

Aus der Veterinär-Chirurgischen Klinik der Universität Zürich

(Direktor: Prof. Dr. A. Müller)

Arbeit unter Leitung von Dr. R. Heckmann, Oberassistent

**DIE ELEKTRISCHE BETÄUBUNG VON HÜHNERN
VOR DEM SCHLACHTEN MIT
WECHSELSTROM VON 50 Hz**

**INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung der Doktorwürde
der Veterinär-Medizinischen Fakultät
der Universität Zürich**

vorgelegt von
CHRISTIAN FRICKER
Tierarzt
von Hunzenschwil AG

Genehmigt auf Antrag von
Prof. Dr. A. Müller, Referent
und Prof. Dr. H. Spörri, Korreferent

aku-Fotodruck

Zürich

1974

Aus der Veterinär-Chirurgischen Klinik der Universität Zürich

(Direktor: Prof. Dr. A. Müller)

Arbeit unter Leitung von Dr. R. Heckmann, Oberassistent

DIE ELEKTRISCHE BETÄUBUNG VON HÜHNERN VOR DEM SCHLACHTEN MIT WECHSELSTROM VON 50 Hz

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung der Doktorwürde
der Veterinär-Medizinischen Fakultät
der Universität Zürich

vorgelegt von
CHRISTIAN FRICKER
Tierarzt
von Hunzenschwil AG

Genehmigt auf Antrag von
Prof. Dr. A. Müller, Referent
und Prof. Dr. H. Spörri, Korreferent

aku-Fotodruck

Zürich

1974

INHALTSVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG
2. DIE GESETZLICHEN BESTIMMUNGEN BETREFFEND DAS BETÄUBEN DER SCHLACHTTIERE
3. DIE ELEKTRISCHE BETÄUBUNG
 - 3.1. Die Reizwirkung des niederfrequenten, sinusförmigen Wechselstromes auf das ZNS
 - 3.2. Die Reizwirkung des niederfrequenten, sinusförmigen Wechselstromes auf das Herz
 - 3.3. Die Reizwirkung des niederfrequenten, sinusförmigen Wechselstromes auf die Muskulatur
 - 3.4. Die Bedeutung von Spannung, Stromstärke und Reizdauer für das Reizergebnis
 - 3.5. Die heute angewandte elektrische Betäubung für Schlachthühner
4. PROBLEMSTELLUNG UND EIGENE VERSUCHE
 - 4.1. Methode
 - 4.2. Untersuchung der heute angewandten elektrischen Betäubung mit konstanter Spannung und Ganzkörperdurchströmung
 - 4.3. Untersuchung der elektrischen Betäubung mit konstanter Stromstärke und Schäfeldurchströmung
5. DISKUSSION
6. ZUSAMMENFASSUNG
7. BILDTTEIL
8. LITERATURVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG

Das Schlachten von Tieren zum Zwecke der menschlichen Ernährung muss als ein notwendiges Uebel betrachtet werden. Um den Anforderungen des Tierschutzes, der Lebensmittelhygiene, der Wirtschaftlichkeit und der Unfallverhütung zu genügen, soll die Betäubung, die dem Blutentzug vorausgeht, folgende Forderungen erfüllen (17):

1. Das Tier soll auf schonende Weise in einen Zustand übergeführt werden, in welchem es den Entblutungsstich nicht wahrnimmt.
2. Es dürfen fleischhygienisch keine nachteiligen Folgen auftreten.
3. Die Methode soll routinemässig und ohne Gefahr für das Personal ausgeführt werden können.

Heute werden an den Schlachthöfen folgende Betäubungsmethoden angewendet:

1. Die mechanische Betäubung mit dem Bolzenschussapparat.
2. Die elektrische Betäubung
3. Die chemische Betäubung mit CO_2 .

Die industrielle Geflügelhaltung und die damit verbundene Massenschlachtung verlangt eine dem Schlachtprozess angepasste Betäubungsmethode. Die herkömmliche Betäubung durch einen Schlag in den Nacken wurde durch einen elektrischen Betäubungsapparat ersetzt.

Auch die Betäubung mit CO_2 in einer Konzentration von 33 - 36 Vol% über 75 sec soll für die Betäubung geeignet sein (4).

2. DIE GESETZLICHEN BESTIMMUNGEN BETREFFEND DAS BETÄUBEN DER SCHLACHTTIERE

Den Anstoss zur Schaffung gesetzlicher Grundlagen für die Betäubung von Schlachttieren gab in der Schweiz die Schächtmethode der Juden. Das Schächten war in den sechziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts in verschiedenen Kantonen verboten worden, wurde aber erst im Jahre 1893 aus dem Gebiete der Eidgenossenschaft endgültig verbannt, als ein diesbezüglicher Zusatzartikel zu Art. 25 der Bundesverfassung angenommen wurde. Dieser Zusatzartikel besagt: "Das Schlachten der Tiere ohne vorherige Betäubung vor dem Blutentzuge ist bei jeder Schlachtart und Viehgattung ausnahmslos untersagt".

Artikel 2 des Kantonalen Gesetzes (Kt. Zürich) betreffend den Schutz der Schlachttiere vom 22. Dezember 1895 lautet dementsprechend: "Das Schlachten der Tiere ohne Betäubung vor dem Blutentzuge, abgesehen von der Anwendung der Schussmaske, ist bei jeder Schlachtart und Viehgattung ausnahmslos untersagt. Als Mittel der Betäubung ist nur der Kopfschlag statthaft". Die im letzten Satz gemachte Einschränkung war sicher durch die beschränkten technischen Mittel jener Zeit begründet. So äusserte schon der damalige Schlachthausverwalter a.d. Sihl, Ed. Bürki (3), den Gedanken: "Auf dem Gebiete der Elektrizität erleben wir fortlaufend Ueberraschungen, sodass es nicht undenkbar erscheint, wenn wir über kurz oder lang mit einer diesbezüglichen Mitteilung erfreut werden".

Da das Geflügel nicht unter den Begriff "Viehgattung" fällt, untersteht die Betäubung der Schlachthühner keiner gesetzlichen Pflicht. Neben tierschützerischen Gedanken bilden sicher arbeitstechnische Ueberlegungen - betäubtes Geflügel lässt sich bedeutend leichter handhaben - den Hauptgrund für die Anwendung der Betäubung in den Geflügelschlachtbetrieben.

Es ist zu erwarten, dass das Problem der Betäubung der Schlachttiere im zu schaffenden eidgenössischen Tierschutzgesetz eine neue Formulierung finden wird.

3. DIE ELEKTRISCHE BETAÜBUNG

Durch die Einwirkung von elektrischem Strom soll das Schlacht-
tier in einen Zustand übergeführt werden, in welchem es den
Entblutungsstich nicht wahrnimmt. Der hierzu verwendete Netzstrom
hat die Frequenz von 50 Hz. In der Reizphysiologie spricht man
bei Frequenzen unter 1000 Hz von "Niederfrequenz" (27). Die Reiz-
wirkung des niederfrequenten Wechselstromes auf die erregbaren
Strukturen der Nerven und Muskeln sei nachfolgend summarisch dar-
gestellt.

3.1. Die Reizwirkung des niederfrequenten, sinusförmigen Wechsel- stromes auf das ZNS

Die Nervenzelle ist das Bau- und Funktionselement des Nerven-
systems. Die Kenntnisse der Vorgänge am Neuron sind Voraussetzung
für das Verständnis der Leistungen von Gehirn und Rückenmark und
den Reizmechanismus des elektrischen Stromes.

Die Membran der Nervenzelle ist der Träger der elektrischen Vor-
gänge. Die Grundlage für eine Erregungsbildung und Erregungs-
fortleitung bildet die elektrische Spannung zwischen dem Zell-
innen und dem Zelläussern, das Ruhepotential. Es beträgt etwa
70 mV, wobei diese Membranspannung innen negativ gegenüber aussen
ist. Dieses Ruhepotential ist auf eine charakteristische Ionen-
verteilung sowie auf den unterschiedlichen Membranwiderstand für
Kalium- und Natriumionen zurückzuführen: Im Extrazellulärraum
finden sich bedeutend mehr Natrium und Chloridionen als im Zell-
innen, der Intrazellulärraum ist dagegen reich an Kaliumionen
und an verschiedenen, teilweise unbekanntem grossen Anionen. Die
Membran ist im Ruhezustand für Kaliumionen etwa 100 mal durch-
lässiger als für Natriumionen.

Ein an der Zellmembran künstlich applizierter, niederfrequenter
Wechselstrom bewirkt eine periodisch wechselnde Verschiebung des
Membranpotentials. Wird dabei die Schwellenspannung (für sinus-

förmige Wechselströme frequenzabhängig (27)) erreicht oder überschritten, so kommt es zu typischen Änderungen der Membranleitfähigkeit für Natrium- und Kaliumionen: Es entsteht ein Aktionspotential bzw. eine fortgeleitete Erregung.

Für die Reizwirkung gilt das Pflüger'sche Polaritätsprinzip. Demnach ist die katelektrotonische Schwankung der am Reizort angelegten Wechselspannung die erregungsauslösende Komponente. Die katelektrotonische Schwankung erfolgt von -90° bis $+90^{\circ}$ für die eine Elektrode, sowie von $+90^{\circ}$ bis 270° für die andere Elektrode, wobei die gesamte $2\sqrt{2}$ Ueff-^{*} ausmachende Schwankung für die Reizwirkung bestimmend ist (27). Demzufolge bewirkt ein sinusförmiger Wechselstrom mit der Frequenz von 50 Hz an der differentiellen Elektrode 50 Reize pro Sekunde.

Voraussetzung für die normale Funktion des Neurons ist die Aufrechterhaltung des Membranpotentials. Die Anzahl Aktionspotentiale, die eine Nervenzelle pro Zeiteinheit bildet und fortleitet, bezeichnet man als neuronale Aktivität. Sie ist die Folge erregender und hemmender Zuflüsse an den Synapsen. Alle Faktoren, welche diese Funktion stören können, sind potentiell epileptogen (23). So bewirkt ein über Oberflächenelektroden dem Gehirn zugeleiteter Strom der Netzfrequenz von genügender Stromstärke, sowie der Dauer von Sekundenbruchteilen einen epileptischen Anfall. Dieser künstlich ausgelöste epileptische Anfall wird auch Elektroschock genannt (16). Im epileptischen Anfall gerät das Gehirn in eine pathologische, übersteigerte Aktivität (6, 18). Dieser allgemeine Erregungszustand des Gehirns manifestiert sich klinisch in einem tonischen Krampf der Muskulatur. Nach einigen Sekunden synchronisieren sich die verschiedenen elektrischen Abläufe im Gehirn, erkennbar am Wechsel des tonischen in einen klonischen Muskelkrampf (6). Abgeschlossen wird der epileptische Anfall durch eine Phase der elektrischen Stille im Gehirn (14, 15). Die Muskulatur ist während dieser Phase schlaff.

* Ueff: effektive Spannung

Das Bewusstsein ist vom Zeitpunkt des Beginns der elektrischen Reizung, welche die auslösende Noxe bildet, bis zur physiologischen Wiederaufnahme der Gehirnaktivität ausgelöscht (2).

Wird die Dauer des applizierten Reizstroms über die zum Auslösen des epileptischen Anfalls notwendige Zeit hinaus verlängert, so kommt es zu einer Auseinandersetzung zwischen den "Krampfpotentialen" des Gehirns und dem Reizstrom (14). Es resultiert daraus ein modifizierter epileptischer Anfall, bei dem die klonische Phase nicht auftritt, der Streckkrampf jedoch über längere Zeit bestehen bleibt (17). Der so modifizierte elektrische Schock wird als "Elektrokoma" bezeichnet (19).

3.2. Die Reizwirkung des niederfrequenten, sinusförmigen Wechselstromes auf das Herz

Mehrfach überschwellige Stromstärken, deren Reizeffekte für Nerven und Muskeln in der Regel harmlos und reversibel sind, bilden für das Herz bereits eine akute Gefahr wegen des Auftretens von Kammerflimmern. Auch ein primärer Herzstillstand ist als direkte Folge einer Stromeinwirkung möglich (5, 11).

Entscheidend für die Stromwirkung auf das Herz sind folgende Faktoren (23):

1. Stromweg im Körper
2. Stromdichte im Herzen
3. Stromart
4. Einwirkungsdauer
5. Einschaltzeitpunkt (vulnerable Phase) bezogen auf den Funktionszustand des Herzens

Das Auftreten kardialer Komplikationen infolge eines elektrischen Reizes setzt einen direkten Stromfluss durch den Herzmuskel voraus. Dabei ist die Gefahr des Kammerflimmerns bei der Längsdurchströmung grösser als beim quergerichteten Stromdurch-

fluss (27). Koeppen (10, 12, 13) hat für die Längsdurchströmung des Menschenherzens eine Einteilung in 4 Stromstärkebereiche vorgeschlagen, die gute Anhaltspunkte über die zu erwartenden Herzwirkungen liefert. Dabei liegt für Wechselstrom der grösste Gefahrenbereich für das Auslösen von Kammerflimmern bei Stromstärken von 25 mA bis 3 A. Die Gefährlichkeit nimmt mit der Dauer des Stromflusses zu. Kurze Stromkontakte sind nur gefährlich, wenn sie mit der sog. "vulnerablen Phase" des Herzens zusammenfallen. Diese Phase besonderer Flimmerbereitschaft umfasst, auf das EKG bezogen, den Zeitraum von Beginn bis zum Gipfel der T-Welle (26).

3.3. Die Reizwirkung des niederfrequenten, sinusförmigen Wechselstromes auf die Muskulatur

Durchströmung der Skelettmuskulatur hat eine tetanische Kontraktion der Muskelfasern zur Folge. Die Kontraktion dauert solange wie der Stromfluss durch die Muskulatur anhält. In extremen Fällen, z.B. bei der elektrischen Betäubung mittels "Hochspannung"* von 400 V (20) können Sehnenabriss und Knochenfrakturen als Folge der tetanischen Kontraktion auftreten. Eine generalisierte Muskelkontraktion führt zu einem starken Blutdruckanstieg (5, 12).

3.4. Die Bedeutung der Spannung bzw. der Stromstärke für das Reizergebnis

Zum Betäuben von Schlachtgeflügel werden zwei Spannungsbereiche verwendet: "Hochspannung"* und "Niederspannung"*.

a. Betäubung mittels "Hochspannung" von 400 V

Hochspannung wird heute kaum noch angewendet. Knochenbrüche als Folge von starken Muskelkrämpfen, Verbrennungen sowie eine Tötungs-

* Die hier gebrauchten Begriffe "Hochspannung" und "Niederspannung" sind keine technischen Grössenbezeichnungen, sondern Ausdrücke, die sich für bestimmte Spannungsbereiche in der Terminologie der elektrischen Betäubung eingebürgert haben.

rate von bis 75% (20) bilden unerwünschte Nebenerscheinungen, welche neben der Gefahr für das Arbeitspersonal gegen den Gebrauch der Hochspannung sprechen.

b. Betäubung mittels "Niederspannung" von 60 - 200 V

Richards und Sykes (21) untersuchten eingehend die Betäubung mit einer Spannung von 90 V und einer Reizdauer von 4 sec bei bitemporaler Elektrodenlage. Eine entsprechende Untersuchung wurde bisher für die Ganzkörperdurchströmung nicht ausgeführt. Das Reizergebnis ist von der applizierten Stromstärke und der Reizdauer abhängig. Dabei verhält sich der Anteil von Stromstärke und Reizdauer wie $I^2 \cdot t = \text{konstant}$ (25). Daraus ist ersichtlich, dass für eine erfolgreiche Reizung vor allem die Stromstärke massgebend ist. Damit jedes Tier in gleicher Weise betäubt wird, muss die angelegte Spannung der individuellen Impedanz entsprechend angepasst werden. Laut Scott (22) ist für den Bewusstseinsverlust des Huhns eine Mindeststromstärke von 250 mA erforderlich.

3.5. Die Bedeutung der Elektrodenplatzierung für das Reizergebnis

Mittels der elektrischen Betäubung soll das Bewusstsein des Schlachttieres vor der Entblutung ausgeschaltet werden. Der Betäubungsvorgang darf jedoch keinen direkten Einfluss auf die Herzaktivität haben. Kammerflimmern wie auch ein primärer Herzstillstand haben eine ungenügende Ausblutung des Tierkörpers zur Folge, was den Zielen der Fleischhygiene widerspricht.

Das ZNS stellt das Zielfeld für den Betäubungsreiz dar. Die Platzierung der Reizelektroden soll einerseits eine maximale Reizung des ZNS und andererseits eine minimale Einwirkung auf die Herzaktivität ergeben. Es darf angenommen werden, dass eine bitemporale Elektrodenlage diesen Forderungen am nächsten kommt. Entsprechende Versuche bekräftigen diese Annahme (21).

Bei einigen Betäubungsverfahren wird der ganze Tierkörper in den Stromkreis eingeschlossen. Dabei kommt die eine Elektrode an den Kopf, die andere an die Ständer zu liegen. Diese Elektrodenplatzierung entspricht nicht den oben gestellten Forderungen.

3.6. Die heute angewandte elektrische Betäubung für Schlachthühner

Der Betäubungsvorgang ist ein integrierter Bestandteil des Schlachtprozesses im Fließbandverfahren. Die Position der Tiere für die Betäubung ergibt sich aus der arbeitstechnischen Grundkonzeption der Schlachthanlagen. Hierbei bildet die Förderkette das Hauptelement. Die Förderkette besteht aus einzelnen, metallenen Aufhängebügeln, an denen die Tiere an ihren Ständern aufgehängt werden. Die Köpfe hängen dabei frei nach unten.

Der elektrische Betäuber besteht aus einer mit Leitungswasser gefüllten, ca. 75 cm langen Wanne. Die herunterhängenden Köpfe der Tiere werden durch dieses Wasserbad gezogen. Dabei bildet das Wasserbad die eine, der metallene Aufhängebügel der Förderkette die andere Elektrode. Somit wird der ganze Tierkörper in den Stromkreis eingeschlossen. Es haben jeweils gleichzeitig 4 Tiere mit dem Wasserbad Kontakt, was eine Parallelschaltung ergibt. Die Verweildauer im Wasserbecken entspricht der Reizdauer und ist vom Vorschub der Förderkette abhängig. Die angelegte Spannung ist regulierbar und wird dem Vorschub der Förderkette angepasst. Der Vorschub wird als Funktion der Arbeitskapazität pro Stunde ausgedrückt. Folgende Spannungswerte werden vom Hersteller angegeben (24):

Kapazität	1'000 Stück/Std	Spannung	60 Volt
"	2'000 Stück/Std	"	80 Volt
"	3'000 Stück/Std	"	90 Volt
"	4'000 Stück/Std	"	110 Volt
"	5'000 Stück/Std	"	130 Volt

Kapazität	6'000 Stück/Std	Spannung	150 Volt
"	7'000 Stück/Std	"	170 Volt
"	8'000 Stück/Std	"	200 Volt

Die Herstellerfirma gibt im weiteren die folgenden Angaben über ihre wissenschaftlichen Arbeiten zum "Elektroschockapparat":

"Durch den elektrischen Schock gerät das Tier in einen leichten verkrampften Zustand. Es zieht die Flügel hoch, welche dann am Körper fest anliegen. Dem Tier kann jetzt leicht der Ausblutungsschnitt versetzt werden. Die Flügel geraten nicht zwischen die Messer. Nach dem Elektroschock dauert es noch 4 - 5 sec bevor der Nacken des Tieres sich streckt. Beim automatischen Anschneiden soll man darauf warten. Der Herzschlag des Tieres wird schneller, wodurch nach dem Anschneiden schnell das Blut ausgepumpt werden kann. Tiere, die zu schwer betäubt oder tot sind, bluten weniger schnell aus. Man kann diese an den blauen Flügelspitzen erkennen" (24).

4. PROBLEMSTELLUNG UND EIGENE VERSUCHE

Die heute in den Geflügelschlächtereien praktizierte elektrische Betäubung wurde bisher noch nicht eingehend untersucht. Um die Tiere vor einer allfälligen Quälerei zu schützen sowie um eine fleischhygienisch einwandfreie Schlachtung zu sichern, sollen für die Betäubung der Schlachthühner objektive Kriterien als Richtwerte erarbeitet werden. Die eigenen Versuche wurden daher auf die Beantwortung folgender Fragen ausgerichtet:

1. Genügt die an den Geflügelschlächtereien ausgeführte "Elektroschock-Methode" den Forderungen, die an eine Betäubung gestellt werden müssen?
2. Welche Spannung bzw. welche Stromstärke muss gewählt werden, damit der Stromfluss durch das ZNS eine Betäubung bewirkt?

3. In welchem Ausmass ist die Betäubungsqualität von der Elektrodenlokalisation abhängig?

4.1. Methode

Der Betäubungszustand wird mit Hilfe des EEG, des EKG und des Sphygmogramms beurteilt.

Um das EEG und das Sphygmogramm registrieren zu können, mussten den Versuchstieren in einer vorangehenden Operation zwei Elektroden sowie ein Mikrotubus implantiert werden. Für die Operation wurde die Narkose mit Vetanarcol^{R*} vorgenommen (1). Die EEG Ableitungselektroden wurden nach der von Key und Marley (9) beschriebenen Methode implantiert, wobei jedoch zur Fixation Histoacryl blau^{R**} verwendet wurde.

Für die Aufzeichnung des Sphygmogramms wurde ein Portex^{R***} Mikrotubus durch die A. ischiadica in die Aorta eingeführt. Die Blutdruckmessung wurde mit einem Statham-Elektromanometer^{****} ausgeführt. Das EKG wurde in Richtung der Herzachse mit Hilfe von Oberflächen Elektroden abgeleitet (7).

Als Versuchstiere dienten schlachtreife, ca. 7 - 10 Wochen alte Broiler.

EEG, EKG und Sphygmogramm wurden simultan mit Schleifengalvanometern^{*****} fotografisch registriert.

Von jedem Versuchstier wurden zuerst die Normalwerte aufgezeichnet. Darauf wurde der elektrische Reiz appliziert. Während der Reizapplikation musste die Registrierung wegen einer Uebersteuerung der Verstärker unterbrochen werden. Mit dem Ende der Reizung wurde die Aufzeichnung wieder aufgenommen. Der Umschaltvorgang

* Vetanarcol (Veterinaria): 0,162 g Pentobarbitalum natrium
** pro ml
*** Hersteller: B. Braun, Melsungen, Deutschland
**** Portex Flex Nylon Tubing Size 3, Hersteller: Portex England
***** Statham-Element P 23 D 6, Hersteller: Hato Rey, Puerto Rico
Hersteller: Fenyves & Gut, Basel

wurde elektronisch gesteuert.

Der Bewusstseinsverlust wird mit Hilfe des EEG beurteilt. Ein epileptogener, elektrischer Reiz hat ein entsprechendes epileptiformes EEG-Muster zur Folge. Dieses gliedert sich in 4 Abschnitte (8):

1. Kurze Desynchronisation
2. Rhythmisch-synchronisierte Entladungen
3. Unterbrochene, klonische Entladungen
4. Elektrische Stille

Das Auftreten dieses spezifischen EEG-Musters bildet ein sicheres Indiz für das Zustandekommen einer induzierten, epileptiformen Gehirnaktivität, und somit für den Bewusstseinsverlust.

Die Herzaktivität wird anhand des EKG und des Sphygmogramms beurteilt.

Die Versuche wurden in 2 Gruppen aufgeteilt. Bei der ersten Gruppe wurde die in den Schlachthöfen angewandte Methode der Ganzkörperdurchströmung untersucht. Hierzu wurde ein Reizgerät für die Reizung mit konstanter Spannung konstruiert.

Das Gerät bestand aus einem Regeltransformator, dem aus Sicherheitsgründen ein Trenntransformator 1 : 1 vorgeschaltet wurde, und aus einem elektronischen Zeitgeber. Die Schaltung ist in Abb. 1 dargestellt.

Die zweite Versuchsgruppe wurde mit einem Gerät, welches eine konstante Stromstärke abgibt, gereizt. Dadurch konnte der Einfluss der individuell variablen Impedanz ausgeschaltet werden. Die Schaltung dieser Anordnung ist in Abb. 2 dargestellt. Die Reizelektroden wurden in dieser Gruppe bitemporal angelegt.

Während der Reizung wurde bei der ersten Versuchsgruppe die Stromstärke, bei der zweiten Versuchsgruppe die Spannung zwischen den

Reizelektroden gemessen.

Um eine eventuelle Korrelation zwischen Gewicht und Impedanz der Tierkörper zu erkennen, wurden die Versuchstiere gewogen.

Damit der Kontakt zwischen den Reizelektroden und dem Tierkörper gut war, wurden die entsprechenden Stellen mit Leitungswasser befeuchtet.

Die Fixation der Tiere während den Versuchen entsprach jener in den Geflügelschlächtereien.

4.1. Untersuchung der heute angewandten elektrischen Betäubung mit konstanter Spannung und Ganzkörperdurchströmung

Es wurden die vom Hersteller des Betäubungsgerätes (24) empfohlenen Reizspannungen von 80 V, 110 V., 130 V, 150 V, 170 V und 200 V bei je 3 Tieren untersucht. Diese Spannungswerte sind bestimmten, stündlichen Schlachtkapazitäten zugeordnet (s. 14). Die Reizdauer wurde aus der Schlachtkapazität ermittelt.

Ergebnisse

a) Beurteilung des Bewusstseinsverlustes mit Hilfe des EEG

Es trat bei keinem der untersuchten Tiere ein epileptiformes EEG-Muster auf. Es muss daher angenommen werden, dass das Produkt aus $I^2 \cdot t$ = konstant bei keinem der untersuchten Tiere den Schwellenwert für eine erfolgreiche Reizung erreicht hat. Das klinische Bild der Tiere entsprach der Beschreibung, die die Herstellerfirma des "Elektroschockapparates" für ein "betäubtes" Huhn gibt (S. 15).

b) Beurteilung der Herzaktivität mit Hilfe des EKG und des Sphygmogramms

Die Herzschlagfrequenz der wachen Versuchstiere betrug im Mittel 396 pro Minute.

Sofort nach Reizapplikation sank die Frequenz durchschnittlich auf 120 Schläge pro Minute und stieg dann innerhalb einer Minute

auf 317 Schläge pro Minute an. Nach 3 Minuten wurde der Ruhewert annähernd wieder erreicht (Abb. 3).

Während den ersten 60 Sekunden nach Reizapplikation wurde eine vorübergehende Arrhythmie beobachtet. Diese Arrhythmie bestand aus einer Bradykardie sowie aus gelegentlich vorkommenden Extrasystolen, denen eine kompensatorische Pause folgte.

Synchron mit der Herzschlagfrequenz veränderte sich der Blutdruck. Dabei stieg der systolische Blutdruck vom durchschnittlichen Ruhewert von 174 mm Hg innerhalb der ersten 20 Sekunden auf 214 mm Hg an und fiel anschliessend innerhalb der ersten Minute nach Reizapplikation auf 150 mm Hg ab. Allmählich stieg der systolische Blutdruck wieder an und betrug nach 3 Minuten durchschnittlich 152 mm Hg (Abb. 4).

Der diastolische Blutdruck mit einem mittleren Ruhewert von 151 mm Hg stieg innerhalb der ersten 20 Sekunden nach Reizapplikation auf 168 mm Hg leicht an und fiel dann innerhalb der ersten Minute auf 128 mm Hg ab. Nach 3 Minuten betrug der diastolische Blutdruck durchschnittlich 136 mm Hg (Abb. 5).

c) Die Beziehung zwischen der angelegten konstanten Spannung und der erreichten Stromstärke und deren Einfluss auf die Herzaktivität

Abb. 6 zeigt das Verhältnis der angelegten, konstanten Spannung zur erzielten Stromstärke. Die erreichten, durchschnittlichen Stromstärkewerte lagen bei 43 mA für die Spannung von 80 V und 127 mA für die Spannung von 200 V.

Der erste Todesfall infolge Kammerflimmerns trat bei 110 V Spannung und einer Stromstärke von 90 mA auf. Stromstärken über 120 mA führten stets zu Kammerflimmern und somit zum Tode der Tiere.

4.3. Untersuchung der elektrischen Betäubung mit konstanter Stromstärke und Schäeldurchströmung

Es wurden die Stromstärken von 250 mA, 300 mA, 350 mA und 400 mA bei je 5 Tieren untersucht. Die Reizdauer betrug jeweils 1 Sekunde.

Ergebnisse

a) Beurteilung des Bewusstseinsverlustes mit Hilfe des EEG

Die Stromstärke von 250 mA führte bei einem Tier, die Stromstärke von 300 mA bei vier und die Stromstärken von 350 mA und 400 mA bei sämtlichen fünf Tieren zu einem epileptiformen EEG-Muster.

Der induzierte, epileptiforme Anfall dauerte bei allen Tieren mindestens 30 Sekunden. Die Reizung mit 400 mA führte im Unterschied zu den niedrigen Stromstärkewerten zu einer Verlängerung der elektrischen Stille im Gehirn, sodass die Dauer des epileptiformen Anfalls auf mindestens 2 Minuten ausgedehnt war.

b) Beurteilung der Herzaktivität mit Hilfe des EKG und des Sphygmogramms

Die Herzschlagfrequenz der wachen Versuchstiere betrug bei dieser Versuchsgruppe im Mittel 414 Schläge pro Minute. Nach Reizapplikation sank die Herzschlagfrequenz innerhalb der ersten 10 Sekunden auf durchschnittlich 147 Schläge pro Minute ab und stieg dann innerhalb der ersten 60 Sekunden auf 349 Schläge pro Minute wieder an. 3 Minuten nach Reizapplikation betrug die mittlere Herzschlagfrequenz 411 Schläge pro Minute (Abb. 7).

Analog zur Elektroschocktherapie des Menschen wurde eine vorübergehende Arrhythmie innerhalb der ersten 60 Sekunden nach Reizapplikation beobachtet (2). Diese Arrhythmie bestand aus einer Bradykardie sowie aus gelegentlich vorkommenden Extrasystolen, denen eine kompensatorische Pause folgte.

Der mittlere systolische Blutdruck betrug vor der Reizung 160 mm Hg. Innerhalb der ersten 10 Sekunden nach Reizung stieg der systo-

lische Blutdruck auf 206 mm Hg an und sank nach weiteren 50 Sekunden auf 143 mm Hg. 3 Minuten nach Reizapplikation betrug der systolische Blutdruck im Schnitt 139 mm Hg (Abb. 8).

Der diastolische Blutdruck mit einem mittleren Ruhewert von 143 mm Hg stieg innerhalb der ersten 10 sec auf 161 mm Hg und betrug 1 Minute nach Reizapplikation 124 mm Hg. 3 Minuten nach Reizung war der Ausgangswert annähernd wieder erreicht (Abb. 9).

c) Der Einfluss der angelegten konstanten Stromstärke auf die Herztätigkeit

Es trat bei keinem der untersuchten Tiere Tod als Folge von Kammerflimmern ein.

5. DISKUSSION

Die heute praktizierte elektrische Betäubung mit konstanter Spannung und Ganzkörperdurchströmung genügt den Anforderungen nicht. Soll beim Huhn mit Sicherheit ein epileptischer Anfall induziert werden, sind hierfür Stromstärken von 350 bis 400 mA bei einer Reizdauer von 1 Sekunde notwendig. Der Bereich um 100 mA bildet bei der Ganzkörperdurchströmung bereits eine latente Gefahr für das Auftreten von Kammerflimmern. Daraus ist ersichtlich, dass die für eine induzierte Epilepsie notwendigen Stromstärkewerte bei der Ganzkörperdurchströmung zum Kammerflimmern und somit zum Herztod führen.

Die Stromstärken von 350 bis 400 mA (wozu die Spannung von ca. 65 V benötigt wird) führen bei bitemporaler Elektrodenlage und einer Reizezeit von einer Sekunde zu einer induzierten Epilepsie und somit zum Bewusstseinsverlust. Der Anfall dauert mindestens 30 Sekunden, bei der Reizung mit 400 mA stets länger als 2 Minuten. Den Schlachttieren kann während dieser Zeitspanne der Entblutungsschnitt angebracht werden. Kammerflimmern wurde bei bitemporaler Elektrodenlage nie beobachtet, sodass eine gute Ausblutung gewährleistet ist.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Die elektrische Betäubung beruht auf einem induzierten epileptiformen Anfall. Beim Huhn ist für einen solchen Anfall die Stromstärke von 350 - 400 mA bei einer Reizdauer von 1 Sekunde notwendig.

Bei der heute in den Geflügelschlächtereien ausgeführten elektrischen Betäubung wird der ganze Tierkörper bei konstanter Spannung in den Stromkreis eingeschlossen. Die Stromstärke von 100 mA bildet jedoch bei der Ganzkörperdurchströmung bereits eine latente Gefahr für das Auftreten von Kammerflimmern. Diese Methode muss daher sowohl aus tierschützerischen wie auch aus fleischhygienischen Ueberlegungen als ungeeignet betrachtet werden.

Schädeldurchströmung mit 350 - 400 mA und der Reizdauer von 1 Sekunde führt zu einem epileptiformen Anfall, ohne dass dabei Herztod auftritt. Mit Hilfe von konstanter Stromstärke wird der Reizerfolg trotz der individuell variablen Impedanz gesichert.

7. BILDTEIL

Abb. 1

Schaltschema der Versuchsanordnung für die elektrische Reizung mit konstanter Spannung und Ganzkörperdurchströmung

Abb. 2

Schaltschema der Versuchsanordnung für die elektrische Reizung mit konstanter Stromstärke und Schäeldurchströmung

Abb. 3, 4, 5

Mittelwerte der Herzschlagfrequenz sowie des systolischen und diastolischen Blutdruckes bei der elektrischen Reizung mit konstanter Spannung und Ganzkörperdurchströmung

Abb. 6

Die Beziehung zwischen der angelegten, konstanten Spannung zu der erreichten Stromstärke und Letalität als Folge von Kammerflimmern

Abb. 7, 8, 9

Mittelwerte der Herzschlagfrequenz sowie des systolischen und diastolischen Blutdruckes bei der elektrischen Reizung mit konstanter Stromstärke und Schäeldurchströmung

Abb. 10

Die Abhängigkeit des Reizerfolges von der angelegten konstanten Stromstärke bei der Reizdauer von einer Sekunde

Abb. 11

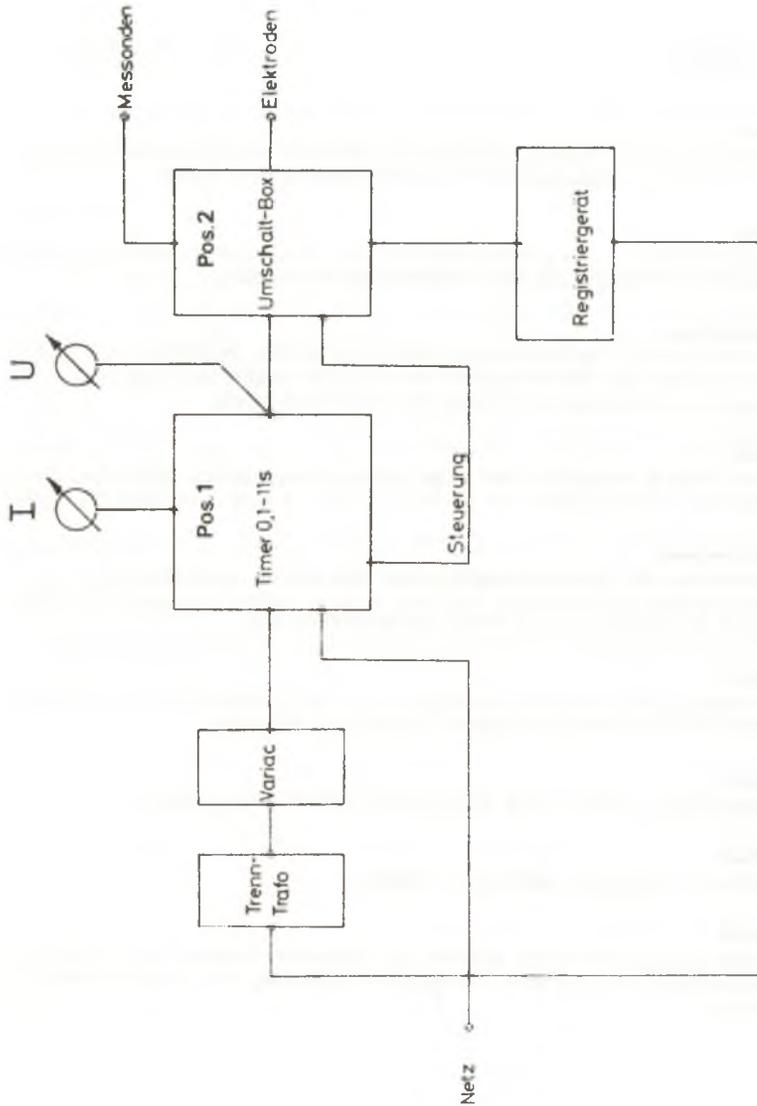
Epileptiformes EEG eines erfolgreich gereizten Huhnes

Abb. 12

EEG eines erfolglos gereizten Huhnes

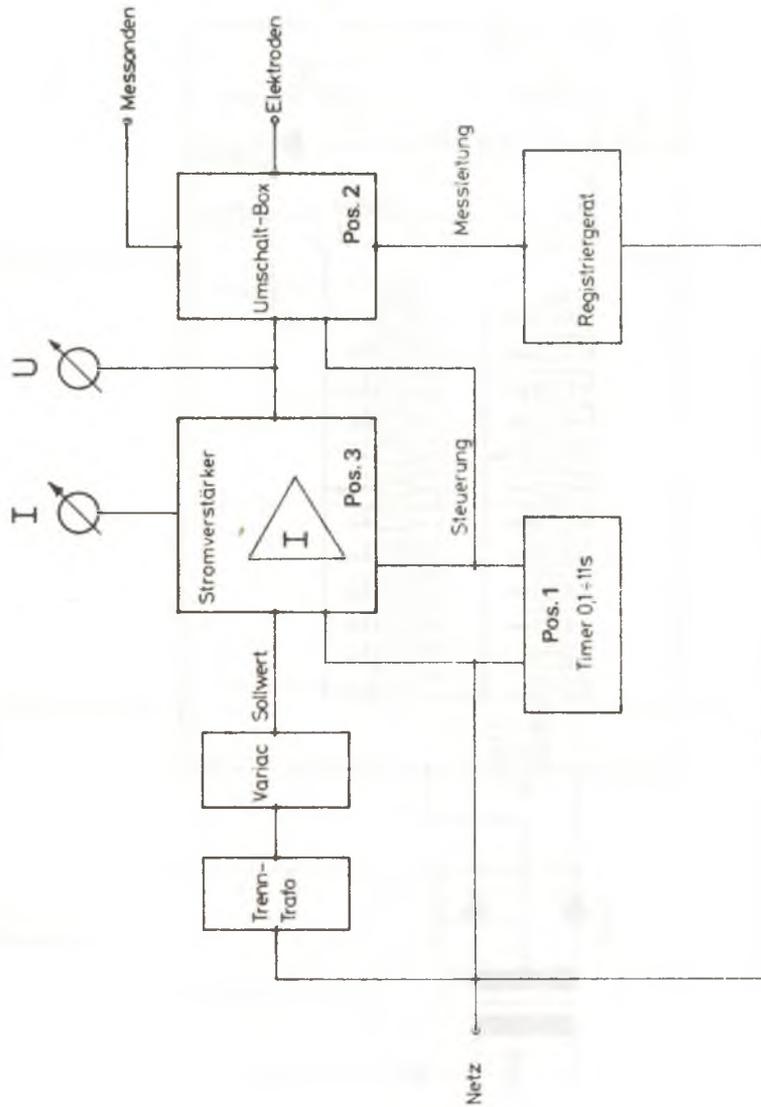
Abb. 13

EKG und Blutdruck eines Tieres mit Kammerflimmern als Folge der elektrischen Reizung mit konstanter Spannung bei Ganzkörperdurchströmung



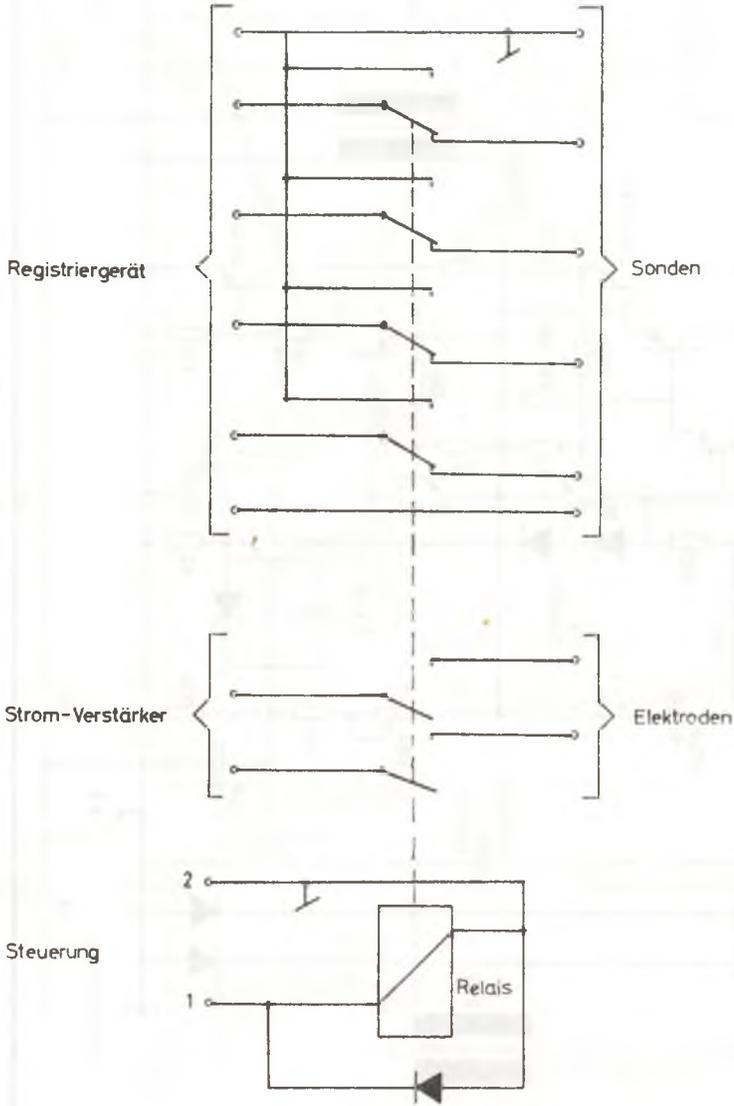
Blockschema für die elektr. Reizung mit konstanter Spannung

Abb. 1



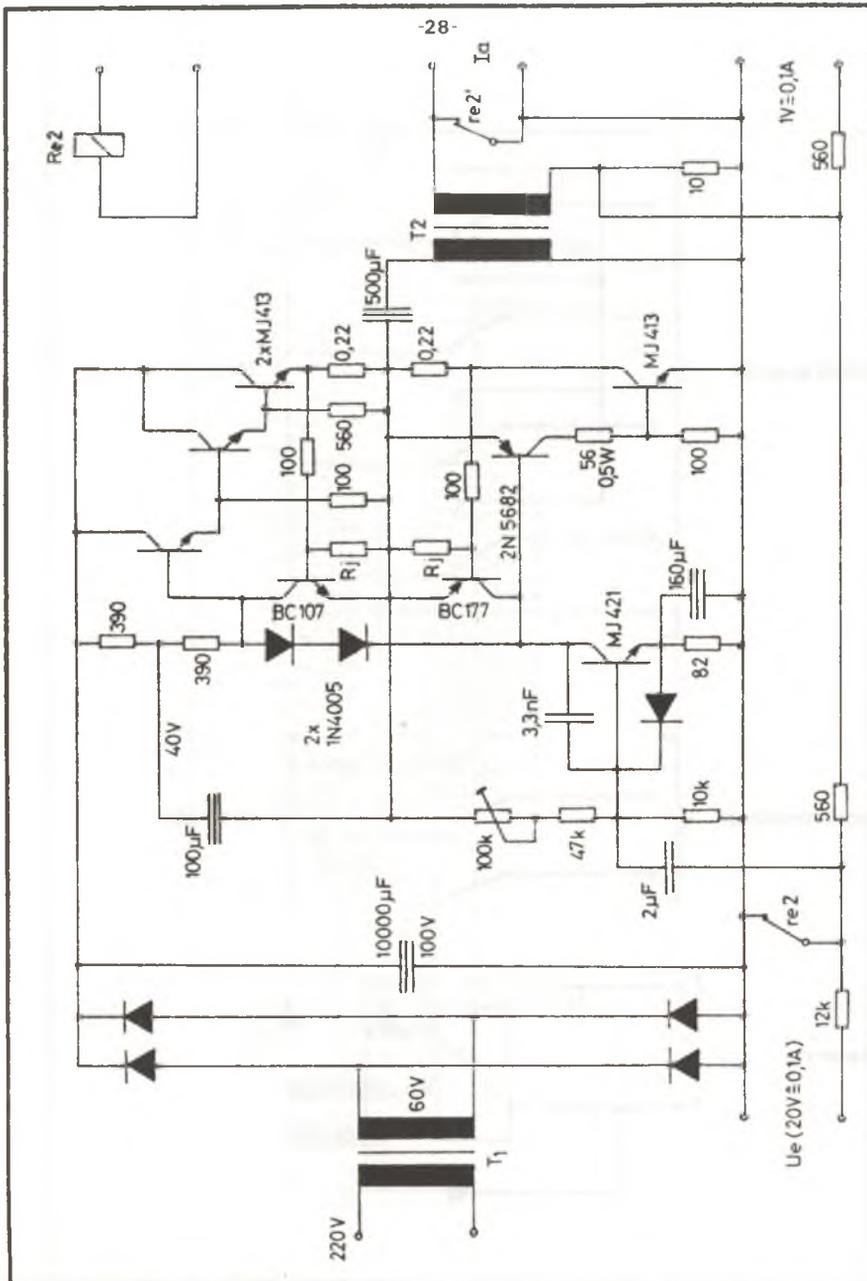
Blockschema für die elektr. Reizung mit konstanter Stromstärke

Abb. 2



Umschalt-Box

Position 2
zu Abb.1 und 2



Verstärker

Position 3
zu Abb. 2

Abb. 3

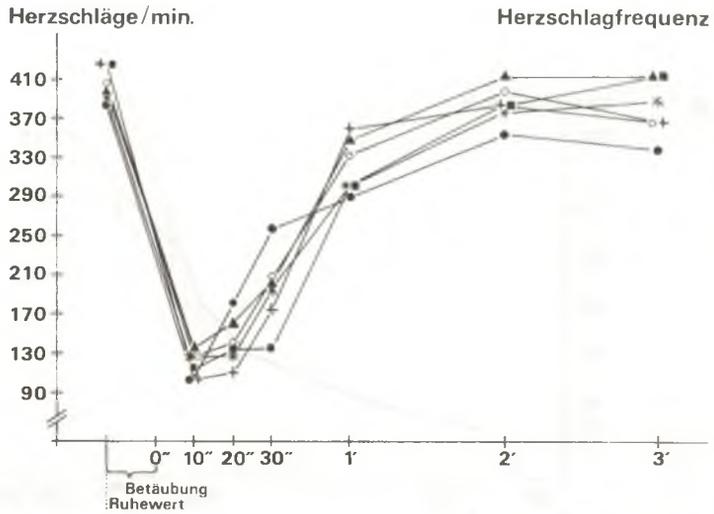


Abb. 4

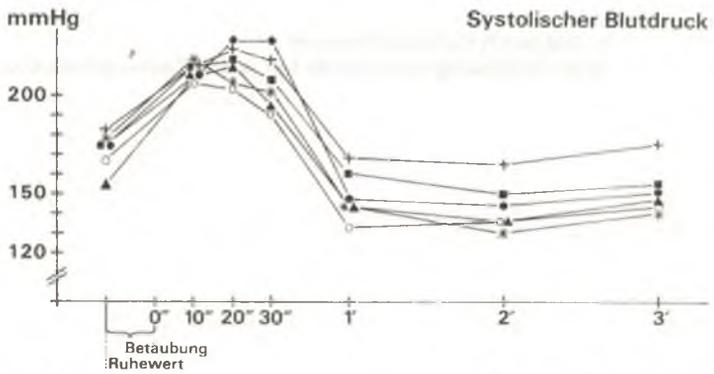


Abb. 5

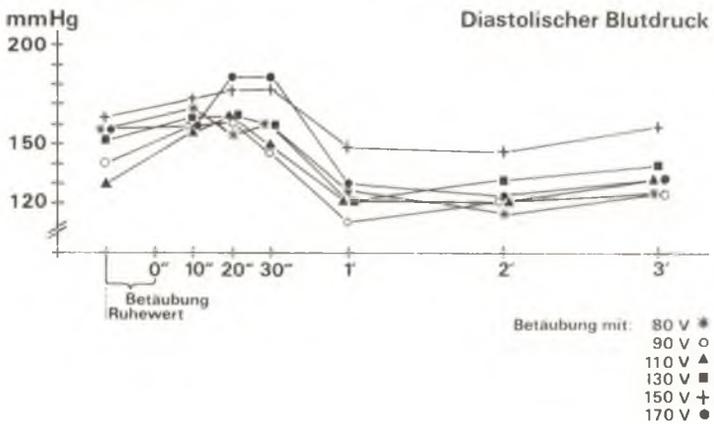
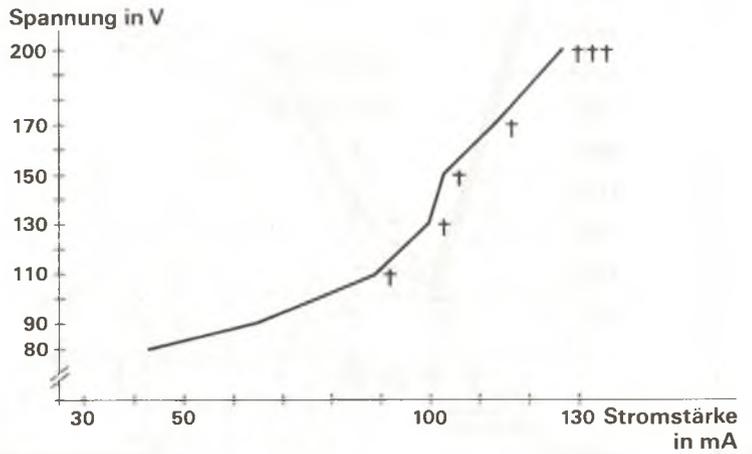


Abb. 6



†: Tod durch Kammerflimmern
Jeder Spannungswert wurde bei je drei Tieren untersucht

Abb. 7

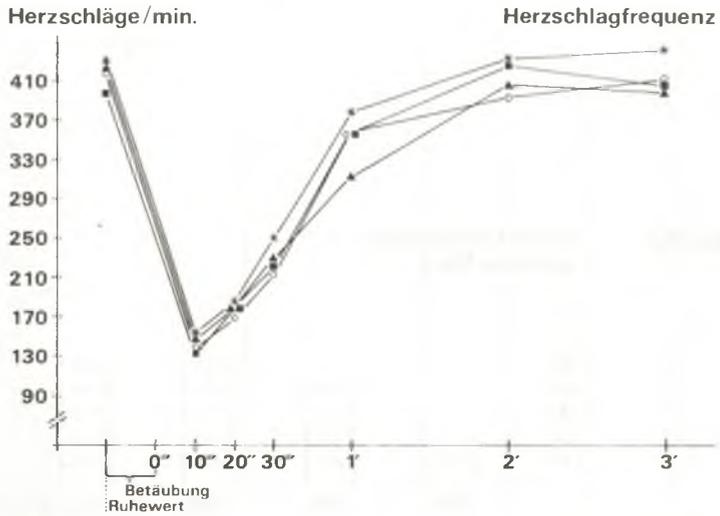


Abb. 8

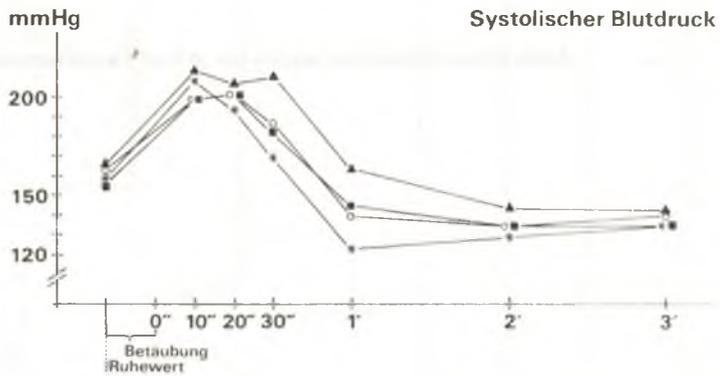
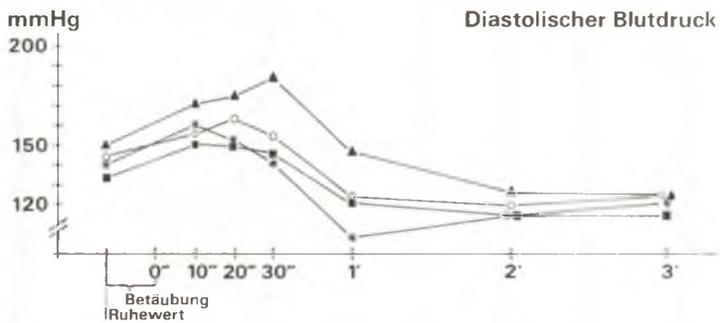


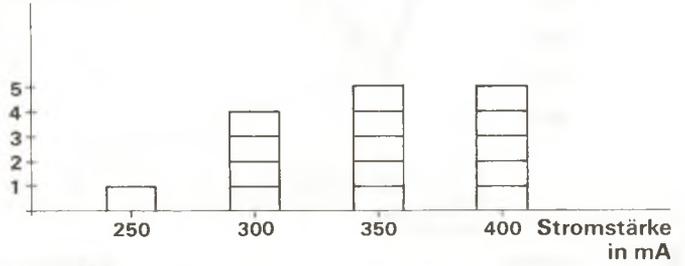
Abb. 9



Betaubung mit: 250 mA *
300 mA ○
350 mA ▲
400 mA ■

Abb.10

Anzahl erfolgreicher
gereizter Tiere



Jeder Stromstärkewert wurde bei je fünf Tieren untersucht

Huhn 45/74
22.5.74

Abb. 11

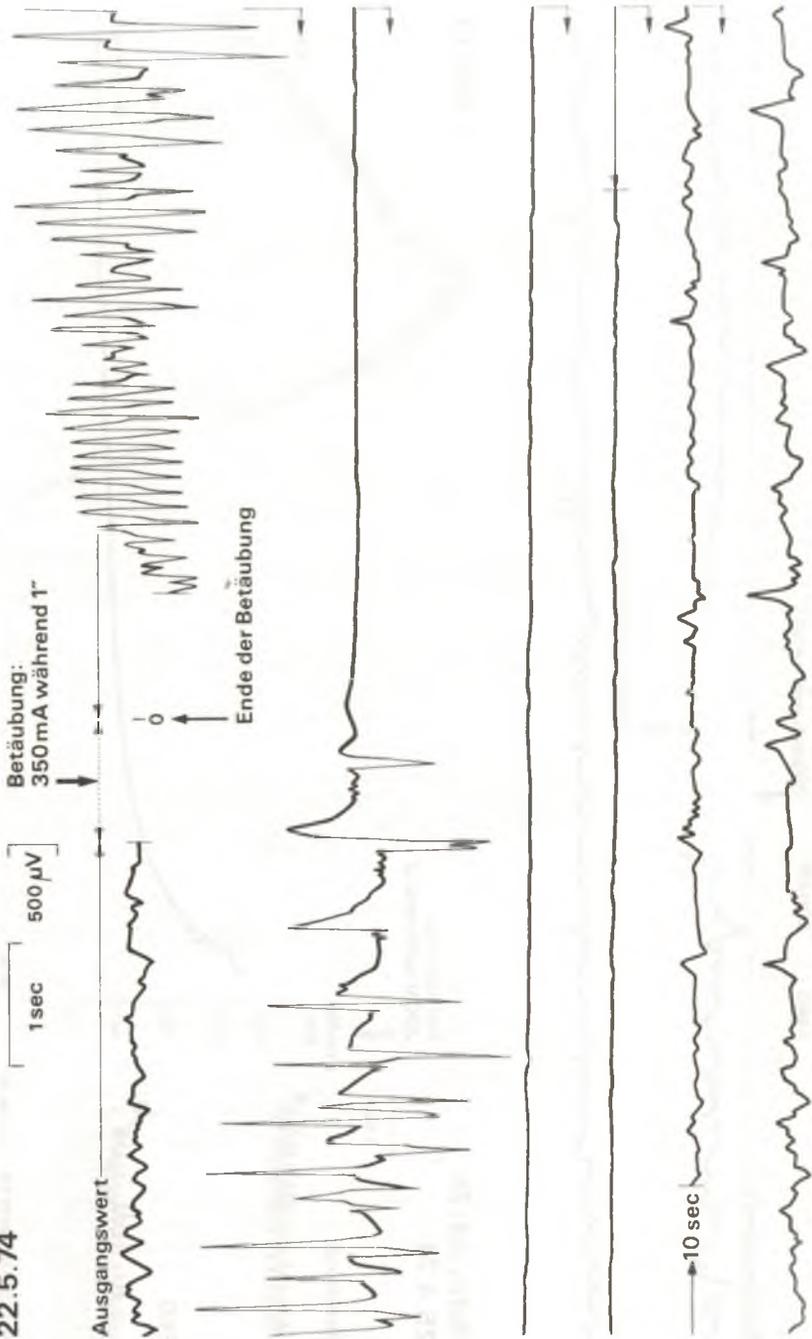


Abb. 12

Huhn 58/74
6.6.74

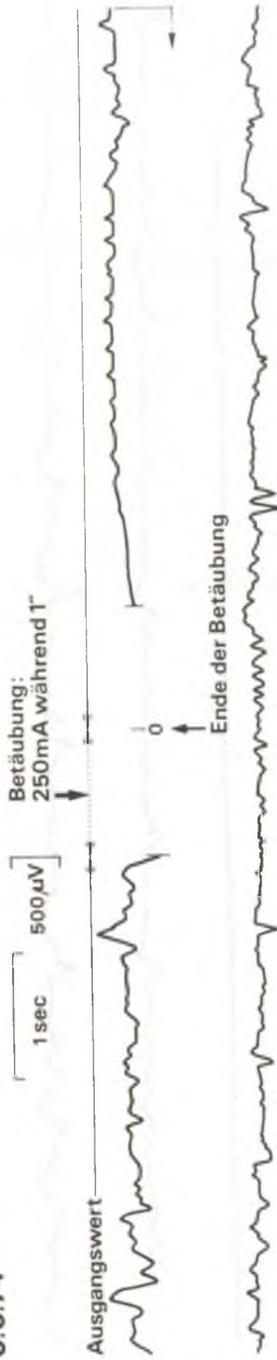
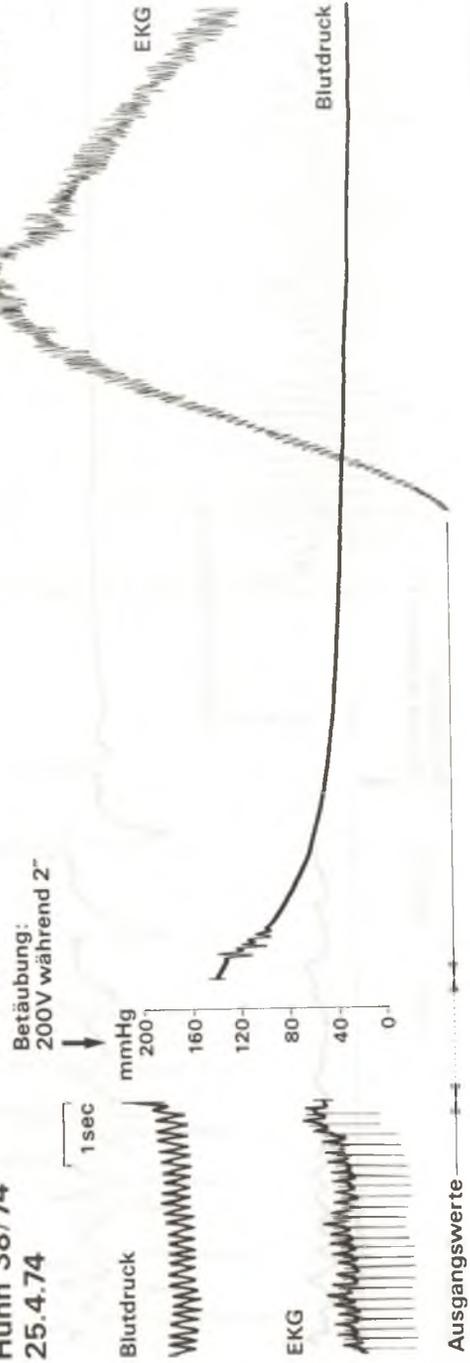


Abb. 13

Huhn 38/74
25.4.74



Ausgangswerte

8. LITERATURVERZEICHNIS

- Abegg P. 1
Die Wirkung von Hypnodil und Vetanarool auf die
Herzfrequenz, Blutdruck und Atmungsfrequenz beim
Huhn.
Diss. Zürich, 1974
- Baeyer R. 2
Die moderne Psychiatrische Schockbehandlung.
Thieme, Stuttgart, 1951
- Bürki E. 3
Tierschutz dem Schlachttiere, Menschenschutz
dem Schlächter.
Zentralbibliothek Zürich (nicht datiert)
- Fritsche K. 4
Die Einrichtung von Geflügelschlachtanlagen.
Fleischwirtschaft 11, 264, 1959
- Guck R., Kayser K., Raule W., Zink K. 5
Der Einfluss hochgespannter Wechselströme auf
das Herz.
Z.ges.exp.Med. 123, 369, 1954
- Jung R. 6
Hirnelektrische Untersuchungen über den Elektro-
krampf: Die Erregungsabläufe in corticalen und sub-
corticalen Hirnregionen bei Katze und Hund.
Arch.f.Psychiatr. 183, 206, 1949
- Kahn R.H. 7
Das Vogel EKG.
Pflügers Arch. 162, 67, 1915
- Klemm W.R. 8
Animal Encephalography.
Academic Press, New York and London, 1969
- Key B., Marley E. 9
A simple technique for recording the electro-
corticogramm in small animals.
J. Physiol. 155, 29, 1961
- Koepfen S. 10
Gesundheitsschäden durch elektr. Strom.
Handbuch d.ges. Arbeitsmedizin Bd. 2
Urban/Schwarzenberg, München 1961

- Koeppen S. 11
 Elektrischer Unfall. Erkrankungen des Nervensystems und der inneren Organe.
 Handb. d.ges. Unfallheilkunde Bd. 1
 hrsg. von F. König und G. Magnus, Enke, Stuttgart 1954
- Koeppen S. 12
 Erkrankungen der inneren Organe und des Nervensystems nach elektr. Unfällen.
 2. Aufl., Springer, Berlin 1953
- Koeppen S. 13
 Systematische Untersuchungen über die Wirkung des elektr. Stromes auf den Blutkreislauf.
 Verh. dtsh. Ges. Kreisl.-Forsch. 8, 252, 1935
- Kreindler A. 14
 Experimental Epilepsy. Progress in Brain Research.
 Vol. 19, Elsevier Publishing Company, Amsterdam 1965
- Meyer-Mickeleit R.W. 15
 Das Elektroencephalogramm beim Elektrokrampf des Menschen.
 Arch. f. Psychiatr. 183, 12, 1949
- Müller A. 16
 Grundlegendes zur Elektroanästhesie.
 Schw. Arch. f. Tierheilkunde 112, 215, 1970
- Müller A., Engeli P. 17
 Die elektrische Betäubung von Schlachtschweinen.
 Die Fleischwirtschaft 10, 1346, 1968
- Poek K. 18
 Einführung in die klinische Neurologie.
 Springer, Berlin 1966
- Rees L. 19
 Physiological concomitants of electronarcosis.
 J.Ment.Sc. 95, 162, 1949
- Richards S.A., Sykes A.H. 20
 Observations on the electrical stunning and slaughter of poultry.
 The Veterinary Record, 76, 31, 1964
- Richards S.A., Sykes A.H. 21
 Physiological Effects of Electrical Stunning and Venesection in the Fowl.
 Res.vet. 8, 361, 1967

- Scott W.N. 22
 The use of electrical stunning devices in
 poultry slaughter.
 UFAW, Hertfordshire, 1971
- Siegenthaler W. 23
 Klinische Pathophysiologie.
 Thieme, Stuttgart 1973
- "Stork-Brabant" 24
 Angaben der Firma "Stork-Brabant"
 Boxmeer, Holland 1972
- Toman J., Swinyard A., Merkin M., Goodman L. 25
 Studies on the physiology and therapy of convulsive
 disorders.
 3. Some properties of experimental convulsions.
 J. Neuropath. 7, 35, 1948
- Wegria R., Wiggers C.J. 26
 Ventricular fibrillation due to a single localized
 induction and condenser shocks applied during the
 vulnerable phase of ventricular systole.
 Amer. J. Physiol. 131, 104, 1940
- Wilke O., Borghammer H. 27
 Die Wirkung des Gleichstromes auf das Herz bei
 Spannungen bis 600 Volt.
 Z. ges. exp. Med. 126, 511, 1956
- Wyss O.A.M. 28
 Die Reizwirkung sinusförmiger Wechselströme unter-
 sucht bis zur oberen Grenze der "Niederfrequenz"
 (1000 Hz).
 Helv. Physiol. Acta 21, 419, 1963

Meinen herzlichen Dank

- Herrn Prof. Dr. A. Müller für die Ueberlassung des Themas und für seine Unterstützung
- Herrn Prof. Dr. H. Spörri für die Erlaubnis zur Benützung der Einrichtungen seines Institutes
- meinem Kollegen, Herrn Dr. R. Heckmann, der mich jederzeit beraten und hilfsbereit unterstützt hat
- meinem Kollegen, Herrn Dr. M. Becker, der die chirurgischen Eingriffe an den Versuchstieren ausführte
- meinem Kollegen, Herrn Ch. Lombard, für seine Hilfe bei der Durchführung der physiologischen Messungen
- Herrn Dipl. Ing. ETH J. Leimgruber für seine Hilfsbereitschaft bei der Lösung technischer Probleme
- Frl. F. Spoerry für die Anfertigung der Diagramme
- Frl. D. Rieser für die Reinschrift des Manuskriptes
- dem Schweizerischen Tierschutzverband und der Schweizerischen Gesellschaft für Tierschutz für die finanzielle Unterstützung.

Lebenslauf

Name: Fricker Christian
Heimatort: Hunzenschwil AG
Geboren: 8.5.45 in Katowice (Polen)
Eltern: Kurt Fricker
Christa Fricker, geb. Neumann

Schulen: 1952 - 1956 Primarschule in Katowice
1956 → 1958 Primarschule in Hunzenschwil
1958 - 1960 Gymnasium Schwyz
1960 - 1961 Bezirksschule Lenzburg
1961 - 1965 Lehre als Maschinenzeichner und
Abschluss mit Fähigkeitszeugnis
1965 - 1968 Maturitätsvorbereitung am Institut
Minerva Zürich
1968 Eidg. Matura, Typus C, Basel
1968 - 1973 Studium der Veterinärmedizin an der
Vet.-Med. Fakultät der Universität
Zürich
1973, Nov. Staatsexamen
ab 1.12.73 Assistent bei der Veterinär-Chirurgischen
Klinik der Universität Zürich