



Schweizerische Gesellschaft für Korrosionsschutz
Société Suisse de Protection contre la Corrosion
Korrosionskommission / Commission de Corrosion

Technoparkstr. 1
8005 Zürich
Tel: +41 44 445 15 90
Fax +41 44 273 04 33
Internet www.sgk.ch
E-Mail sgk@sgk.ch

Bericht Nr. 09'182-1
Rapport
No.

vom 6. Januar 2010
du



Fachkommission für Hochspannungsfragen

Commission d'étude des questions relatives à la haute tension

Voltastrasse 9
CH - 8044 Zürich
Telefon +41 44 253 6262
Telefax +41 44 253 6260
www.fkh.ch

FKH-Auftrag A09/127

Betrifft:
Concerne:

**Untersuchung der Beeinflussung elektrochemischer Potenziale
am Talacherhof Lengnau durch 50-Hz-Streuströme benachbar-
ter Hochspannungsfreileitungen**

Auftraggeber:
Committant:

Axpo AG, Netze, Parkstrasse 23, CH-5401 Baden

Auftrag vom
Ordre du

04.11.09

Messungen vom
Mesures du

17.11.+03.12.09

Inhalt:

Zusammenfassung	2
1. Auftrag	3
2. Situation.....	3
3. Messungen	4
3.1 Potenzialmessungen DC.....	4
3.2 Spannungsdifferenzmessungen AC	5
3.3 Beeinflussung von Gleichspannungsdifferenzen durch die	
Hochspannungsleitungen	5
4. Beurteilung	10
Literaturnachweis.....	11

Zusammenfassung

Auf dem Talacherhof zeigen die Kühe seit der Erstellung eines Stallanbaus mit Laufhof ein auffälliges Verhalten auf dem Weg zum Melkstand. Es wurde vermutet, dass das Problem in Kriechströmen im Fundament, verursacht durch die vorbeiführenden Hochspannungsübertragungsleitungen (NOK Grid AG, Axpo AG und AEW Energie AG), galvanische Elemente oder Streuströme verursacht wird.

Eine direkte Wahrnehmung von Strömen durch die Rinder ist nur beim Fliessen eines Körperstroms möglich. Die einzige physiologisch relevante Ursache für das Fliessen eines solchen Stroms ist das Vorliegen von kritischen Schritt- oder Berührungsspannung, die bei Gleichstromeinwirkungen für Rinder gemäss heutigem Kenntnisstand im Bereich von 1 bis 1.4 V liegen müssen.

Bei Messungen, die bei verschiedenen Schaltzuständen der Hoch- und Mittelspannungsleitungen durchgeführt wurden, lagen die Schritt- und Berührungsspannungen durchwegs deutlich unter 1 V DC. Die gemessenen Wechselspannungen liegen sogar noch deutlich tiefer und können ebenfalls als unkritisch eingestuft werden. Da keine Korrelation der Gleichspannungsdifferenzen und der Strombelastung der Freileitungen, resp. den verschiedenen Schaltzuständen erkennbar war, kann ein Einfluss der Hochspannungsübertragungsleitungen auf die auftretenden Gleichspannungen ausgeschlossen werden. Das auffällige Verhalten der Kühe ist aufgrund der vorliegenden Erkenntnisse nicht mit Körperströmen und auftretenden Gleich- oder Wechselspannungen zu erklären.

3. Messungen

3.1 Potenzialmessungen DC

Zur Feststellung möglicher kritischer Spannungsdifferenzen, welche die Kühe als Schritt- oder Berührungsspannung abgreifen können, wurden Potenzialfeldmessungen auf dem Betonboden, Potenzialmessungen auf verschiedenen von den Kühen berührbaren Bauteilen sowie Spannungsdifferenzmessungen zwischen verschiedenen Bauteilen durchgeführt. Für die Messungen wurden Kupfer-/Kupfersulfat-Referenzelektroden und Multimeter Fluke 87 oder Metrawatt METRAHit 12-29S verwendet.

3.1.1 Potenzialdifferenzen auf dem Laufweg

Laufhof

Zunächst wurde auf der Betonbodenplatte des Laufhofs in einem Raster von 25 x 25 cm die Spannungsdifferenz gegen eine entfernte Elektrode gemessen. Diese wurde in der Wiese gegenüber dem Wohnhaus auf der anderen Seite der Chratzstrasse versetzt.

Das Ergebnis der Messungen ist in Form eines Potenzialfelds in Beilage I dargestellt. Der Nullpunkt für die Metrierung wurde in Laufrichtung der Kühe bei der Wand vorne links des Laufhofs gewählt. Die beiden Eingänge zum Melkstand befinden sich etwa auf der Höhe 2.2 und 3.5 m, der Wassertrog aus nichtrostendem Stahl auf der Höhe 11 m. Grössere Potenzialdifferenzen zur entfernten Referenzelektrode wurden nur im Bereich der Schiene des „Misträumers“ und unmittelbar angrenzend an den Rost im hinteren Teil des Laufhofs gemessen.

Zur Beurteilung der durch die Kühe abgreifbaren Schrittspannungen wurden in Beilage II die Differenzen zwischen jeweils 3 m auseinanderliegenden Messpunkten in Längsrichtung berechnet und dargestellt. In Beilage III ist im Prinzip die gleiche Betrachtung für die Schrittspannungen in Querrichtung dargestellt. Für die Berechnung wurde hier eine Schrittweite von 2.25 m angenommen, da dies dem ungünstigsten Fall entspricht, resp. den maximalen Potenzialgradienten ergibt. Die grössten Schrittspannungen betragen in Längsrichtung 205 mV, in Querrichtung 275 mV.

Melkstand und Stall

Im Melkstand besteht der Boden aus geriffelten Aluminiumblechen, im Stall ist der Boden mit Gummimatten ausgekleidet. Im Melkstand wurde das Potenzial gegen die entfernte Elektrode in Abständen von ca. 1 m, im Stall punktuell gemessen. Das Ergebnis ist aus Beilage IV ersichtlich. Die Differenz zwischen dem Messpunkt mit dem höchsten und dem tiefsten Potenzial im Melkstand und im Stall betrug 567 mV.

Schrittspannungssimulation auf dem gesamten Kuhweg

Um die von einer Kuh effektiv abgreifbaren Schrittspannungen zu ermitteln, wurde über dem gesamten „Kuhweg“ (Laufhof → Melkstand → Stall) die Spannungsdifferenz zwischen zwei in einem Abstand von 3 m („Kuhlänge“) aufgesetzten Referenzelektroden gemessen. Das Ergebnis ist in Beilage V dargestellt. Die grössten Schrittspannungen wurden im Melkstand und beim Übergang zum Stall ermittelt (430 resp. 460 mV). Auf der Betonplatte des Laufhofs wurden keine Schrittspannungen > 130 mV gemessen.

3.1.2 Potenziale und Spannungsdifferenzen bei Einbauten

Zunächst wurde die elektrische Vermaschung der verschiedenen Bauteile im Melkstand durch Spannungsdifferenz- und Kurzschlussstrommessungen überprüft. Die Messergebnisse sind in Beilage VI zusammengestellt. Im Melkstand waren alle geprüften metallischen Bauteile niederohmig miteinander verbunden. Die gemessene Spannungsdifferenz von 8 mV zwischen der Jordahlschiene an der Seitenwand der rechten Melkstrasse und den übrigen Einbauten war darauf zurückzuführen, dass die Schraube der Anschlussklemme für den Potenzialausgleich der Jordahlschiene nicht angezogen war.

Anschliessend wurde die Potenzialdifferenz zwischen einer direkt auf die jeweiligen metallischen Einbauten aufgesetzten und der entfernten Referenzelektrode gemessen. Die Ergebnisse sind aus Beilage VII ersichtlich. Die Differenz zwischen der höchsten und niedrigsten Potenzialdifferenz betrug 930 mV.

3.2 Spannungsdifferenzmessungen AC

Die Wechselfeldspannungsdifferenzen zwischen den von den Kühen berührbaren Bauteilen und die Erdungssituation wurden durch die Axpo AG überprüft (Bericht A. Rosser vom 30.09.09). Die SGK führte ergänzende Messungen auf dem Laufhof durch. Dabei wurde die Wechselfeldspannungsdifferenz zur entfernten Elektrode in einem Raster von 1x1 m gemessen (Beilage VIII). Für die Metrierung wurde der gleiche Nullpunkt verwendet wie für die Potenzialmessungen. Innerhalb des Bereichs der Betonplatte des Laufhofs wurden nirgends Spannungsdifferenzen von mehr als 10 mV gemessen.

3.3 Beeinflussung von Gleichspannungsdifferenzen durch die Hochspannungsleitungen

Um den Einfluss der Netzverhältnisse und der Hochspannungsleitungen auf die Gleichspannungssituation zu prüfen, wurden am 3. Dezember Potenzialregistrierungen über ca. 6 Stunden durchgeführt (Beilage IX). Während dieser Zeit wurden die

Hochspannungsleitungen zeitweise ausgeschaltet. Die Platzierung und Bezeichnung der Referenzelektroden ist aus Tab. 1 ersichtlich.

Zwischen den Messungen vom 17.11.09 und denjenigen vom 03.12.09 wurden auf Empfehlung von C. von Brockdorff (BRICONA met GmbH) am 380 kV-Mast 84 und am 50/16 kV-Mast 506 die bestehenden Bänder der entfernt und durch beidseitig vom Mast auf der Leitungssachse verlegte Kupferbänder ersetzt.

3.3.1 Registrierte Messgrößen

Eine Auflistung sämtlicher am 3. Dezember 2009 registrierten elektrischen Messgrößen enthält Tabelle 1. Aufgelistet sind die vier Betriebsströme der Wechselstrom-Dreiphasensysteme (Messkanäle 1 ... 4), die eingekoppelten Wechselstromgrößen (Messkanäle 5 ... 9) und schliesslich die untersuchten elektrochemischen Gleichspannungs-Potenzialdifferenzen (Messkanäle 10 ... 14, siehe auch Tabelle 2: „Standorte der Messelektroden“).

Tab. 1: Registrierte, bzw. ausgewertete elektrische Messgrößen

Messkanal	Typ	Bezeichnung	Aufzeichnung
01)	Betriebsströme der Freileitungen	Betriebsstrom 380-kV-System, Lägern Süd	Axpo
02)		Betriebsstrom 380-kV-System, Lägern Nord	Axpo
03)		Betriebsstrom 50-kV-System, Würenlingen-Steinmaur	AEW
04)		Betriebsstrom 16-kV-System, AEW Regionalversorgung	AEW
05)	Eingekoppelte Wechselspannungsgrößen	Magnetische Flussdichte vor Talacherhof	Narda EFA 3
06)		AC-Schrittspannung 1 m Messpunkt vor Hof	FKH GMC Metrahit 29
07)		AC-Berührungsspannung Laufhofgeländer	FKH Metrahit 29
08)		AC-Erdleiterstrom Verbindung Hauptverteilung Stallerdung	FKH Metrahit 29, Stromzange
09)		AC-Erdleiterstrom Verbindung Hauptverteilung Stallerdung	FKH Metrahit 29, Stromzange
10)	Gleichspannungspotenzialdifferenzen	DC-Schrittspannung im Laufhof für Rinder	SGK CuSO ₄ -Elektroden Metrahit
11)		DC-Schrittspannung Melkstand für Rinder	SGK CuSO ₄ -Elektroden Metrahit
12)		DC-Berührungsspannung Melkstand bei Elektrode 3	SGK CuSO ₄ -Elektroden Metrahit
13)		DC-Berührungsspannung 2 Melkstand bei Elektrode 4	SGK CuSO ₄ -Elektroden Metrahit
14)		DC-Berührungsspannung Aussentränke	SGK CuSO ₄ -Elektroden Metrahit

Alle zeitlichen Verläufe der Beeinflussungsgrößen sind zusammen mit den Verläufen der eingekoppelten Wechselstromgrößen und der Gleichspannungspotenziale auf dem Kurvenblatt, Beilage IX, dargestellt.

Die Messkanalnummern in Tabelle 1 entsprechen den Kurvennummern der registrierten Verläufe in der Beilage IX.

3.3.2 Durch die benachbarten Freileitungen eingekoppelte Wechselstromgrößen

Abbildung 2, zeigt die Orte der Messstellen und Abbildung 3 die Fotografien der jeweiligen Einrichtung zur Erfassung der eingekoppelten Wechselstromgrößen (Messkanäle 5 bis 9).

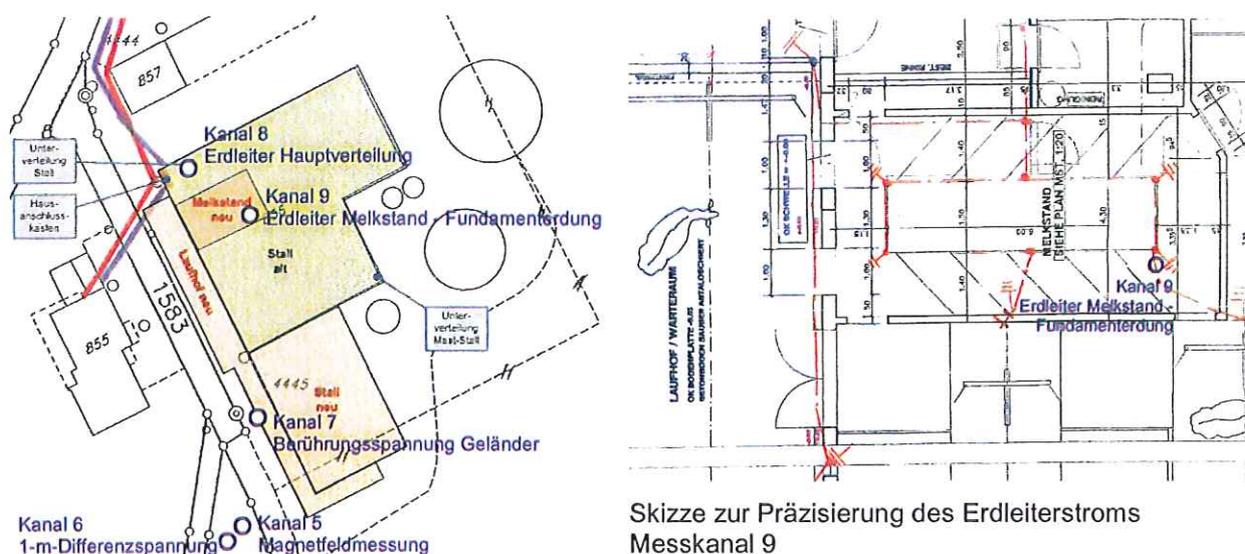


Abb. 2: Messorte, an welchen die Wechselstrom-Beeinflussungsgrößen registriert wurden

Ausser den tabellierten Messgrößen wurde auch der Wechselspannungsanteil der Differenzspannung zwischen dem Laufstallbetonboden und der Aussentränke gemessen. Dieses Signal lag allerdings stets unter der Rauschgrenze des Messgeräts von 1 mV AC und konnte daher nicht dargestellt werden.

Aufgrund der temporären Ausschaltung des 50-kV-Dreiphasenübertragungssystems Würenlingen-Steinmaur von 09³⁰ bis 10⁰⁷ und des 380-kV-Systems Lägern Süd von 10³² bis 11¹¹ konnte der Einfluss auf die am Hof-Erdungssystem erfassten Wechselstromgrößen eindeutig festgestellt werden.

Während der Ausschaltung des 50-kV-Systems nahmen die registrierte magnetische Flussdichte und gewisse beeinflusste Wechselspannungsgrößen leicht ab. Da sich die magnetischen Streufelder der 380-kV-Freileitungen teilweise kompensieren, verhielt es sich bei der Ausschaltung des 380-kV-Systems Lägern Süd umgekehrt: die magnetische Flussdichte und auch die beeinflussten Wechselstromgrößen nahmen während der Ausschaltung dieses Dreiphasensystems zu.

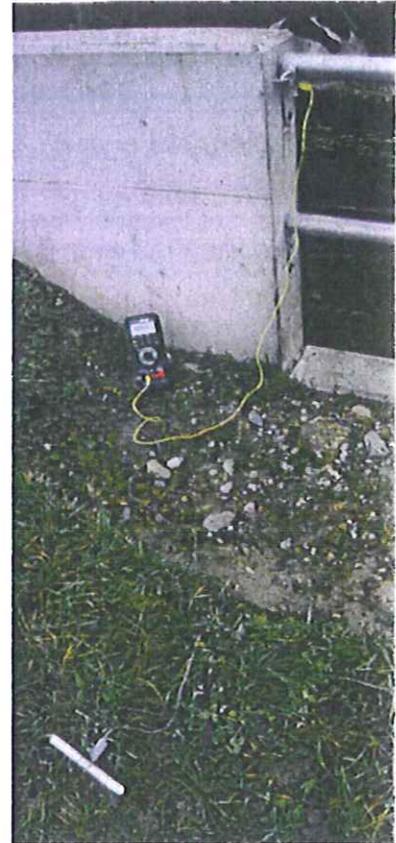
Die beiden registrierten Erdleiterströme im Stallerdungssystem wurden offensichtlich nebst durch die Schaltungen im Hochspannungsnetz auch durch den Betrieb der stall-internen elektrischen Verbraucher beeinflusst.



Messkanal 5): magnetische Flussdichte



Messkanal 6): 1-m-Spannung



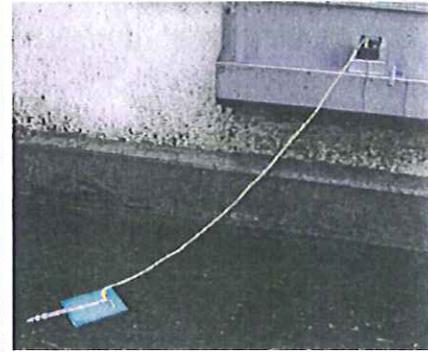
Messkanal 7): Berührungssp. Geländer



Messkanal 8): Erdleiterstrom Hauptverteilung



Messkanal 9): Erdleiterstrom Melkstand



AC-Berührungssp. Aussentränke, nicht erfasst

Abb. 3: Foto-Dokumentation, Registrierung der Wechselstrom-Beeinflussungsgrößen

3.3.2 Gemessene Gleichspannungspotenzialdifferenzen

Die gemessenen Potenzialdifferenzen zeigen im Verlauf der Messungen gewisse Variationen, es konnte jedoch keinerlei Korrelation mit den elektromagnetischen Feldern, resp. der Belastung der Hochspannungsleitungen festgestellt werden. Bei der Betonplatte sind die zeitlichen Veränderungen durch Feuchtigkeitseinflüsse bedingt (Zunahme der Betonfeuchtigkeit durch lokale Befeuchtung der Messstelle). Bei den metallischen Bauteilen sind die Variationen auf Veränderungen der Metalloberfläche im Kontakt mit Wasser (Bildung / Auflösung / Durchfeuchtung von Deck- oder Passivschichten) zurückzuführen. Die um 11.45 sichtbaren Veränderungen wurden durch eine zu dieser Zeit durchgeführte Neubefeuchtung der Messstellen verursacht.

Tab. 2: Standorte der Messelektroden

Bezeichnung	Struktur	Standort
1	Betonplatte Laufhof	7.75 m in Längsrichtung 0.1 m in Querrichtung
2	Betonplatte Laufhof	3.5 m in Längsrichtung 2.25 m in Querrichtung
3	Bodenblech (Alu) im Melkstand	Melkstrasse rechts 20 cm nach Eingang
4	Bodenblech (Alu) im Melkstand	Melkstrasse rechts Deckel ca. 3 m vom Ein- gang
5	Verzinkte Jordahlschiene im Melkstand	Melkstrasse links an Wand
6	Tränke aus nichtrostendem Stahl	Laufhof 11 m in Längsrichtung

Die Differenz der Elektroden 1 und 2 entspricht der durch die Kühe maximal abgreifbaren Schrittspannung im Laufhof (Kurve 10 in Beilage IX). Sie ist nahezu konstant und beträgt im Mittel 200 mV und entspricht somit ziemlich genau den am 17.11. gemessenen Differenzspannungen. Die Differenz der Elektroden 3 und 4 entspricht den möglichen Schrittspannungen im Melkstand (Kurve 11 in Beilage IX). Sie beträgt im Mittel 100 mV und war während der Messperiode nie grösser als 220 mV. Gegenüber den Messungen vom 17.11. waren die auf den Aluminiumblechen gemessenen Spannungsdifferenzen eher geringer, was darauf zurückzuführen sein dürfte, dass die bei den Registrierungen erfasste Bodenoberfläche grösser war als bei den ersten Messungen (Ausgleich von lokalen Potenzialunterschieden). Die Differenz zwischen der Elektrode 5 und den Elektroden 3 resp. 4 entspricht den möglichen Berührungsspannungen zwischen den verzinkten Einbauten und den Aluminiumbodenblechen im Melkstand, die Differenz der Elektroden 6 und 2 derjenigen zwischen der Tränke und dem Betonboden des Laufhofs (Kurven 12-14 in Beilage IX). Die Berührungsspannungen betragen ca. 350 mV im Laufhof und 400 bis 600 mV im Melkstand.

4. Beurteilung

Es wird davon ausgegangen, dass zum Zeitpunkt der Messungen repräsentative Betriebszustände vorlagen. Bei veränderten Beeinflussungsbedingungen kann sich das Ergebnis verändern. Die Beurteilung gilt nur für die in den Untersuchungen herrschenden Bedingungen. Eine Übertragbarkeit auf andere Anwendungsfälle ist nicht zwingend gegeben.

Wie schon im Bericht Axpo AG vom 30.09.09 ausgeführt wurde, ist die einzige physiologisch relevante Ursache für das Fließen eines Körperstroms das Vorliegen einer „kritischen“ Schritt- oder Berührungsspannung. In der Literaturrecherche [1] wird ein Körperstrom für eine Verhaltensbeeinträchtigung bei besonders empfindlichen Rindern bei Wechselstrom von 2 mA und bei Gleichstrom von 2.8 mA angegeben. Ferner wird für den Körperwiderstand eines Rinds, gemessen zwischen den vier Hufen und dem Maul von einem Wert zwischen 500 Ω bis 1000 Ω ausgegangen, woraus sich ein unterer Wert der Berührungsspannung für eine mögliche Beeinträchtigung für Wechselspannung von 1 V und für Gleichspannungen von 1.4 V ergibt.

Im Bericht der Axpo AG wurde in einer vorsichtigen ersten Abschätzung eine generelle untere Grenze für die Wahrnehmung von Berührungsspannungen bei Rindern von 700 mV angenommen. Diese ergibt sich aus einem Strom von 2 mA und einem Rinderkörperwiderstand von 350 Ω [2]. Unter dieser Annahme und der höheren Wahrnehmbarkeitsschwelle für Gleichströme von 2.8 mA resultiert eine untere Grenze für die Beeinträchtigung von Rindern durch DC-Berührungsspannungen von etwa 1 V.

Die gemessenen Schrittspannungen lagen durchwegs unter 0.5 V. Die Berührungsspannungen können gemäss den durchgeführten Messungen im ungünstigsten Fall 0.73 V erreichen (z.B. bei gleichzeitiger Berührung der Tränke aus nichtrostendem Stahl und des Mistschiebers oder bei gleichzeitiger Berührung des Dachabflussrohrs aus Kupfer und der Schiene des Mistschiebers).

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass zwischen der Belastung der Hochspannungsleitungen und den im Bereich des Rinderstalls gemessenen Potenzialen (und somit auch der dort vorhandenen Gleichspannungsdifferenzen) keine Korrelation besteht. Ein Einfluss der Hochspannungsleitungen auf die Gleichstromsituation ist somit nicht zu erwarten.

Das auffällige Verhalten der Kühe beim Melken kann aufgrund der durchgeführten Messungen kaum mit Gleichstromeinflüssen erklärt werden. Die Schritt- und Berührungsspannungen lagen durchwegs deutlich unter der in [1] angegebenen unteren

Grenze von 1 V. Das Auftreten von Berührungsspannungen, auf welche Rinder reagieren, ist aus obigen Überlegungen unwahrscheinlich,

Eine grundsätzliche Reduzierung oder Vermeidung von Berührungsspannungen wäre durch das Aufbringen eines isolierenden Anstrichs auf von den Kühen gleichzeitig berührbaren metallischen Bauteilen zu erreichen.

Schweizerische Gesellschaft für Korrosionsschutz



Dr. Markus Büchler



Dr. Daniel Bindschedler

Fachkommission für Hochspannungsfragen



Dr. Reinhold Bränlich



Günther Storf

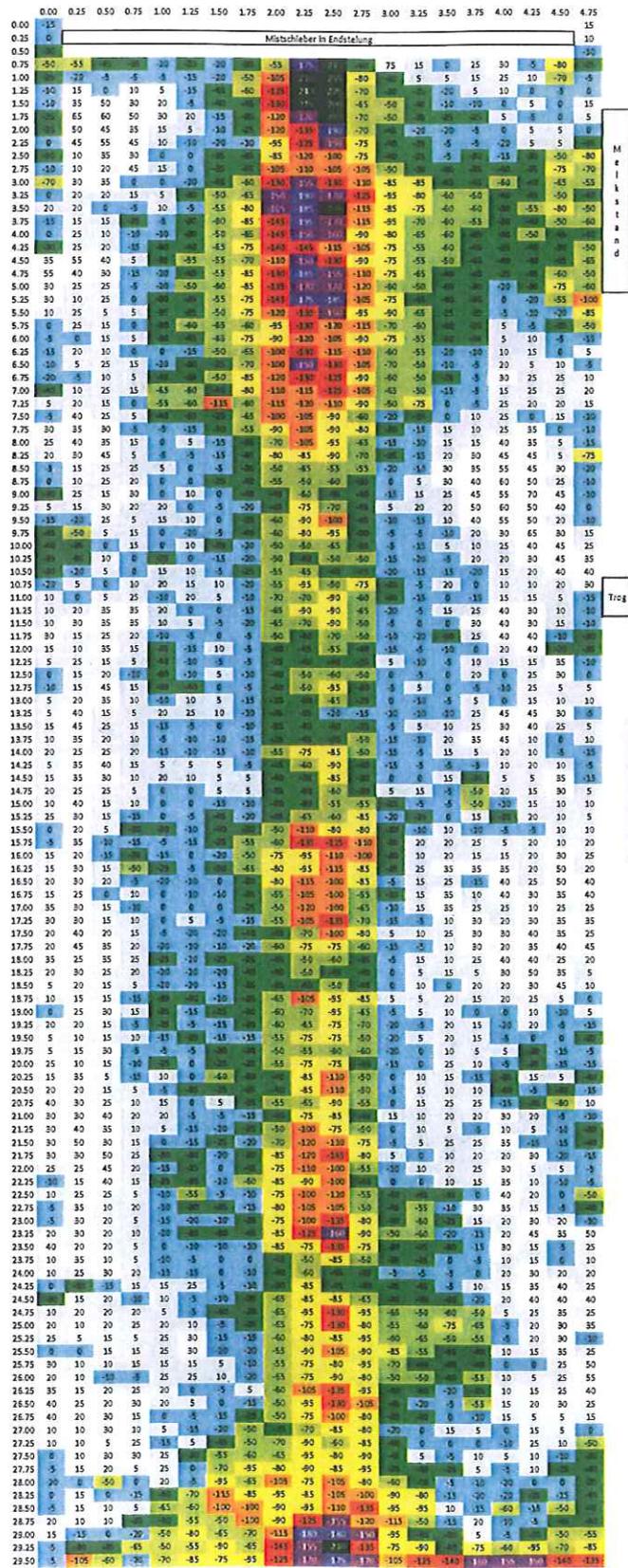
Literaturnachweis

- [1] Reimann D.J., Research findings on the impact of stray voltage on farm operations, Report prepared for the Ontario Energy board, 31 March 2008.
- [2] Biegelmeier G., Kieback D., Kiefer G., Krefter K.-H.; „Schutz in elektrischen Anlagen, Band 1, Gefahren durch den elektrischen Strom“; VDE-Verlag, 2. Auflage, 2003

Beilage I

DC

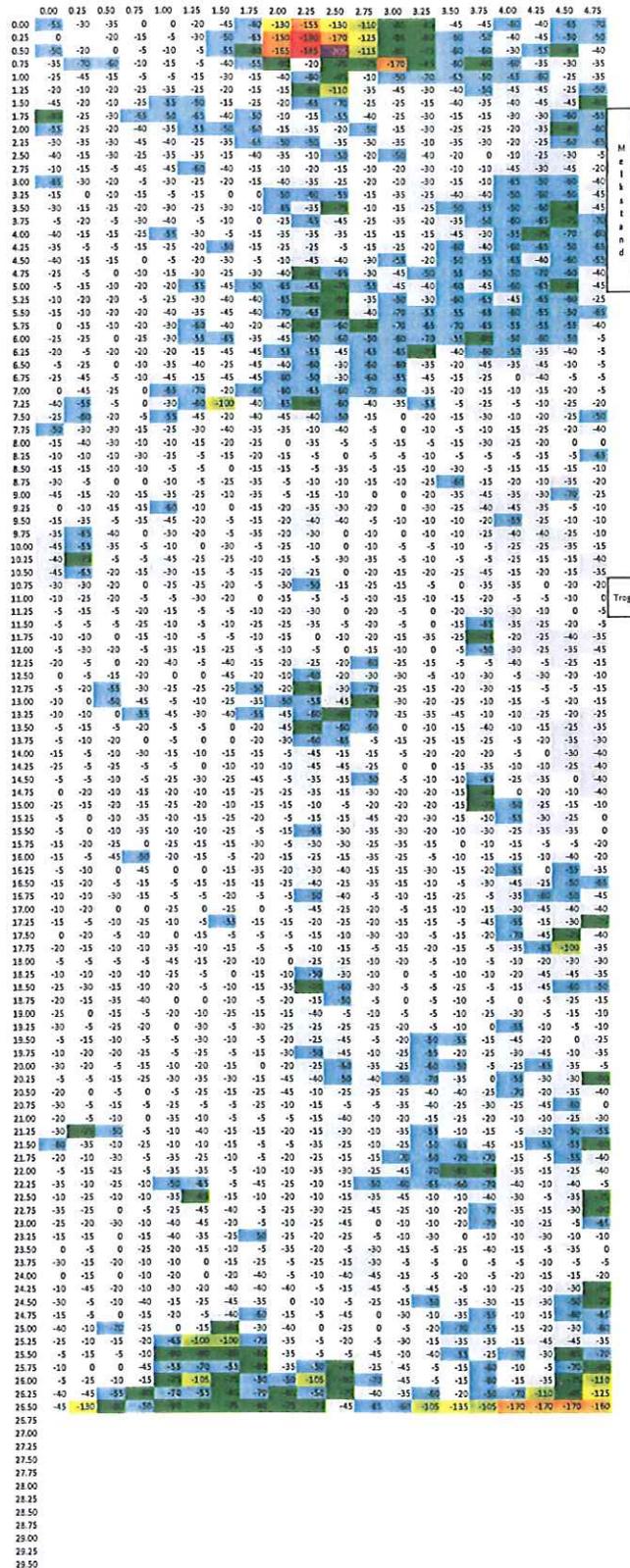
Potenzialmessungen Laufhof [mV]



Beilage II

Schrittspannungen 3 m in Längsrichtung [mV]

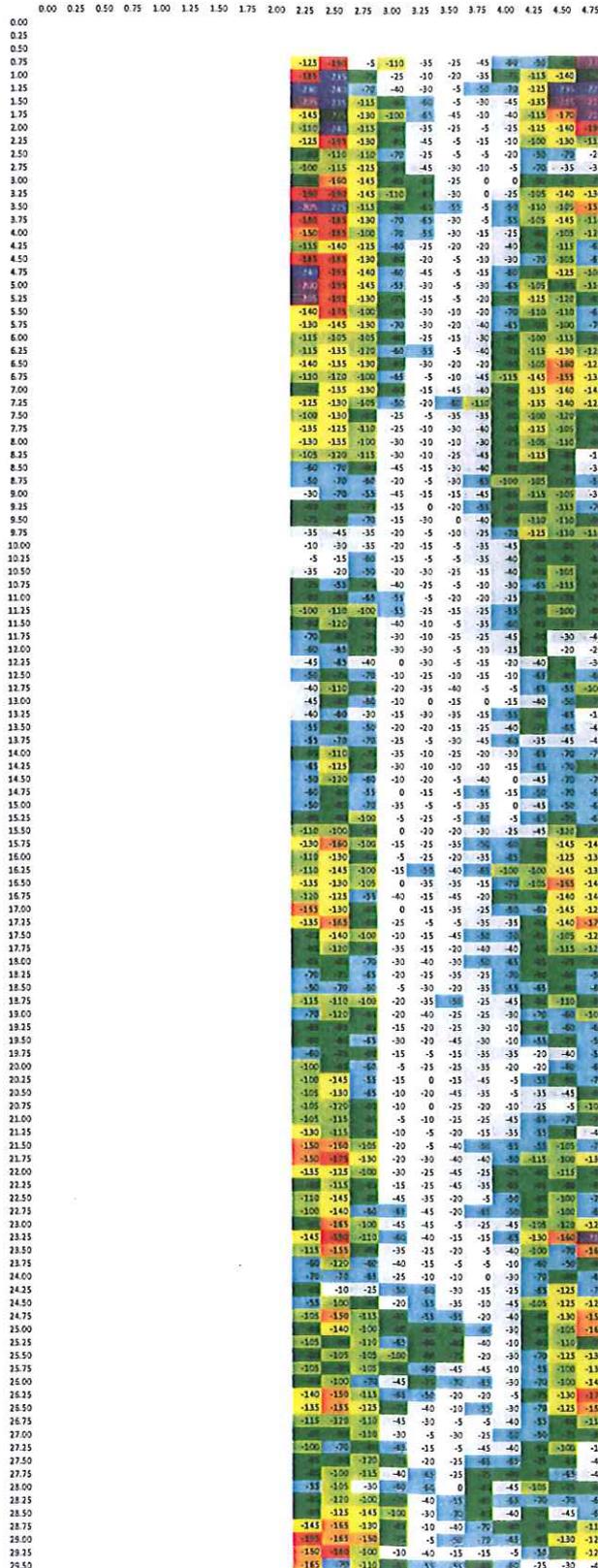
DC



Beilage III

Schrittspannungen 2.25 m in Querrichtung [mV]

DC



Beilage V

Durch Kühe abgreifbare Schrittspannungen

DC

Distanz [m]	ΔU 3m [mV]	Ort
0	-130	Laufhof bei Absperrung zu Stall
3	13	
6	-28	
9	-16	
12	-13	
15	15	
18	-7	
21	30	
24	-25	
27	62	
30	18	
33	130	Uebergang zu Melkstand
36	430	
39	330	
42	140	
45	260	Uebergang zu Treppe Stall
48	460	
51	380	im Stall

Beilage VI

Elektrische Vermaschung der Einbauten

DC

Struktur 1	Struktur 2	ΔU [mV]	I [mA]	Bemerkung
Halfenschiene an rechter Wand	Alublech Boden	9	0.1	Erdungskabel lose
Schiene Laufbereich (aussen)	Alublech Boden	0	0	
Milchleitung	Alublech Boden	0	0	
Geländer	Alublech Boden	0	0	
Geländer	Milchleitung	0	0	

Rinder geschultschicht
 hat Spannungsdifferenz
 gemessen + danach
 mit dem Retardboden
 (verreicht gegen Rinder
 Fleck)

Zeit: Alublech hat
 doch etwas
 gebracht !!

Beilage VII

Potenzialdifferenzen zu entfernter Elektrode

DC

Ort	Bauteil	Differenz zu ferner Elektrode [mV]	
nahe Melkstand	Schiene bei Melkstand	-330	2. Messung / andere Teilspannung 260
	Blitzableiter	210	
neuer Teil	Blitzableiter	285	
	Schiene	-230	
	Befestigungsplatte Schiene	-234	
	lose Schiene	-430	
	Schienenende nichtrostend	290	
	Rost	-130	
	Dachabflussrohr Kupfer	300	
Mistschieber	Schieber	-600	
	Schiene	-400	
	Balken	-200	
	Endschalter	-250	
Lauffläche	Bürste	-470	
	Betonboden	-30	
	Betonwand aussen	124	
	Geländer	-450	-630
	Tränke nichtrostend	120	
Melkstand	auf Beton neu	-30	24
	auf alter Schwelle	-152	-120
	Alublech	-320	-320
	Geländer	-438	-520
	Türrahmen	-36	
	Milchleitung nichtrostend	128	
	Stall	1. Stufe gummiert	-165
2. Stufe gummiert		-336	
Boden gummiert		-231	
Boden Gussasphalt		-230	
Schiene hinten		-230	
Geländer		-200	

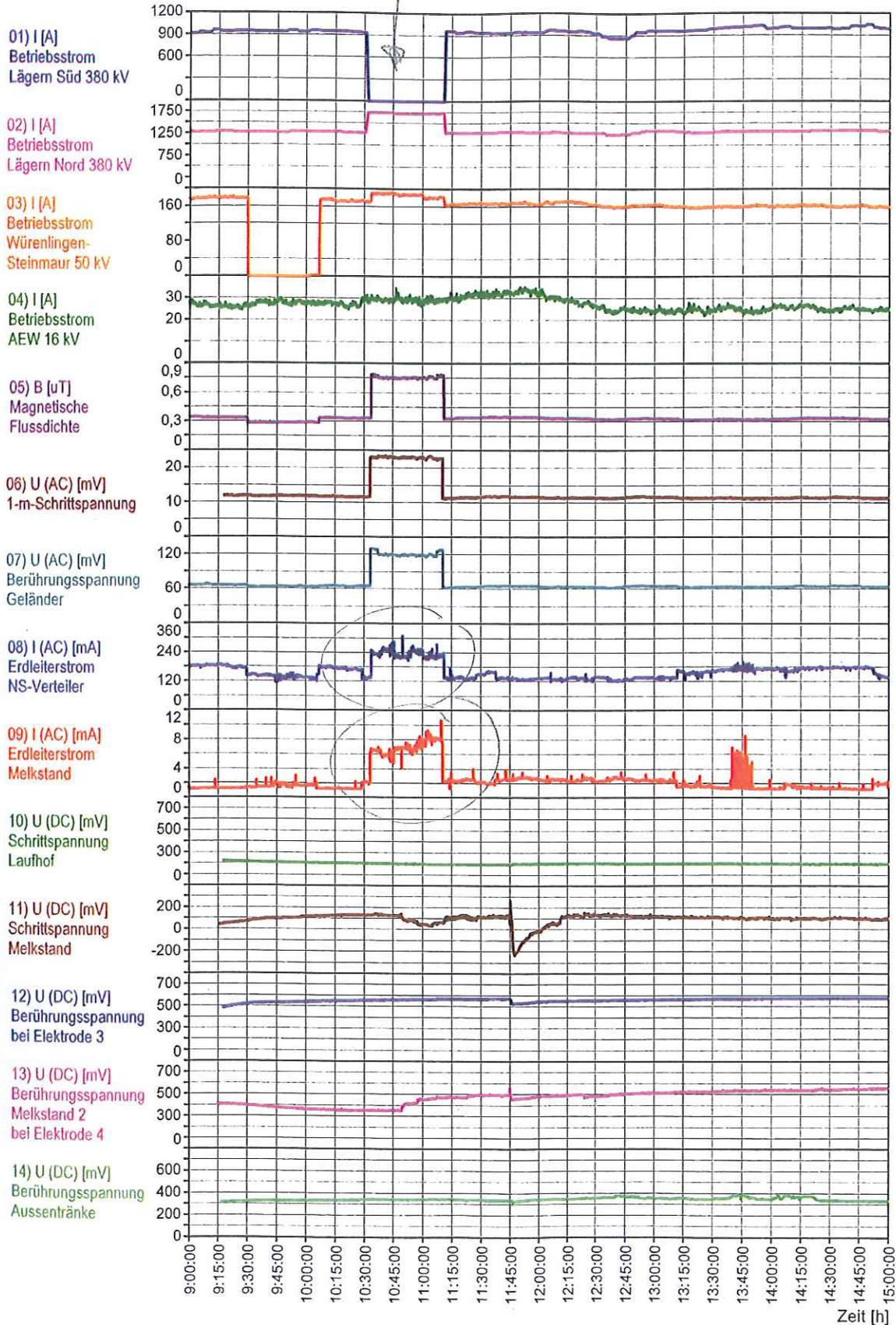
Beilage VIII

Wechselspannungsmessungen auf Bodenplatte
(relativ zu entfernter Referenzelektrode)

AL

Distanz [m]	U/AC [mV]					
	0 m	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m
0	2	2	4	4	4	4
1	4	4	4	4	4	4
2	5	4	4	5	6	5
3	4	4	5	6	6	5
4	4	5	3	4	5	5
5	3	2	3	4	5	5
6	2	2	3	6	5	5
7	4	2	3	5	5	5
8	4	5	4	6	5	4
9	4	4	4	5	5	5
10	4	4	5	5	4	5
11	5	4	4	4	4	4
12	5	5	4	4	4	4
13	4	4	4	4	3	3
14	4	5	4	4	4	4
15	4	4	4	4	3	4
16	5	4	4	2	2	2
17	4	4	4	2	2	2
18	4	4	4	2	2	2
19	4	4	4	2	2	1
20	5	5	4	2	2	2
21	4	5	4	3	3	3
22	4	6	6	3	2	3
23	6	5	5	0	0	1
24	7	7	7	1	0	1
25	8	9	7	1	1	2
26	7	7	7	3	3	3
27	8	9	8	4	4	5
28	8	6	6	5	4	4
29	6	7	6	5	4	5

Registrierungen: Wechselstrombeeinflussungsgrößen
und Gleichspannungspotenziale



These Punkte führen:
 Wenn Strom abgeschaltet wird bzw.
 reduziert wird → dann sinken
 ...