kV-Leitung 'Würenlingen - Steinmaur' EIN
 - a. Kriechstrommessung bei Niederspannungsversorgung EIN
 - b. Kriechstrommessung bei Niederspannungsversorgung AUS
 - c. Kriechstrommessung bei Melkmaschine EIN
5. 380-kV-Leitung 'Lägern Nord' EIN
 - a. Kriechstrommessung bei Niederspannungsversorgung EIN
 - b. Kriechstrommessung bei Niederspannungsversorgung AUS
 - c. Kriechstrommessung bei Melkmaschine EIN
6. 380-kV-Leitung 'Lägern Süd' EIN
 - a. Kriechstrommessung bei Niederspannungsversorgung EIN
 - b. Kriechstrommessung bei Niederspannungsversorgung AUS
 - c. Kriechstrommessung bei Melkmaschine EIN

4.7.2 Zusammenfassung der Ergebnisse

Messpunkt: Erdverbindung Melkstand

Es wurden die folgenden Werte gemessen (siehe auch Anhang 3):

Messpunkt Melkstand Kriechströme in mA AC	Melkanlage AUS	Melkanlage EIN
Alles AUS (Grundpegel, Verursacher unbekannt)	0.5	
400V EIN, HS-Leitungen AUS	3.4	13.2
400V EIN, 16kV AEW EIN	5.6	11.8
400V EIN, 16kV AEW EIN, 50kV NOK EIN	2.9	12.0
400V EIN, 16kV AEW EIN, 50kV NOK EIN, 1x380kV NOK EIN	2.0	10.4
400V EIN, 16kV AEW EIN, 50kV NOK EIN, 2x380kV NOK EIN	2.9	12.0

Im Melkstand werden die Kriechströme zur Hauptsache von stallinternen Anlagen verursacht. Der Einfluss der 16-/50-/380-Leitungen ist im Melkstand somit nicht relevant.

Messpunkt: Laufhof

Es wurden die folgenden Werte gemessen (siehe auch Anhang 3):

Messpunkt Laufhof Kriechströme in mA AC	Melkanlage AUS	Melkanlage EIN
Alles AUS (Grundpegel, Verursacher unbekannt)	6.6	
400V EIN, HS-Leitungen AUS	11.2	22.3
400V EIN, 16kV AEW EIN	6.3	23.3
400V EIN, 16kV AEW EIN, 50kV NOK EIN	63.0	63.0
400V EIN, 16kV AEW EIN, 50kV NOK EIN, 1x380kV NOK EIN	109.0	105.0
400V EIN, 16kV AEW EIN, 50kV NOK EIN, 2x380kV NOK EIN	70.0	76.9

Die Zuschaltung der näheren 380-kV-Leitung ergibt einen maximalen Kriechstrom 109 mA AC.

Mit der Zuschaltung der zweiten 380-kV-Leitung reduziert sich der Kriechstrom wieder auf einen ähnlich Wert wie ohne die beiden 380-kV-Leitungen. Die Erklärung dafür sind die Magnetfeldoptimierten Leitungsanordnungen.

Wie bereits in vorherigen Messungen festgehalten fließen die Kriechströme im Fundament. Es handelt sich somit nicht um physiologisch relevante Körperströme.

Die Ursache des Kriechstromes im Laufhof ist mit grosser Wahrscheinlichkeit auf eine Kopplung durch das Magnetfeld zurück zu führen. Dies obwohl das Magnetfeld unter dem NISV-Grenzwert von 1µT liegt. Diese Annahme kann durch den Vergleich mit einer theoretischen Magnetfeld-Berechnung bestätigt werden (Siehe Abbildung 6).

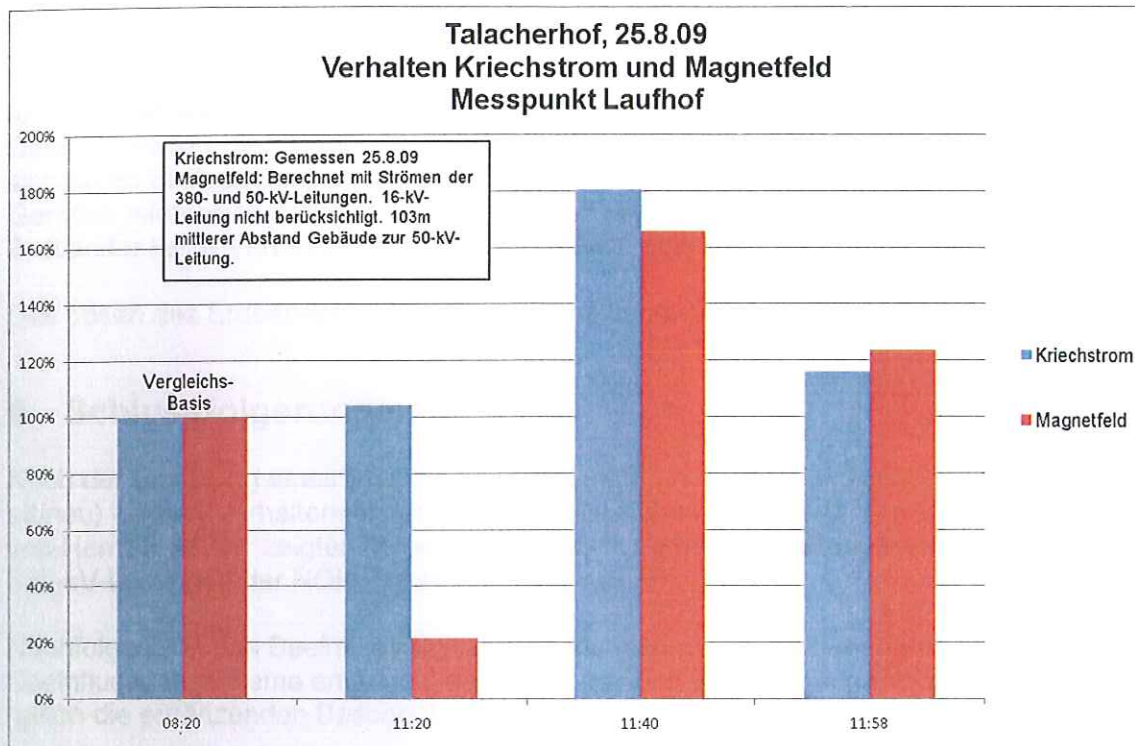


Abbildung 6: Verhalten Kriechstrom und Magnetfeld

4.8 Berührungs- und Schrittspannungsmessung vom 4.9.09

Im Melkstand, im Übergang Laufhof-Melkstand und im Laufhof wurden AC-Berührungs- und Schrittspannungen von maximal 0.003 V AC gemessen. (Siehe Anhang 4) Dies sind die gleichen Werte wie bei der Messung vom 27.5.09.

Die AC-Berührungs- und Schrittspannungen sind somit physiologisch nicht relevant, da sie Faktor 50 unter der theoretischen Wahrnehmbarkeitsschwelle von 0.175 V AC (350 Ohm x 0.5 mA AC) liegen.

In der rechten Melkstandbahn wurde eine DC-Berührungsspannung von 0.040 V DC gemessen. Nach dem Anschliessen des vorhandenen Potentialausgleichs, war diese DC-Berührungsspannung beseitigt.

Im Laufhof und im Übergang Laufhof-Melkstand wurden DC-Schrittspannungen bis 0.474 V DC gemessen. Die DC-Berührungs- und Schrittspannungen liegen nahe bei der theoretischen Wahrnehmbarkeitsschwelle von 0.7 V DC (350 Ohm x 2 mA).

Die DC-Schrittspannungen nehmen in Querrichtung zu. Der Maximalwert liegt bei der Führungsschiene der Entmistungsanlage und fällt links und rechts davon ab.

In der Längsachse sind auch DC-Schrittspannungen messbar, jedoch sind diese eher kleiner.

Durch die stichprobenartige Messung sind allfällige höhere DC-Schrittspannungen nicht auszuschliessen.

4.9 Masterdungen 4.9.09

Es wurden die Erdungen des 380-kV- und 50/16-kV-Mastes gemessen. Diese lagen im für solche Masten durchschnittlichen Bereich.

Danach blieben die beiden Erdbänder gelöst. Diese Massnahme hatte keinen direkt sichtbaren Einfluss auf die Kriechströme im Fundament.

Gemäss telefonischer Nachfrage bei Herrn P. Müller vom 8.9.09 hatte das Lösen der Erdbänder keine Verbesserung der Melksituation gebracht.

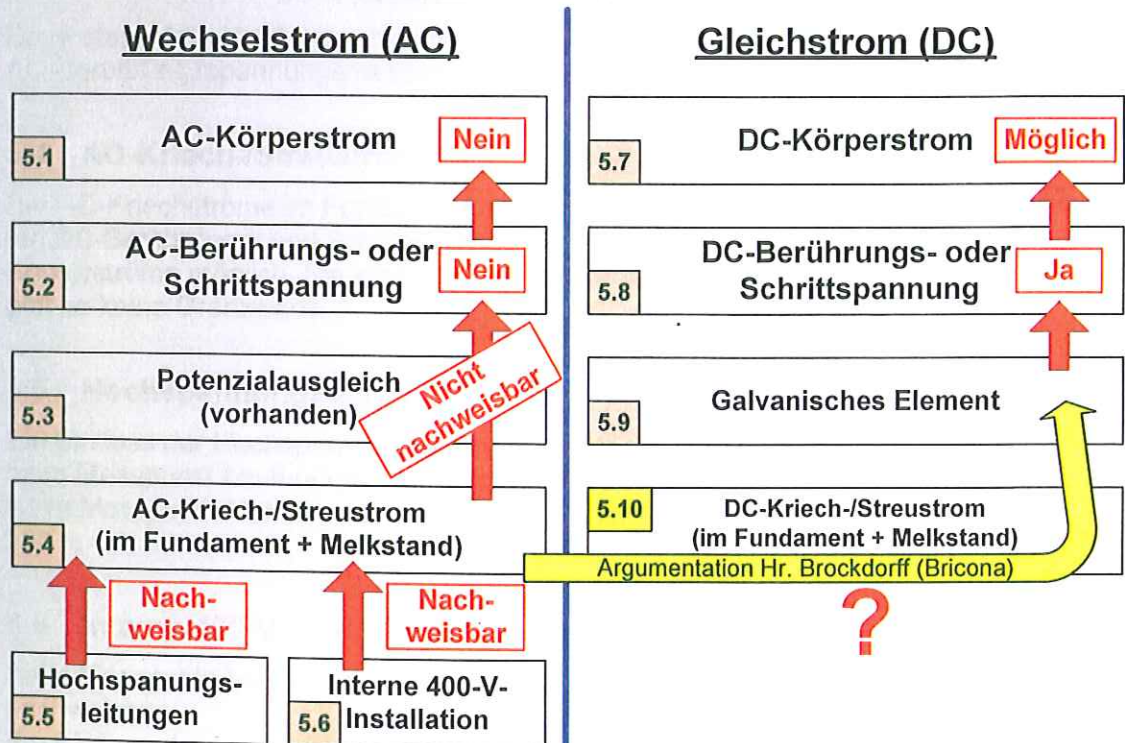
Das Lösen des Erdbandes hat keinen Einfluss auf die AC-Kriechströme.

5. Schlussfolgerungen

Nach der Erstellung eines Stallanbaus mit Laufhof und neuem Melkstand (Kombination alt/neu) wurden Verhaltensänderungen bei den Kühen festgestellt. Die Beobachtungen von Herrn P. Müller zeigten keine Übereinstimmung mit den Leitungsbelastungen der 380-kV-Leitungen der NOK (Details Anhang 1).

Nachfolgend ist das Beeinflussungsschema dargestellt. Die Nummerierung (5.1, ...) im Beeinflussungsschema entspricht der nachfolgenden Kapitelnummerierung. Diese enthalten die ergänzenden Beschreibungen.

Beeinflussungsschema



5.1 AC-Körperstrom

Ströme die durch einen Menschen oder ein Tier fließen sind Körperströme und ab einer gewissen Höhe wahrnehmbar.

Die einzige physiologisch relevante Ursache für einen Körperstrom ist eine Berührungs- oder Schrittspannung.

5.2 AC-Berührungsspannungs- oder Schrittspannung

Die gesetzliche Grenze für die Sicherheit von Tieren liegt bei 25 V AC.

Bei einer Berührungs- bzw. Schrittspannung unter 0.5 V AC ist eine Beeinträchtigung von Rindern wenig wahrscheinlich [1] (Entspricht einer Wahrnehmbarkeitsschwelle unter ungünstigen Bedingungen).

Weiter ist aus der Wahrnehmbarkeitsschwelle des Stromes von 0.5 mA AC [2] und dem Körperwiderstand eines Rindes von 350 Ohm [3] ein theoretischer Wahrnehmbarkeitsgrenzwert von 0.175 V AC ableitbar.

Bei den im Melkstand und im Laufhof durchgeführten Berührungs- und Schrittspannungsmessungen wurden maximal 0.003 V AC gemessen (Siehe auch Anhang 4). Dies entspricht 2% des theoretischen AC-Wahrnehmbarkeitsgrenzwerts.

Es sind somit keine wahrnehmbaren AC-Berührungsspannungen vorhanden.

5.3 Potenzialausgleich (vorhanden)

Der Potentialausgleich ist vorhanden. Dies bestätigt die Erdungsmessung (4.3) und die AC-Berührungsspannungsmessung (Anhang 4).

5.4 AC-Kriech-/Streustrom (im Fundament + Melkstand)

Die AC-Kriechströme im Fundament und Erdungsleitungen verursachen keine relevanten AC-Berührungs- und Schrittspannungen und somit sind auch keine relevanten AC-Körperströme möglich. Sie sind lediglich Indikatoren für mögliche Probleme. Für sie gibt es keine Grenzwerte.

5.5 Hochspannungsleitungen

Ein Einfluss der Hochspannungsleitungen auf die AC-Kriechströme im Fundament ist beim Messpunkt Laufhof nachweisbar (Siehe Anhang 3).

Beim Messpunkt Melkstand ist keine Einfluss der Hochspannungsleitungen nachweisbar.

5.6 Interne 400-V-Installation

Beim Messpunkt Melkstand ist ein Einfluss der Melkanlage auf die AC-Kriechströme nachweisbar.

Ein Einfluss der Melkanlage auf die Kriechströme im Laufhof ist nur bei ausgeschalteten 50- und 380-kV-Leitungen nachweisbar.

5.7 DC-Körperstrom

Analog 5.1.

5.8 DC-Berührungs- oder Schrittspannung

Die gesetzliche Grenze für die Sicherheit von Tieren liegt bei 60 V DC.

Aus der Wahrnehmbarkeitsschwelle des Stromes von 2 mA DC [2] und dem Körperwiderstand eines Rindes von 350 Ohm [3] ein theoretischer Wahrnehmbarkeitsgrenzwert von 0.7 V DC ableitbar.

Bei den im Melkstand und im Laufhof durchgeführten Berührungs- und Schrittspannungsmessungen wurden maximal 0.474 V DC gemessen (Siehe auch Anhang 4). Dies entspricht 68% des theoretischen DC-Wahrnehmbarkeitsgrenzwerts.

Eine Wahrnehmung der DC-Berührungsspannungen könnte somit in ungünstigen Fällen möglich sein.

5.9 Galvanisches Element

DC-Berührungs- und Schrittspannungen entstehen in dieser Konstellation immer durch einen elektrochemischen Prozess (Galvanisches Element), analog einer Batterie. Die Ursache sind zwei Materialien mit unterschiedlichem DC-Potenzial (Eisen im Beton und blankes Eisen der Entmistung) und einem Elektrolyt (Jauche/Mist).

Bei feuchter und/oder nasser Umgebung wären somit die DC-Schrittspannungen eher höher als bei trockener Witterung. Da im Laufhof unterschiedliche DC-Schrittspannungen messbar sind, suchen sich die Kühe wahrscheinlich eher die Bereiche mit den kleinsten DC-Schrittspannungen aus.

5.10 DC-Kriech-/Streustrom (im Fundament + Melkstand)

Von Herrn Brockdorff (Bricona) wurden DC-Kriechströme im Fundament + Melkstand gemessen.

Seitens von Herr Brockdorff steht die These im Raum, dass die AC-Kriechströme die DC-Berührungsspannungen verursachen.

Für NOK ist dieser Zusammenhang nicht gegeben.

Deshalb werden die DC-Schrittspannungen durch ein spezialisiertes Institut, die Schweizerische Gesellschaft für Korrosionsschutz (SGK), flächendeckend abgeklärt. Weiter ist zu klären, ob es gegebenenfalls möglich sein könnte, dass die AC-Kriechströme im Fundament, wie von Herrn Brockdorff (Bricona) vermutet, die DC-Berührungs- und Schrittspannungen relevant erhöhen. Für diese Abklärung wird die Fachkommission für Hochspannungsfragen unterstützend beigezogen.

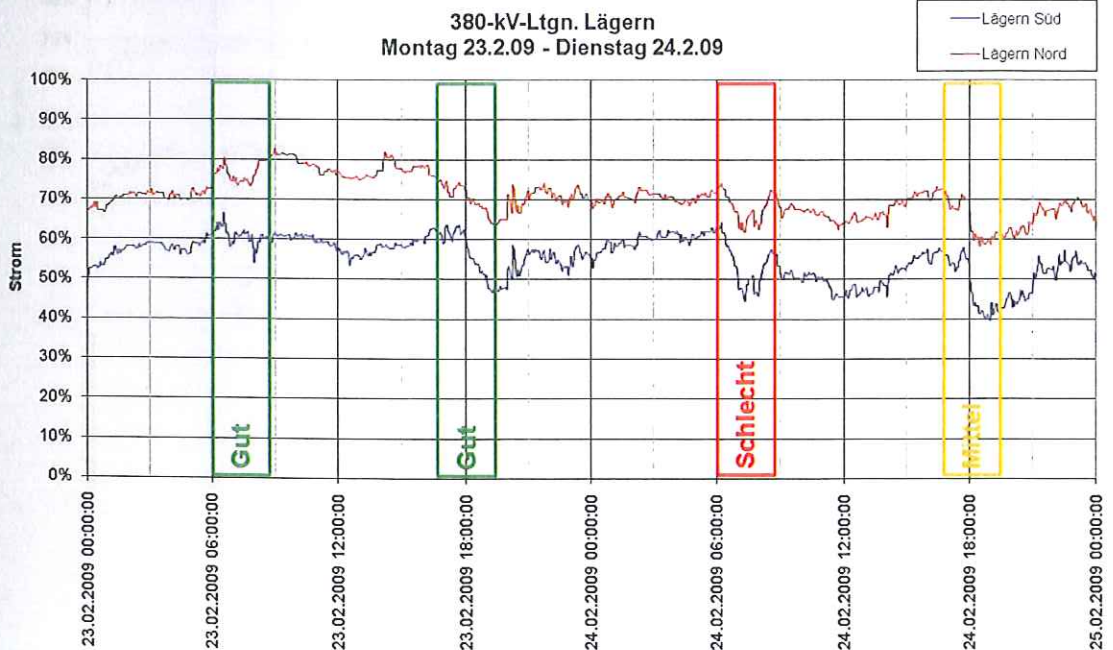
5.11 Masterdungen, Erdbandeinfluss

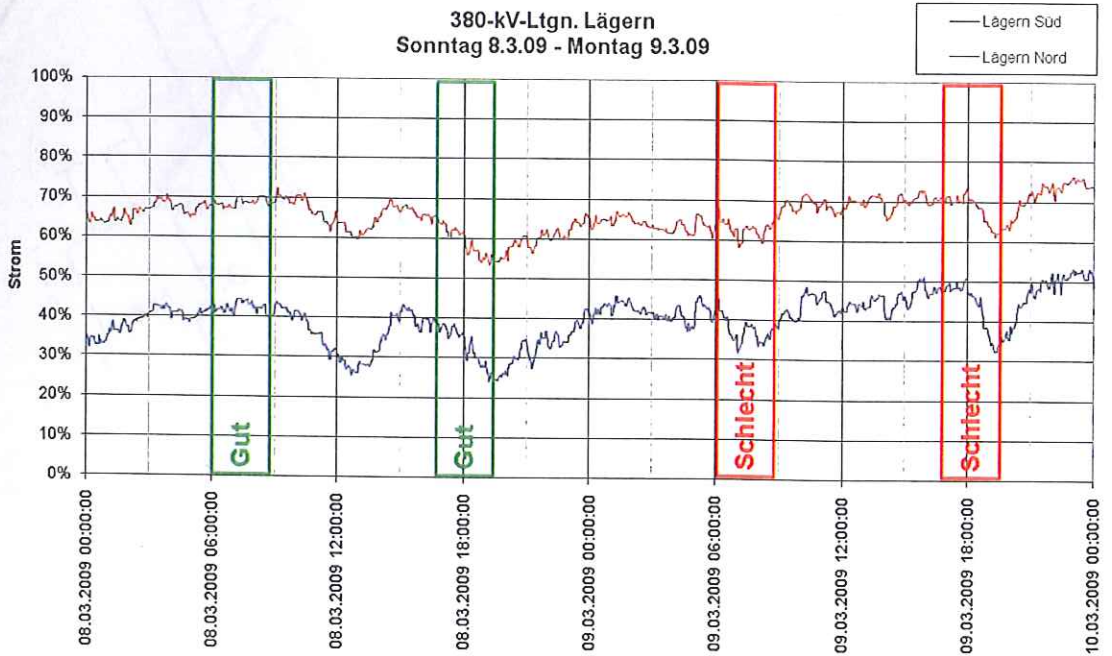
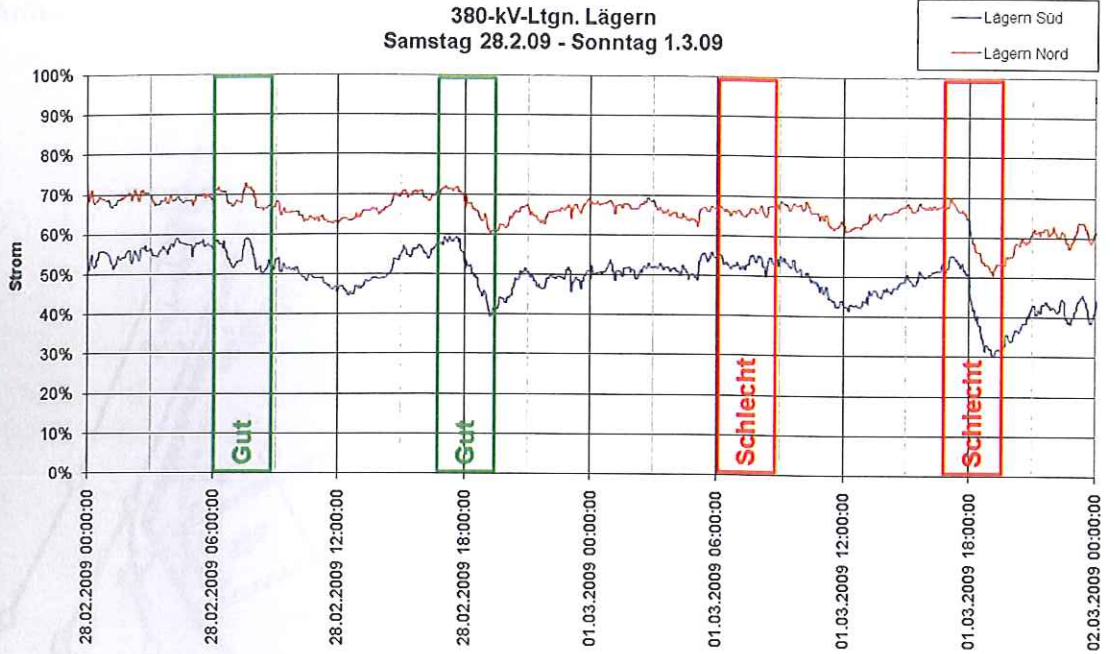
Als letzter Punkt wurde seit dem 4.9.09 die Masterdung der beiden nächstliegenden Masten abgehängt. Es war kein unmittelbarer Einfluss auf die Kriechströme im Fundament (Laufhof) feststellbar. Herr P. Müller hat auch keine Verbesserung des Melkverhaltens festgestellt (Telefon 8.9.09). Aufgrund dieser Tatsache ist eine Verbesserung der Situation durch eine veränderte Erdbandlage sehr unwahrscheinlich.

6. Literaturverzeichnis

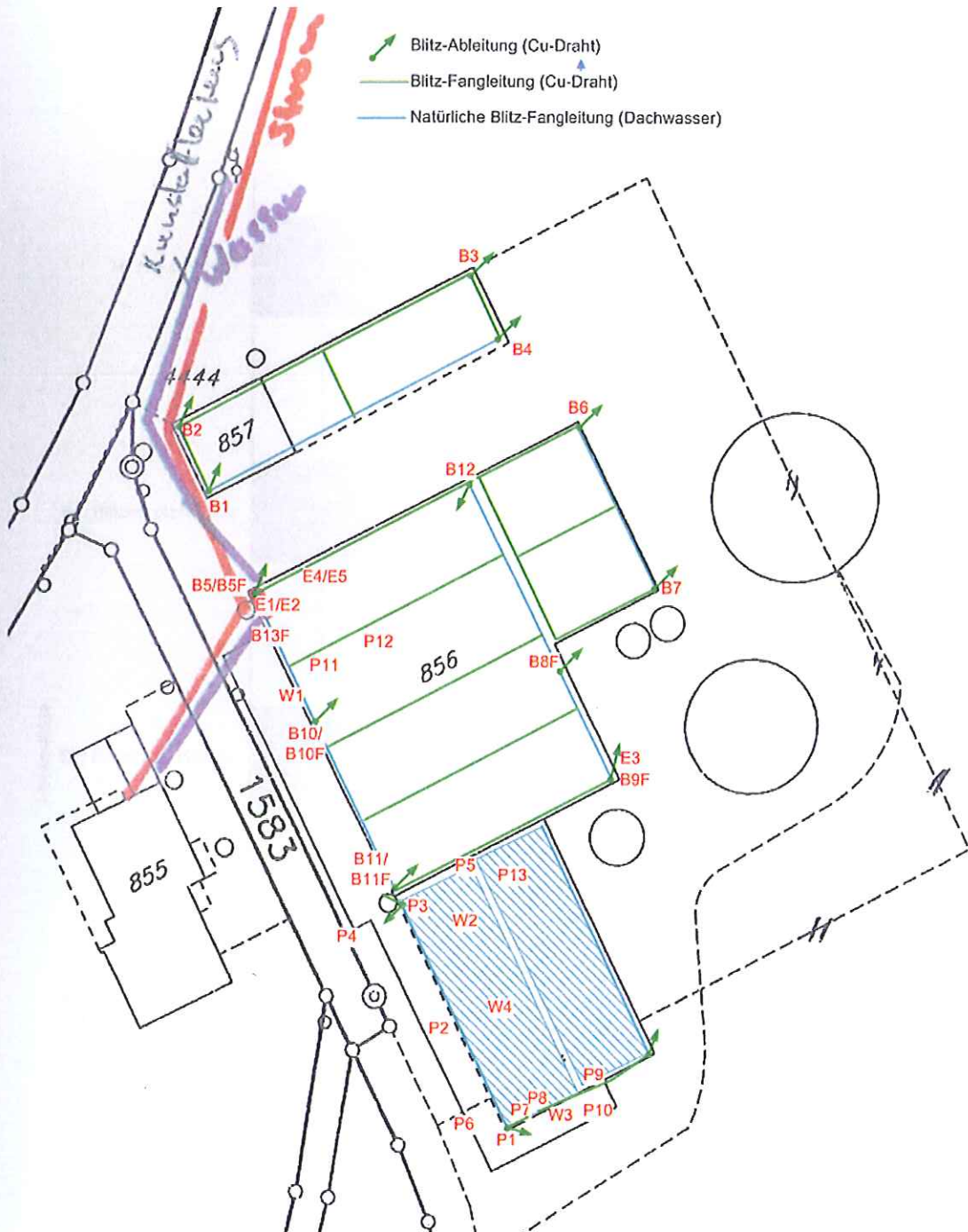
- [1] "Effect of Electrical Voltages / Current on Farm Animals, How to Detect and Remedy Problems", A publication by the United States Department of Agriculture and Agricultural research Service; Agricultural Handbook No. 696
- [2] IEC/TS 60479-1
- [3] Biegelmeier G, Kieback D., Kiefer G., Krefter K.-H.; "Schutz in elektrischen Anlagen, Band 1, Gefahren durch den elektrischen Strom" 2. Auflage, ISBN 3-8007-2603-3, VDE-Verlag

Anhang 1: Zusammenhang Tierverhalten - Leitungsbelastungen

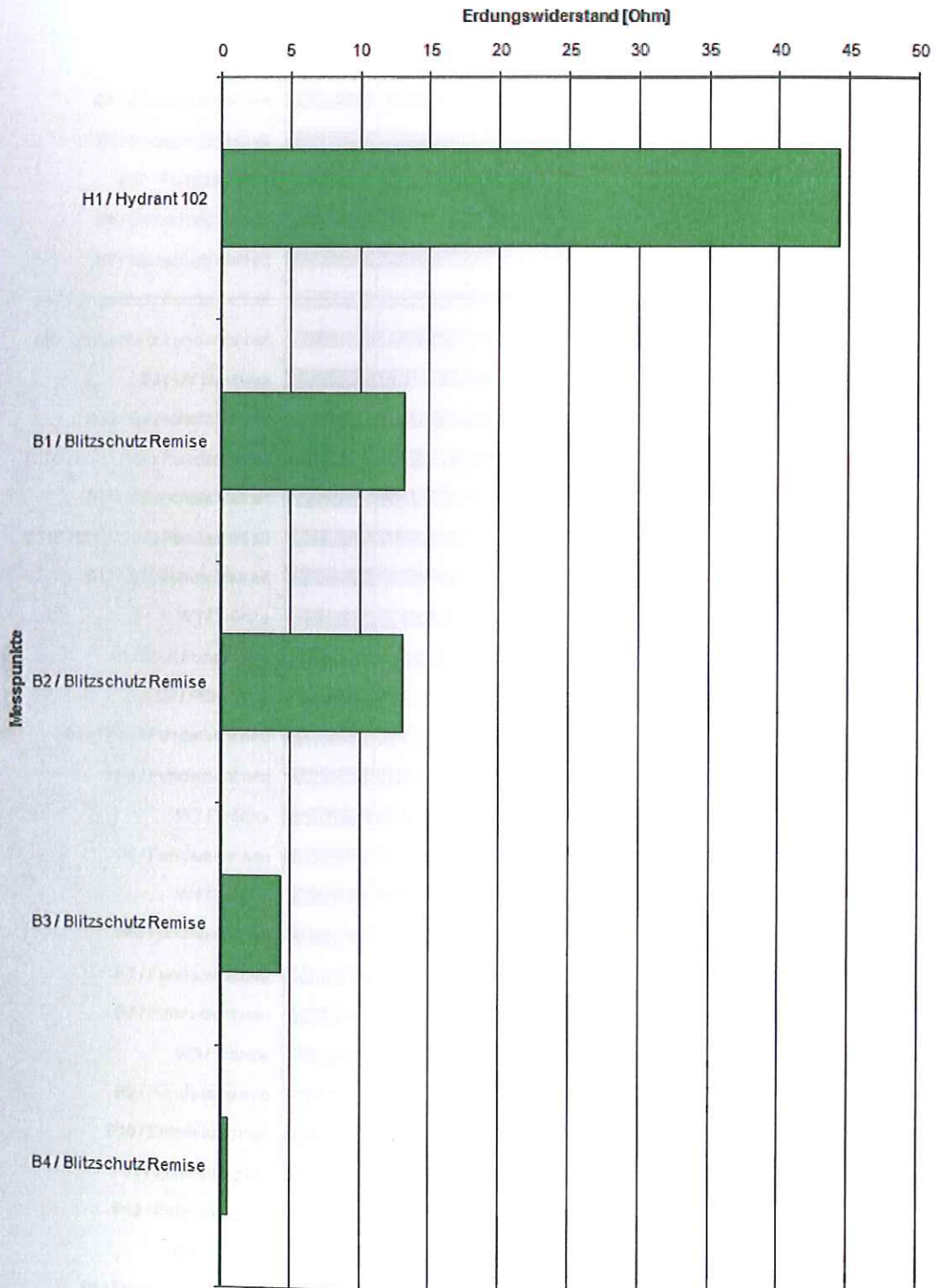




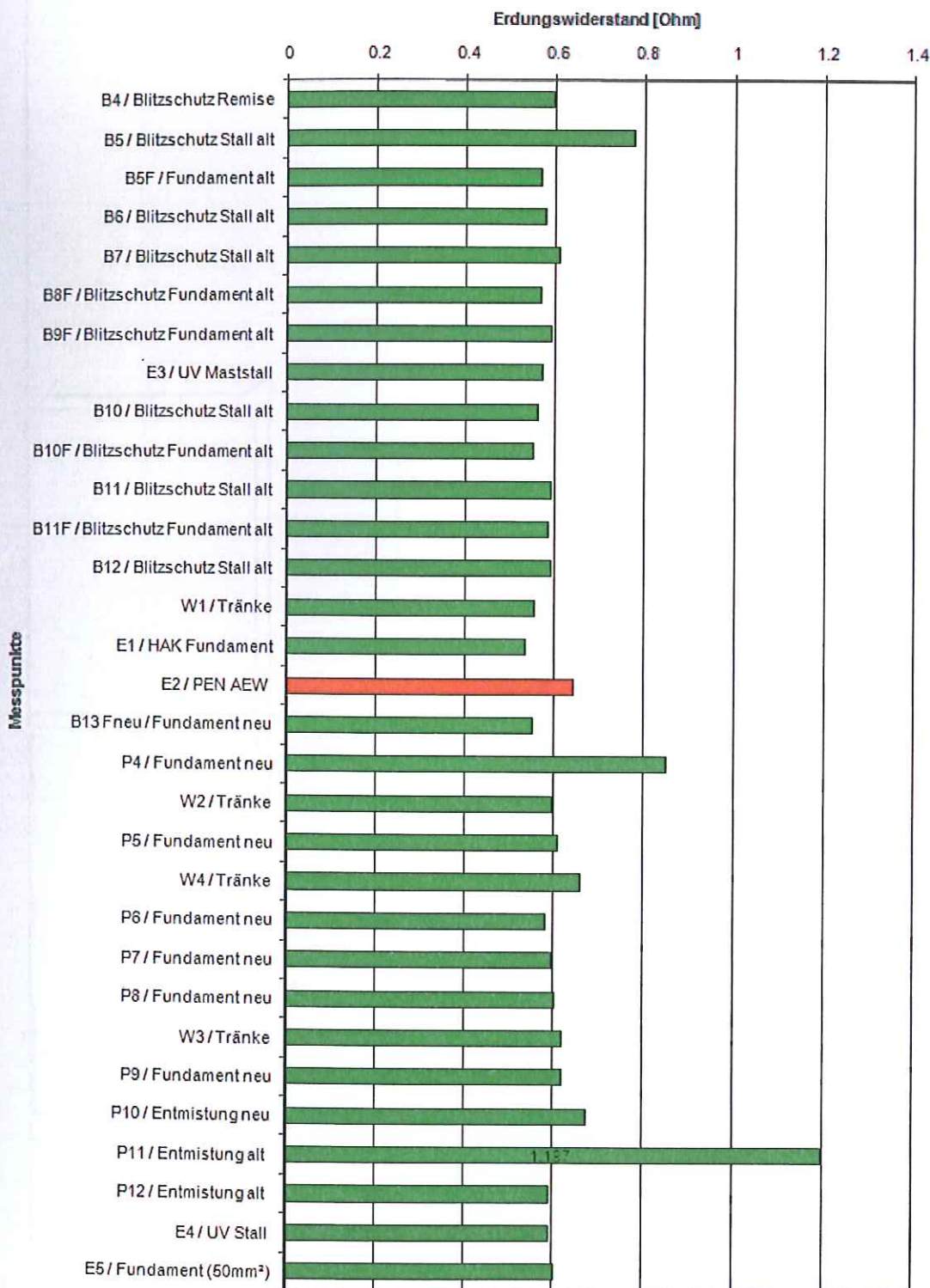
Anhang 2: Erdungsmessung Talacherhof



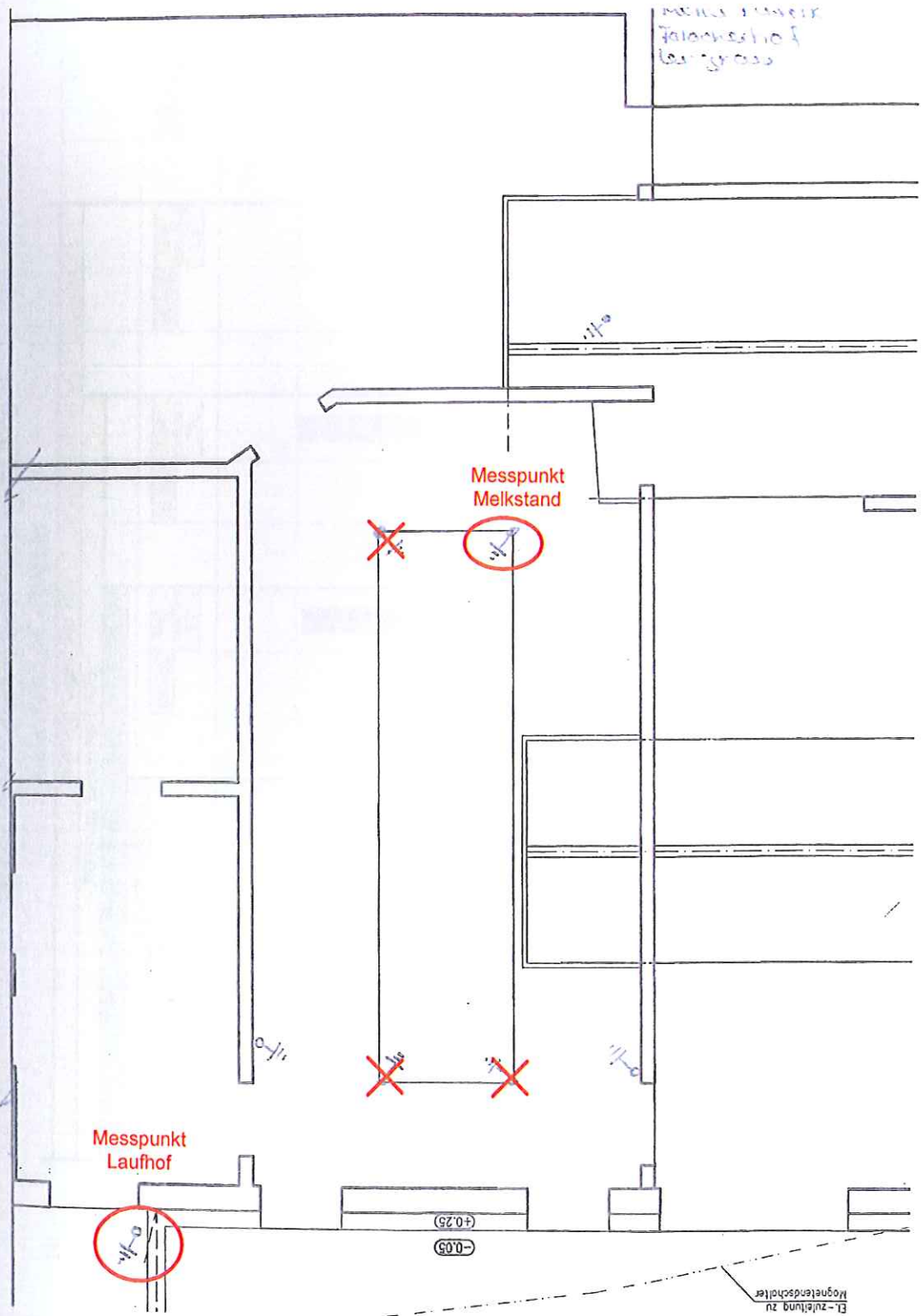
TalacherhofErdung



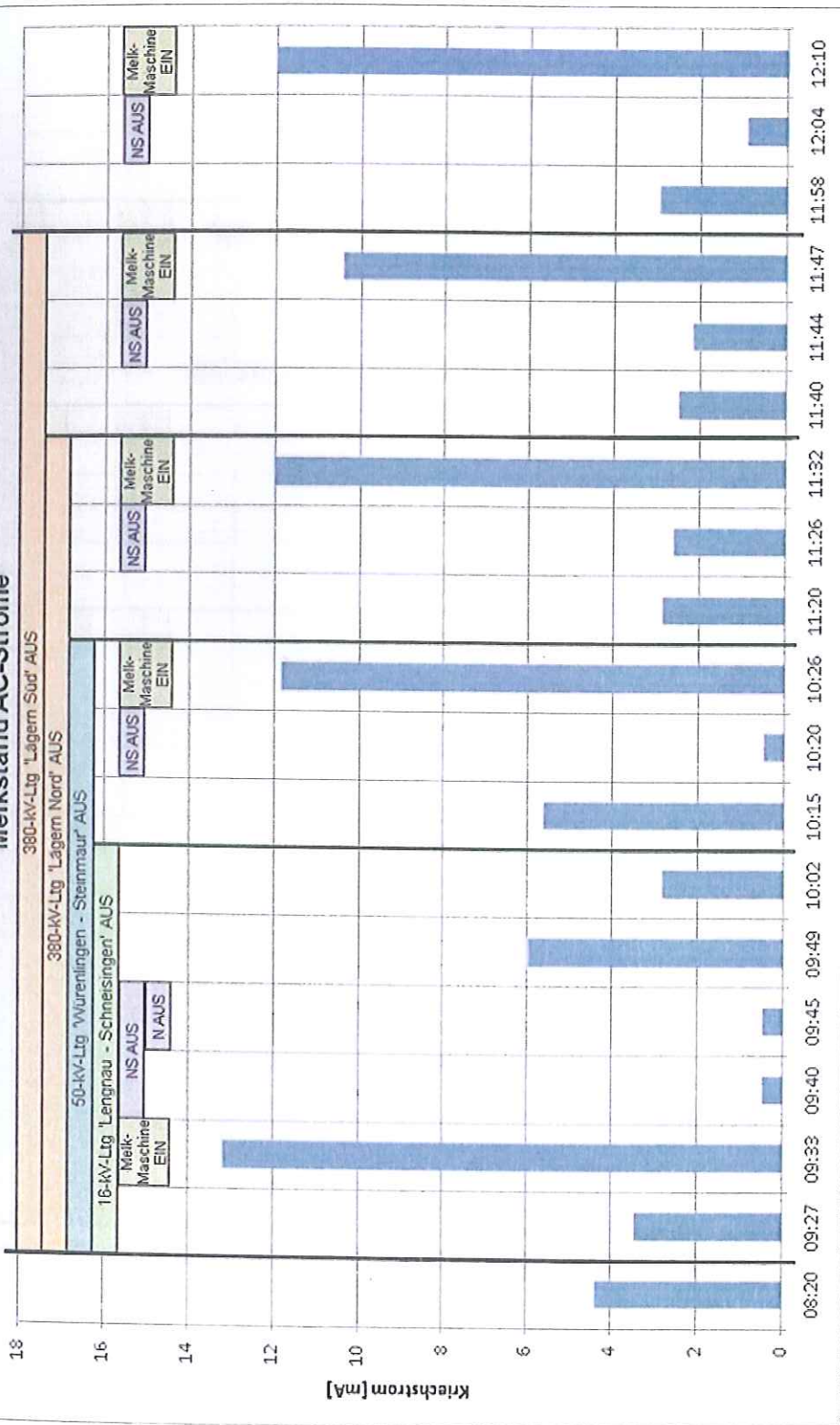
Talacherhof Erdung

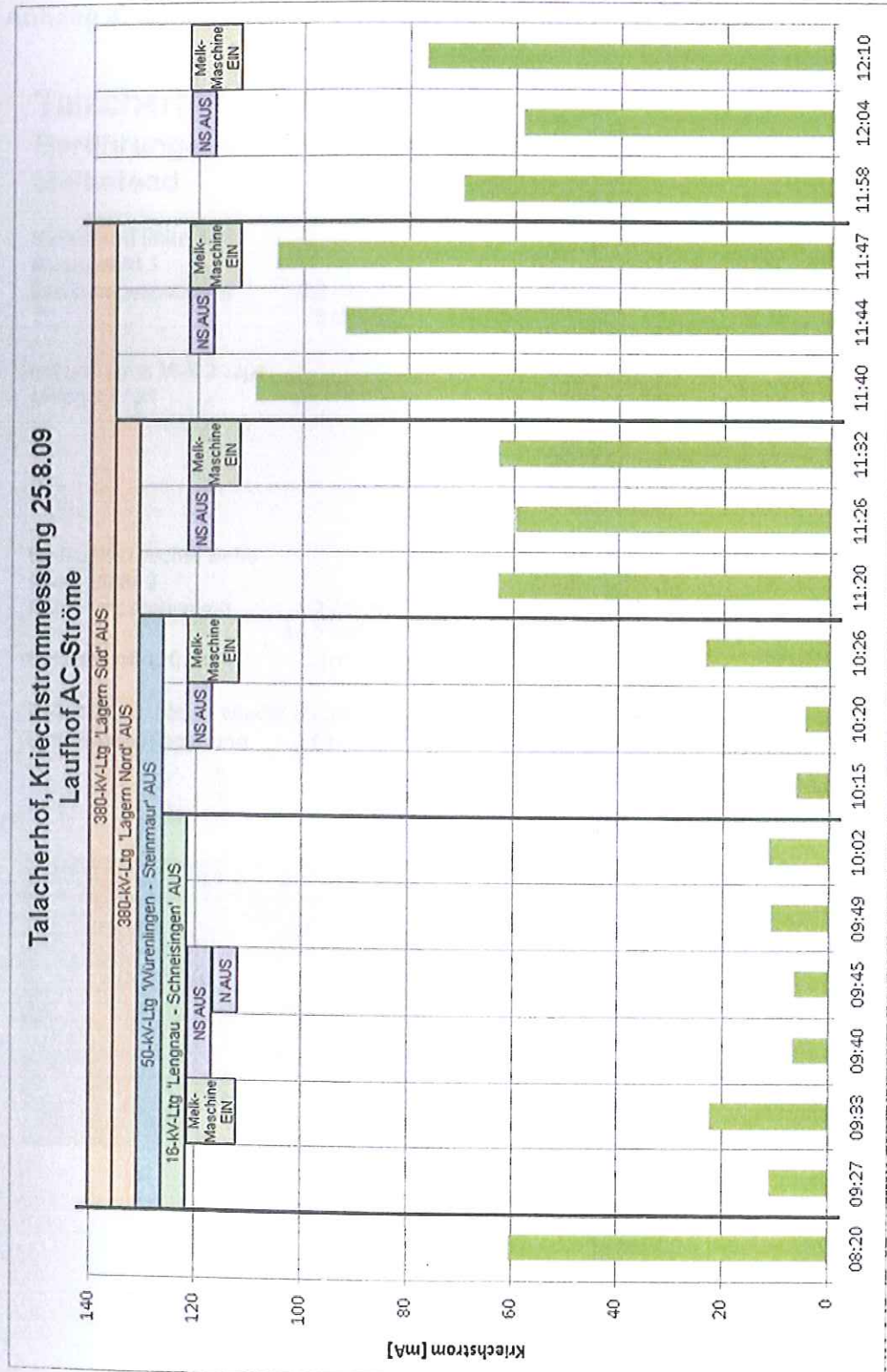


Anhang 3: Kriechströme Abschaltversuch 25.8.2009



**Talacherhof, Kriechstrommessung 25.8.09
Melkstand AC-Ströme**





Anhang 4: Berührungs- und Schrittspannungsmessung 4.9.09

Talacherhof, 4.9.09

**Berührungs- und Schrittspannungsmessung
Melkstand**

Melkstand linke Seite

Messpunkt 1

Berührungsspannung 1.2 mV AC
0 mV DC

mit und ohne Melkanlage
gleicher Wert

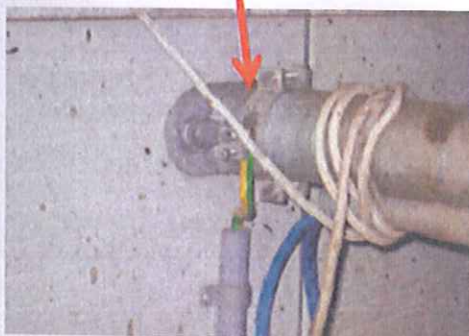


Melkstand rechte Seite

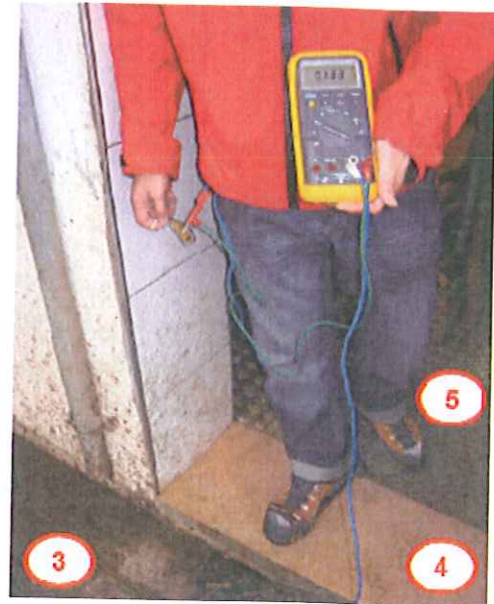
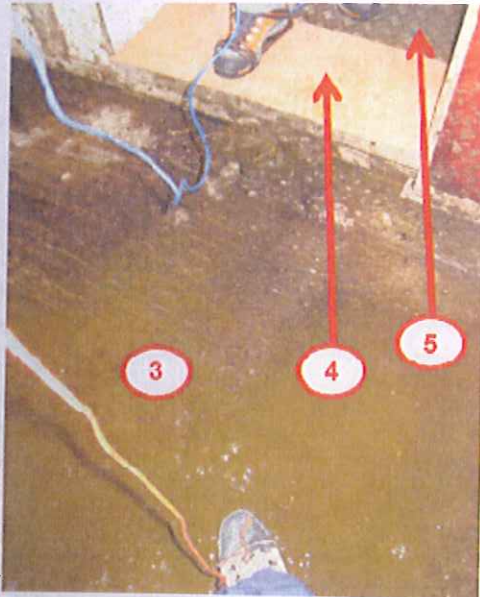
Messpunkt 2

Berührungsspannung 1.2 mV AC
40.2 mV DC
Belastet mit 120 Ohm 7mV DC

Potentialausgleich wieder angeschlossen
Berührungsspannung 0 mV DC



Talacherhof, 4.9.09
Berührungs- und Schrittspannungsmessung
Eingang Melkstand + Laufhof



Messpunkt 3: Laufhof Laufhof (1,5 - 2m)
Schrittspannung 2 mV AC
37 mV DC

Messpunkt 4: Laufhof - Stufe Melkstand (alter Belag)
Schrittspannung 3 mV AC
333 mV DC
Belastet mit 120 Ohm 0.6 mV DC (isoliert Spannung bricht bei Belastung stark ein)

Messpunkt 5: Laufhof - Melkstand (Alu-Riffelblech)
Schrittspannung 3 mV AC
120 mV DC
Belastet mit 120 Ohm 78 mV DC

Messpunkt 6: Laufhof (1,5 - 2m)
Schrittspannung 2 mV AC
474 mV DC

