



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Patentschrift  
10 DE 100 50 560 C 2

51 Int. Cl. 7:  
A 22 B 3/00  
A 22 B 3/06

21 Aktenzeichen: 100 50 560.0-23  
22 Anmeldetag: 12. 10. 2000  
43 Offenlegungstag: 2. 5. 2002  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 16. 10. 2003

DE 100 50 560 C 2

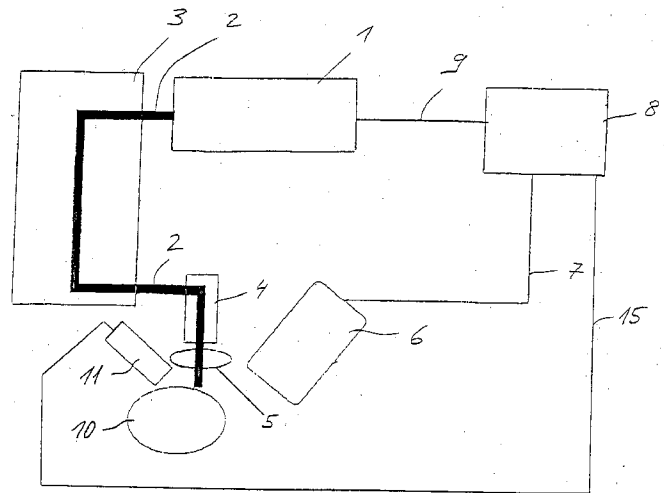
Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:  
InnoStrat GmbH, Thalwil, CH  
74 Vertreter:  
Schwabe, Sandmair, Marx, 81677 München

72 Erfinder:  
Popp, Werner, Prof. Dr., Bern, CH; Troeger, Klaus,  
Prof. Dr., 95326 Kulmbach, DE; Birngruber,  
Reginald, Prof. Dr., 23564 Lübeck, DE; Theisen, Dirk,  
Dipl.-Ing., 23562 Lübeck, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
DD 2 47 600 A1  
CH 6 75 521 A5  
US 51 12 270  
US 39 73 290  
WO 98 44 805 A1

54 Verfahren zur Betäubung von Schlachttieren  
57 Vorrichtung zur Betäubung eines Schlachttieres, um-  
fassend:  
a) einen ersten Laser (1a), der Laserlicht mit einer Wellen-  
länge emittiert, die zur Schaffung eines sich durch Hirn-  
zellgewebe des Schlachttieres erstreckenden Zerstö-  
rungskanals (I) geeignet ist,  
b) einen zweiten Laser (1b) zur Erzeugung von einer oder  
mehreren akustischen Stoßwellen in einer für das  
Schmerz- und Wahrnehmungsvermögen verantwortli-  
chen Hirnzielregion des Schlachttieres  
c) und ein Laserstrahlführungssystem (3), mit dem ein  
Laserstrahl (2a) des ersten Lasers (1a) und ein Laserstrahl  
(2b) des zweiten Lasers (1b) mit gleicher Strahlachse  
auf die Hirnzielregion gerichtet werden können.



DE 100 50 560 C 2

**[0001]** Die Erfindung betrifft die Tierschlachtung, insbesondere die Betäubung von Schlachttieren gemäß den Patentansprüchen 1, 14 und 15.

5 **[0002]** Nach EU-Recht sind Schlachttiere vor der eigentlichen Tötung, die im allgemeinen durch Ausblutung erfolgt, zu betäuben. Bei den heutzutage eingesetzten Verfahren und Vorrichtungen sind die Schlachttiere außerordentlichem Stress ausgesetzt. Es kommen mechanische Verfahren, wie beispielsweise Bolzenschussverfahren, Elektrobetäubungsverfahren sowie Gasbetäubungsverfahren mit CO<sub>2</sub> zur Anwendung. Letztere Methode wird von Tierschützern besonders kritisch gesehen. Aus der US 5,112,270 A ist ferner die Betäubung durch den Einschuss von Fluidstrahlen bekannt. Im  
10 Gehirn wird eine Druckerhöhung durch das aktive Einbringen von Material verursacht. Das Gewebe wird durch das Fluid verwirbelt. Schließlich wird in der US 3,973,290 vorgeschlagen, das Gehirn des Schlachttieres durch Einstrahlung von Mikrowellen auf eine Temperatur zwischen 42° und 50°C zu erhitzen, um hierdurch eine fieberartige Bewusstlosigkeit hervorzurufen. Die Dauer der Erhitzung bis zur Bewusstlosigkeit soll bis zu 7 Sekunden betragen.

**[0003]** Die WO 98/44805 A1 beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Töten von Fischen. Hierbei wird zu-  
15 mindest der Kopf des Fisches in eine Einspanneinrichtung eingelegt, wonach das Gehirn des Fisches mittels einer Tötungseinrichtung irreversibel zerstört wird. Die Tötungseinrichtung kann ein beweglicher Bolzen, ein Nagel, ein Messer oder auch eine Lasereinrichtung sein.

**[0004]** Aus der CH 675 521 A5 ist ein Verfahren zum Betäuben von Schlachttieren bekannt. Hierbei wird ein Fluid unter hohem Druck in den Schädel des Tiers injiziert. Ein Verfahren zum Trennen von Tierkörpern und großflächigen Tierkörper-  
20 körperteilen ist schließlich aus der DD 247 600 A1 bekannt. Als Trennwerkzeug wird hierbei ein Laserstrahlgerät verwendet, wodurch ein Kontakt von Tierkörpernteilen mit dem Trennwerkzeug vermieden wird.

**[0005]** Die bekannten Verfahren sind zum Teil langwierig und weisen beachtliche Fehlerraten auf. In vielen Fällen sind die Schlachttiere nicht betäubt, sondern lediglich immobilisiert. Durch den Stress, den die Tiere erleiden, wird die Fleischqualität vermindert. Bei den auf mechanischer Einwirkung beruhenden Betäubungsverfahren entsteht ein besonderes Problem noch dadurch, dass aufgrund der mechanischen Zerstörung einer Hirnregion Krankheitserreger in die Blutbahn des Schlachttieres gelangen und das Fleisch verseuchen können. Ein prominentes Beispiel hierfür sind BSE-  
25 Erreger.

**[0006]** Eine Aufgabe der Erfindung ist es, Schlachttiere schnell und sicher auf stressarme Weise irreversibel unter Erfüllung fleischhygienischer Anforderungen zu betäuben.

30 **[0007]** Die Aufgabe wird durch die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche gelöst. Besonders bevorzugte Ausgestaltungen und Weiterentwicklungen werden durch die Unteransprüche beschrieben.

**[0008]** Eine im Rahmen der Tierschlachtung erfolgende Betäubung eines Schlachttieres wird erfindungsgemäß durch wenigstens einen Laserstrahl bewirkt. Der Laserstrahl wird auf den Schädel des Tieres gerichtet und dringt in eine für die Betäubung günstige Hirnzielregion ein. Der wenigstens eine Laserstrahl durchdringt die Schädeldecke. Der Strahl kann durch den Schädelknochen oder eine natürliche Öffnung der Schädeldecke auf die Zielregion gerichtet werden, beispielsweise durch die Augenhöhlen. Der Laserstrahl kann nicht nur von vorn, sondern stattdessen auch von der Seite, von oben oder von hinten in eine Hirnzielregion gerichtet werden, beispielsweise in das verlängerte Rückenmark. So kann beispielsweise auch eine Kombination eines oder mehrerer Strahlen von vorne und eines oder mehrerer Strahlen von hinten in die gleiche oder in mehrere unterschiedliche Zielregionen vorteilhaft sein. Zielregion kann jede für das Schmerz- und Wahrnehmungsvermögen des Tieres verantwortliche Region im Gehirn einschließlich des verlängerten Rückenmarks (medula oblongata) sein. Eine bevorzugte Zielregion ist der Hirnstamm. Bei großen Schlachttieren, insbesondere Rindern, Kälbern, Einhufern, Schweinen und kleinen Wiederkäuern, wird durch den Laserstrahl eine Betäubung bewirkt. Der Tod wird anschließend durch Ausblutung in bekannter Weise herbeigeführt. Bei kleinen Schlachttieren, beispielsweise Geflügel und Kaninchen, kann der Laserstrahl auch unmittelbar zu einer irreversiblen Schädigung und Ausschaltung des zentralen Nervensystems bzw. Gehirns führen. Wenn im folgenden nur von Betäubung die Rede ist, so soll in Bezug auf kleine Schlachttiere eine unmittelbare Herbeiführung des Gehirntods als Alternative eingeschlossen sein.

**[0009]** Die Laserbetäubung erfolgt schnell, irreversibel und vorzugsweise berührungslos und daher mit geringstmöglichem Stress für die Tiere. Vorzugsweise sind die Laserparameter, wie beispielsweise Laserstrahlleistung bzw. Laserpulsenergie, Pulsdauer, Wellenlänge, Strahldurchmesser oder Strahlgröße im Fokus, Anzahl von Laserpulsen und/oder Pulsrate, so gewählt, dass es zu einer Zerstörung von Hirnzellgewebe kommt. Durch Koagulation von Hirnzellgewebe werden eröffnete Blutgefäße wieder verschlossen. Besonders vorteilhaft ist, dass durch laserstrahlinduzierte, thermische Effekte verhindert werden kann, dass Krankheitserreger, die oft nur oder zumindest primär im Hirn angesiedelt sind, durch die Betäubung in die Blutbahn des Schlachttieres gelangen. Ein Beispiel für solche Krankheitserreger sind BSE-Prionen. Durch den Einsatz der erfindungsgemäßen Laserbetäubung wird daher auch den fleischhygienischen Anforderungen in  
55 besonderem Maße Rechnung getragen.

**[0010]** Die Einwirkzeit des Laserstrahls beträgt typischerweise 1 Sekunde oder weniger; bevorzugt beträgt sie nur einen Bruchteil einer Sekunde, beispielsweise höchstens 0.2 Sekunden.

**[0011]** Vorzugsweise wird infrarotes Laserlicht verwendet. Als Beispiele für geeignete Infrarotlaser, die bereits heute zur Verfügung stehen, seien CO<sub>2</sub>-Laser, Thulium/Holmium-Laser, Nd-Laser und Erbium-Laser, aber auch Rubin-Laser genannt. Grundsätzlich ist das gesamte Infrarotspektrum für die Zwecke der Erfindung besonders geeignet. Es kann ein kontinuierlich (cw), quasi-kontinuierlich, oder ein gepulst betriebener Laser verwendet werden. Die Pulsdauern können im Falle eines gepulsten Lasers zwischen einigen Nanosekunden und einigen Millisekunden betragen. Die Pulsrate kann je nach Lasertyp zwischen 1 Hz und 20 kHz betragen. Zur Erzeugung von Pulsen können die Laser moduliert gepumpt oder gütegeschaltet (Q-switch) werden. Die Modulation oder Pulsformung kann auch extern mittels geeigneter Modulatoren erfolgen, beispielsweise mittels akustooptisch oder elektrooptischer Modulatoren. Beispielhaft sind in der nachfolgenden Tabelle bevorzugte Laser angegeben:

Lasertyp	$\lambda$	PD	RR	E/P	P
CO <sub>2</sub>	10.6 $\mu\text{m}$	cw und quasi cw			100 W – 20 kW
Thulium/ Holmium	1.9 – 2.2 $\mu\text{m}$	100 $\mu\text{s}$ – 20 ms	1 – 40 Hz	1- 30 J	
Nd: YAG	1064 nm	cw und gepulst	1 – 10 kHz	0.2 – 1 J	100W – 4 kW
Er:YAG	2.94 $\mu\text{m}$	10 ns – 500 $\mu\text{s}$	1 – 10 Hz	0.2 – 2 J	

$\lambda$ : Wellenlänge

PD: Pulsdauer

RR: Pulsrate, Repetitionsrate

E/P: Energie pro Puls

P: Laserleistung

**[0012]** Eine irreversible Betäubung wird nach Durchdringung der Schädeldecke mittels eines zweiten Laserstrahls durch gezielte Zerstörung oder Schädigung von einer oder mehreren Hirnregionen bewirkt, die für das Schmerz- und Wahrnehmungsvermögen des Tieres verantwortlich sind. Laserinduzierte, thermische Effekte in der Umgebung des direkt bestrahlten Hirngewebes erhöhen die Sicherheit der Betäubung. Insbesondere führt die sogenannte thermische Koagulationszone um den lasererzeugten Zerstörungskanal herum zu einer Versiegelung des Gewebes, die eine Verschleppung von Krankheitserregern aus dem Gehirn sicher verhindert. Durch den zweiten Laserstrahl werden akustische Effekte in der Umgebung des direkt bestrahlten Hirngewebes erzielt. So kann durch die Laserbestrahlung in der Zielregion ein Druckpuls aus dem Bereich von vorzugsweise 10 bis 1000 bar erzeugt werden. Der Druckpuls breitet sich mit einer Ausbreitungsgeschwindigkeit von etwa 1300 bis 1500 m/s über das Gehirn aus. Die Druckerhöhung kann durch thermische Ausdehnung des Zellverbands, durch Verdampfung, durch Plasmaerzeugung oder eine Kombination von mehreren dieser drei Effekte erzeugt werden. Die Betäubung erfolgt innerhalb weniger Millisekunden. Die Betäubung kann auch mit einer Kombination der Lasereffekte – der Zerstörung, der thermischen Denaturierung und der akustischen Defunktionalisierung – herbeigeführt werden. Die thermische Denaturierung und auch die druckwellenerzeugte Defunktionalisierung größerer Gehirnareale führt jedoch vorzugsweise nicht zu einer mechanischen Auflösung von Hirnstrukturen. Es wird vielmehr eine thermische Umwandlung von Zellgewebe oder funktionelle Ausschaltung des Schmerz- und Wahrnehmungsvermögens unter Beibehaltung der Gewebsintegrität erzielt. Im weiteren können Schlachtkörperschäden, beispielsweise aufgrund schlechter Ausblutung, verhindert werden.

**[0013]** In bevorzugten Ausführungen der Erfindung werden mehrere Laserstrahlen gleichzeitig auf den Schädel des Tieres in Richtung auf eine gemeinsame Zielregion gerichtet. Vorzugsweise werden die mehreren Laserstrahlen aus unterschiedlichen Richtungen auf die Zielregion fokussiert und gleichzeitig ausgelöst. In einer bevorzugten Weiterentwicklung werden mehrere Laserstrahlen gleichzeitig auf mehrere ausgewählte Hirnpartien oder auf unterschiedliche Orte einer einzigen Zielregion gerichtet und dort zur Wirkung gebracht. Mehrere verschiedenartige Laser können auch aufeinander abgestimmt getaktet Laserpulse auf eine gemeinsame Zielregion oder mehrere Zielregionen richten, vorzugsweise um akustische Stoß- oder Druckwellen zu erzeugen.

**[0014]** Insbesondere bei großen Schlachtieren ist es von Vorteil, wenn die wenigstens zwei Laserstrahlen in die gleiche Zielregion eingestrahlt werden, wobei der erste der wenigstens zwei Laserstrahlen einen Zerstörungskanal und vorzugsweise auch bereits eine Perforation der Schädeldecke erzeugt und der durch die Perforation in den Zerstörungskanal tretende zweite Laserstrahl die endgültige Betäubung bewirkt. Der zweite Laserstrahl kann zeitlich versetzt nach dem ersten Laserstrahl oder vereinigt mit dem ersten Laserstrahl auf der gleichen Strahlachse auf den Tierschädel gerichtet werden. Die Aufgabentrennung ermöglicht die Auswahl von wenigstens zwei Lasern, die in Bezug auf die jeweilige Funktion, zum einen die Schaffung eines Zerstörungskanals, vorzugsweise einschließlich der Durchdringung von hartem Knochengewebe und/oder Knorpelgewebe, und zum anderen die akustische Defunktionalisierung und gegebenenfalls auch noch die thermische Denaturierung optimiert gewählt sind und betrieben werden. Bei jedem dieser zwei Laserstrahlen handelt es sich um einen für die jeweilige Funktion optimierten Laserstrahl.

**[0015]** Für die Schaffung des Zerstörungskanals wird ein Laser verwendet, für dessen Laserlicht das Zellgewebe einen

hohen Absorptionsgrad aufweist. Die Wellenlänge des Laserlichts beträgt vorzugsweise 1 bis 12  $\mu\text{m}$ . Der Laser wird vorzugsweise kontinuierlich oder quasi kontinuierlich betrieben und hat eine hohe Ausgangsleistung von wenigstens 100 W und gegebenenfalls bis zu 20 kW. Die Laserleistung wird zweckmäßigerweise in Abhängigkeit von der Tierart gewählt. Der Strahldurchmesser solch eines Schneidlasers sollte zwischen 1 und 6 mm betragen. Als Schneidlaser bieten sich insbesondere CO<sub>2</sub>-Laser, Holmium-Laser oder Thulium-Laser an.

**[0016]** Ein Laser für die thermische Denaturierung sollte Laserlicht erzeugen, das von dem Zellgewebe mit einem mittleren Absorptionsgrad absorbiert wird und tief in das Zellgewebe eintritt. Das Laserlicht eines solchen Lasers weist vorzugsweise eine Wellenlänge im nahen Infrarot auf, vorzugsweise aus dem Bereich von 800 nm bis 2  $\mu\text{m}$  auf. Der Laser wird kontinuierlich oder quasi kontinuierlich mit einer Leistung betrieben, die in der Regel niedriger ist, etwa um eine Größenordnung (10er-Potenz), als diejenige des Schneidlasers, jeweils auf die zu betäubende Tierart bezogen. Als Laser für die thermische Denaturierung bieten sich Nd-Laser, beispielsweise diodengepumpte Festkörperlaser, oder Laserdioden an. Der Strahldurchmesser ist an den des Schneidlasers angepasst.

**[0017]** Als Laser für die Erzeugung von akustischen Stoßwellen kommen vorzugsweise gepulste Laser mit Pulsdauern von einigen Mikrosekunden bis in den Nanosekundenbereich zum Einsatz. Die Pulsdauer, die Pulsenergie, die Wellenlänge, der Durchmesser, die Anzahl der Laserpulse und, falls mehrere Pulse erzeugt werden, die Repetitionsrate sind derart aufeinander abgestimmt, vorzugsweise auch tierartsspezifisch und/oder gewebespezifisch abgestimmt, dass ein oder mehrere Druckpulse in einer für die irreversible Betäubung ausreichenden Stärke und Dauer erzeugt werden. Die Druckerhöhung kann durch thermische Anregung des Zellverbands und die damit einhergehende Ausdehnung, durch Verdampfung, durch Plasmaerzeugung oder eine Kombination von mehreren dieser drei Effekte erzeugt werden. Die Laserenergie sollte pro Puls einige Joule betragen. Im Falle geringerer Pulsenergie eines Einzellasers werden vorzugsweise mehrere Strahlen verwendet, gegebenenfalls auch zusammengeführt und überlagert. Für die Betäubung mittels akustischer Stoßwellen können beispielsweise gepulste Nd-Laser oder Rubin-Laser verwendet werden.

**[0018]** Die erfindungsgemäße Laserbetäubung kann auch in Kombination mit einem Bolzenschussverfahren zum Einsatz gelangen. So kann die Schädeldecke des Tieres statt mittels eines Schneidlasers mit einem kurzen Bolzen durchdrungen werden, der jedoch nicht so weit eindringt, dass durch den Bolzen eine mechanische Zerstörung von Hirnzellen bewirkt werden kann. Vorzugsweise wird der Bolzen mechanisch zurückgehalten, um die maximale Eindringtiefe festzulegen. Unmittelbar nach der mechanischen Perforation findet die Laserbetäubung statt. Falls ein Hohlbolzen verwendet wird, kann der Laserstrahl koaxial durch den hohlen Bolzen gerichtet werden.

**[0019]** Um heiße oder gar brennende Ablationsprodukte von einer Eindringstelle abzuführen oder abzulöschen, ist in bevorzugten Ausführungsbeispielen eine Fluidführungseinrichtung vorgesehen, mittels der die Eindringstelle mit einem Spülfluid oder zum Ersticken von Verbrennungsreaktionen mit einem Löschfluid kontinuierlich oder pulsweise beaufschlagbar ist. Als Spül- und/oder Löschfluid wird vorteilhafterweise ein Gas, vorzugsweise CO<sub>2</sub>, verwendet. Als reines Spülfluid kann auch Luft Verwendung finden. Immerhin können durch den Spüleffekt Abschattungen, welche die Effizienz des Laserstrahls verschlechtern können, reduziert werden. Mit einem Spül- und Löschfluid, wie beispielsweise CO<sub>2</sub> oder Stickstoff, können zusätzlich auch Carbonisierungen entlang des Laserstrahls vermindert werden.

**[0020]** Vor der Betäubung kann eine Kälteanästhesie durchgeführt werden, indem ein kaltes Fluid, beispielsweise Stickstoff aus einem Flüssigstickstoffreservoir, mit Druck auf die zu durchdringende Stelle des Tierschädels gerichtet wird. Vorzugsweise wird Flüssigstickstoff in Form eines Aerosols von fein verteilten Tröpfchen auf den Tierschädel gerichtet. Mittels der Kälteanästhesie kann das Tier vorteilhafterweise ruhiggestellt werden.

**[0021]** Besonders bevorzugt werden die Laserstrahlen durch eine bewegbare Laserplattform automatisch geführt. Die Laserbetäubung ist jedoch auch bei Verwendung eines manuell betätigbaren Lasers, beispielsweise einer Laserpistole, vorteilhaft. Die Laserplattform wird vorzugsweise von einem Roboter gebildet. Ein Laser – oder bevorzugter nur ein Laserstrahlführungssystem für einen oder mehrere Laser – ist an einem Arm des Roboters angeordnet, dessen Bewegbarkeit ausreichend groß ist, um ihn in Schussposition relativ zu dem lebenden Schlachttier bringen zu können. Auf der bewegbaren Plattform, insbesondere dem Roboterarm, können mehrere Strahlführungssysteme angeordnet sein. Sollen mehrere Laserstrahlen aus unterschiedlichen Richtungen auf den Schädel des Schlachttieres gerichtet werden, so ist jedes der mehreren Strahlführungssysteme in einer bevorzugten, ersten Ausführung je auf einem Arm eines mehrarmigen Roboters angeordnet. In einer bevorzugten, zweiten Ausführung ist ein Laserstrahlführungssystem auf einer bewegbaren Plattform so ausgebildet, dass mehrere Laserstrahlen mit unterschiedlichen Richtungen von der Plattform oder im Falle mehrerer solcher Plattformen pro Plattform abgestrahlt werden können.

**[0022]** Um die Masse der bewegbaren Plattform so gering als möglich zu halten und hierdurch raschere Bewegungen und damit einhergehend schnellere Reaktionen auf Bewegungen des Tieres zu ermöglichen, wird in bevorzugten Ausführungen der Laser selbst, d. h. die Laserquelle, nicht unmittelbar auf der bewegbaren Plattform, sondern an einer Trageeinrichtung für die Plattform oder ganz und gar stationär, aber möglichst in räumlicher Nähe zu der Plattform, angeordnet. Die in diesem Fall besonders bewegliche Plattform trägt nur das Strahlführungssystem oder nur den letzten Teil des Strahlführungssystems, vorzugsweise nur eine Strahlausgangsoptik, die aus einer einzigen Linse oder im Falle mehrerer Strahlen je einer einzigen Linse pro Strahl bestehen kann. Als Strahlführungssystem kommt sowohl ein reines Spiegelsystem als auch ein System mit einer oder mehreren optisch leitenden Fasern, insbesondere Quarzfasern, mit entsprechenden Ein- und Auskopplungsgliedern, oder auch eine Kombination aus Spiegel und Faser in Betracht. Die Verlagerbarkeit des Lasers, d. h. der Laserquelle, weg von dem Ort der höchsten Beweglichkeit und die flexible Lenkbarkeit des Laserstrahls sind ein weiterer Vorteil für die Laserbetäubung. Eine körperlose Strahlübertragung auf die bewegbare Plattform verbessert deren Beweglichkeit.

**[0023]** Um mehrere Laserstrahlen zu einem Strahl vereinen oder zeitlich hintereinander versetzt mit gleicher Richtung auf die gleiche Stelle am Tierschädel richten zu können, weist ein Strahlführungssystem bevorzugterweise eine Einrichtung zur Strahlzusammenführung auf. Ein Lasersystem, mit dem mehrere Laserstrahlen gleichzeitig oder in zeitlicher Abfolge aus unterschiedlichen Richtungen und gegebenenfalls auf unterschiedliche Orte des Tierschädels gerichtet werden, kann mit mehreren Lasern, beispielsweise je ein Laser zur Erzeugung je eines der Laserstrahlen, oder auch mittels einer Einrichtung zur Strahlaufteilung in einem Strahlführungssystem realisiert werden. Erfolgt eine Strahlaufteilung, so

können die mehreren Laserstrahlen entweder von einem einzigen Laser oder auch von mehreren Lasern erzeugt werden.

**[0024]** Ein Roboter als Träger der Vorrichtung kann grundsätzlich in der Art von Fertigungsrobotern, beispielsweise Schweißrobotern, ausgeführt sein, wie sie in der Fertigung, beispielsweise von Automobilen, zum Einsatz gelangen. Die Betäubung von Schlachttieren weist jedoch als weiteren Schwierigkeitsgrad auf, dass die lebenden Tieren niemals absolut ruhig gehalten werden können, sondern letztlich nicht exakt vorhersagbare Bewegungen, zumindest Kopfbewegungen, ausführen. Die Laserplattform oder die vorzugsweise von einem Roboter gebildete Trageeinrichtung für die Plattform umfasst daher in bevorzugten Ausführungen eine Zieleinrichtung für den oder die mehreren Laserstrahlen. Die Zieleinrichtung bestimmt mittels Messung den Ort und die Position bzw. Lage des Schädels des Schlachttieres im Raum und richtet den oder die Laserstrahlen automatisch auf die Zielregion aus. In der ausgerichteten Position wird der oder werden die mehreren Laser von der Zieleinrichtung ausgelöst. Für diese Aufgaben kann ein bewegbarer Roboter individuell mit einem Computer bestückt sein, um autonom arbeiten zu können. Der Roboter kann jedoch auch mit einem Computer verbunden sein, der an einer zentralen Stelle einer Schlachthanlage oder in einer Betäubungsstation mit einem oder vorzugsweise mehreren zwar abgestimmt betriebenen, aber unabhängig voneinander bewegbaren Robotern angeordnet und mit dem einen oder den mehreren Robotern in geeigneter Weise für einen Datentransfer verbunden ist.

**[0025]** Zur Bestimmung der Zielregion verfügt die Zieleinrichtung über eine Erkennungseinheit, die durch Vergleich von Messdaten, die bis zur Auslösung des Lasers an dem jeweiligen Schlachttier aufgenommen worden sind, und vorgegebenen, für die Schlachttierart spezifischen Daten die Zielregion als solche identifiziert. Zur besseren Zielerkennung kann eine Farbmarkierung am Tier, die manuell oder maschinell aufgetragen wurde, hilfreich sein.

**[0026]** Die Abtastung kann im sichtbaren Spektralbereich, im infraroten Bereich, mittels Ultraschallwellen oder mittels eines tomographischen Verfahrens, beispielsweise eines Röntgenstrahl-, Kernspinresonanz- oder Positronenstrahlverfahrens, erfolgen. Während optische Verfahren eine Koordinatenbestimmung der Zielregion nur auf indirektem Wege zulassen, was jedoch grundsätzlich für die Koordinatenbestimmung ausreichend ist, kann die Zielregion mittels der tomographischen Verfahren unmittelbar identifiziert und ihre Koordinaten können besonders präzise und rasch ermittelt werden.

**[0027]** Die vorgegebenen, für die jeweilige Schlachttierart spezifischen Daten sind vorzugsweise in Form eines Expertensystems in einem Speicher des Computers abgelegt. Es können sogar für mehrere Schlachttierarten spezifische Daten gespeichert sein, so dass die Erkennungseinheit in der Lage ist, vor der individuellen Orts- und Lagebestimmung auch automatisch die Art des Schlachttieres, beispielsweise Rind oder Schwein, zu erkennen. Die tierartspezifischen Daten repräsentieren vorteilhafterweise ein dreidimensionales Modell des Schädels einer Schlachttierart oder von mehreren Schlachttierarten. Das System verfügt vorzugsweise über die Fähigkeit, das gespeicherte Modell in Abhängigkeit von den tatsächlichen Messdaten, die an dem ersten oder den ersten Tieren einer Gruppe aufgenommen worden sind, anzupassen. So kann ein für eine Tierart, beispielsweise Rinder, allgemein vorgegebenes Schädelmodell flexibel auf Rasse und/oder Alter bzw. Größe der Tiere der jeweils für einen Schlachtgang vorgesehenen Gruppe verfeinert und/oder korrigiert und anschließend die Zielerkennung und Koordinatenbestimmung auf der Basis des angepassten Modells durchgeführt werden.

**[0028]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen erläutert. Anhand der Ausführungsbeispiele offenbart werdende Merkmale bilden je einzeln und in jeder offenbarten Merkmalskombination die Gegenstände der Ansprüche weiter. Es zeigen:

**[0029]** Fig. 1 eine Vorrichtung für eine Schlachttierbetäubung mit einem Laser,

**[0030]** Fig. 2 eine Vorrichtung mit zwei Lasern,

**[0031]** Fig. 3 eine Betäubungsstation mit mehreren Robotern und

**[0032]** Fig. 4 Laserfunktionen.

**[0033]** Fig. 1 zeigt in schematischer Darstellung eine Vorrichtung für die Betäubung eines Schlachttieres mittels Laserbestrahlung. Die Vorrichtung umfasst einen Laser **1** und ein Laserstrahlführungssystem **3**, mit dem ein von dem Laser **1** emittierter Laserstrahl **2** auf einen Tierschädel **10** gerichtet und in eine Zielregion im Gehirn fokussiert wird. Zum Zwecke der Automatisierung umfasst die Vorrichtung ferner eine Zielerkennung **6** und eine Kontrolleinheit **8**, die für einen Datentransfer über einen Datenbus **7** miteinander verbunden sind. Der Datentransfer kann leitungsgebunden oder leitungsungebunden, beispielsweise per Funk, erfolgen. Die Zielerkennung **6** und die Kontrolleinheit **8** können auch in integrierter Bauweise ausgeführt sein. Die Kontrolleinheit **8** ist über einen Datenbus **9** mit dem Laser **1** verbunden.

**[0034]** Die Vorrichtung ist ferner mit einer Fluidführungseinrichtung **11** ausgestattet. Die Fluidführungseinrichtung **11** ist mit einem Fluidreservoir verbunden und weist Blasdüsen auf, um beispielsweise CO<sub>2</sub>-Gas auf den Tierschädel **10** zu richten, insbesondere auf die Eindringstelle des Laserstrahls **2**. Durch die Fluidbeaufschlagung werden an der Eindringstelle eventuell hervorgerufene Verbrennungsreaktionen erstickt und heiße Ablationsprodukte entfernt. Zur Koordinierung von Laserpuls und Fluidfluss oder bevorzugt Fluidpuls ist die Fluideinrichtung **11** über einen Datenbus **15** mit der Kontrolleinheit **8** verbunden.

**[0035]** Die in Fig. 1 dargestellten Komponenten sind auf einem Roboter angeordnet, der innerhalb einer Betäubungsstation, der die Schlachttiere zugeführt werden, bewegbar angeordnet ist. Der Roboter verfügt über wenigstens einen bewegbaren Arm, der Bewegungen des Tierschädels **10** verzugslos nachgeführt wird. Der Roboterarm dient als Plattform für das Strahlführungssystem. Während der Laser **1** und ein die Einkopplung für den Laserstrahl **2** umfassender Teil des Strahlführungssystems **3** auf dem Roboter vor dem bewegbaren Roboterarm angeordnet sind, ist ein vorderer Teil **5** des Strahlführungssystems **3** auf dem bewegbaren Roboterarm angeordnet. Der Roboterarm und eine motorische Einheit zum Bewegen des Arms sind zusammen mit **4** bezeichnet. Die optische Verbindung zwischen der Haupteinheit des Roboters und dem die vordere Optik **5** tragenden Roboterarm **4** oder Roboterarmteil wird durch eine optische Faser oder masselos durch Spiegel gebildet.

**[0036]** Die Zielerkennung **6** ist mit einer Videokamera als Abtastglied ausgestattet. Statt einer Zielauffassung im sichtbaren Spektralbereich oder in Kombination damit können die für die Zielerkennung und Koordinatenbestimmung erforderlichen Zieldaten auch mit Infrarotsensorik, Ultraschallsensorik, einer Sensorik für eine tomographische Messdatenaufnahme oder einer Kombination der genannten Messverfahren aufgenommen werden. Die aufgenommenen Zieldaten

werden in der Zieleinrichtung **6** verarbeitet und daraus die Zielkoordinaten für den Laserstrahl **2** bestimmt und über den Datenbus **7** der Kontrolleinheit **8** zugeführt. Eine Arbeitsteilung zwischen der Zieleinrichtung **6** und der Kontrolleinheit **8** kann auch dergestalt sein, dass über den Datenbus **7** die Messdaten übertragen werden und die Zielkoordinatenbestimmung von der Kontrolleinheit **8** durchgeführt wird.

5 **[0037]** Die Kontrolleinheit **8** steuert den Laser **1** und die motorische Einheit für den Roboterarm **4**. Sobald die Zielkoordinaten bestimmt und der Laserstrahl **2** auf die Zielregion in dem Tierschädel **10** ausgerichtet ist, wird der Laser **1** und ein Fluidpuls bei **11** ausgelöst. Der Laserstrahl **2** durchdringt die Schädeldecke und erzeugt einen Zerstörungskanal durch das Hirnzellgewebe. Der Zerstörungskanal erstreckt sich durch oder zumindest bis in ein Hirnareal, das für das Schmerz- und Wahrnehmungsvermögen des Tieres verantwortlich ist. Bereits diese Auflösung von Hirnstruktur wird in vielen Fäl-  
10 len ausreichen, das Tier dauerhaft zu betäuben. Zellgewebe wird bei einer Zerstörung augenblicklich koaguliert. Bereits durch den Laserstrahl selbst wird somit verhindert, dass Krankheitserreger freigesetzt und in die Blutbahn gelangen können. Vorzugsweise wird ein Laser **1** verwendet, dessen Strahl nicht nur den Zerstörungskanal schafft, sondern darüber hinaus in einem für die Betäubung nennenswerten Ausmaß Zellgewebe in der Umgebung des Zerstörungskanals thermisch denaturiert. Durch die thermische Denaturierung als weitere Laserfunktion wird das strukturell irreversibel ge-  
15 schädigte Hirnareal vergrößert und damit die Nachhaltigkeit der Betäubung erhöht. Besonders bevorzugt wird der Laser **1** darüber hinaus auch derart betrieben, dass in der Zielregion eine oder mehrere akustische Stoß- oder Druckwellen mit einer Amplitude erzeugt werden, die bereits alleine oder zumindest in Verbindung mit der Auflösung und/oder der thermischen Denaturierung für eine irreversible Betäubung des Tieres ausreicht. Für die akustische Denaturierung wird der Laserstrahl **2** in die Hirnzielregion fokussiert und erzeugt dort durch Zellgewebsausdehnung und/oder Verdampfung und/  
20 oder Plasmaerzeugung im Zellgewebe und/oder Zellflüssigkeit augenblicklich einen Druckpuls von wenigstens 10 bar, der aber durchaus auch 1000 bar betragen kann.

**[0038]** Die Zieleinrichtung **6** oder zumindest das Abtastglied oder die mehreren Abtastglieder der Zieleinrichtung **6** ist ebenfalls den Bewegungen des Tierschädels **10** nachführbar angeordnet. Auch für die Fluidführungseinrichtung **11** kann eine bewegliche Anordnung zum Zwecke der Nachführung vorteilhaft sein.

25 **[0039]** Fig. 2 zeigt in einem abgewandeltem Beispiel eine Vorrichtung mit zwei Lasern **1a** und **1b**, deren emittierte Laserstrahlen **2a** und **2b** in einer Strahlzusammenführung **3a** des Strahlführungssystems **3** vereint werden. Der vereinte Laserstrahl **2** wird mittels des Roboterarms **4** und der darauf angeordneten Strahlausgangsoptik **5** auf die Zielregion im Tierschädel **10** gerichtet und in die Zielregion fokussiert. Die Laser **1a** und **1b** werden von der Kontrolleinheit **8** über je eine Steuerverbindung **9a** und **9b** angesteuert.

30 **[0040]** Durch die Strahlzusammenführung **3a** können mehrere Laserstrahlen zu einem im Vergleich zu den Einzelstrahlen intensiveren Laserstrahl **2** vereint werden, falls mit gleicher Wellenlänge emittierende Laser **1a** und **1b** verwendet und mit gleicher Phase zusammengeführt werden. Im Ausführungsbeispiel erfüllen die Laser **1a** und **1b** jedoch unterschiedliche Funktionen. Der eine der beiden Laser **1a** und **1b** erzeugt einen Laserstrahl, der zur Durchdringung bzw. Perforation der Schädeldecke und Schaffung eines Zerstörungskanals geeignet ist, und der andere der Laser **1a** und **1b** ist  
35 in Bezug auf die Herbeiführung der Betäubung durch thermische und/oder akustische Denaturierung optimiert. Die Laser **1a** und **1b** werden durch entsprechende Ansteuerung seitens der Kontrolleinheit **8** über das Strahlführungssystem **3** entweder in einem vereinten Laserstrahl **2** oder in zeitlich versetzter Abfolge sequenziert ausgelöst.

**[0041]** Fig. 3 zeigt eine Betäubungsstation mit vier Robotern **13** von denen je ein Paar links und rechts von einer zwischen den Paaren von Robotern **13** durchlaufenden Fördereinrichtung **12** angeordnet sind. Die Fördereinrichtung **12** wird  
40 durch ein Förderband, vorzugsweise ein Brustförderband, gebildet, auf dem die Schlachttiere **14** vereinzelt, eines hinter dem anderen zwischen den beiden Roboterpaaren kontinuierlich hindurchgefördert werden. Die Roboter **13** laufen auf geschlossenen Bahnen um. Die Umlaufbahnen weisen der Fördereinrichtung **12** unmittelbar benachbarte Bahnabschnitte auf, die ein Stück weit parallel neben der Fördereinrichtung **12** verlaufen. Zumindest innerhalb dieser Bahnabschnitte bewegen sich die Roboter **13** mit der Geschwindigkeit der Fördereinrichtung **12**.

45 **[0042]** Die Fördereinrichtung **12** und die Umlaufbewegung der Roboter **13** ist derart synchronisiert, dass das Schlachttier **13** beim Einlauf zwischen die Umlaufbahnen links und rechts von je einem der Roboter **13** empfangen, und während des Durchlaufs zwischen den beiden Umlaufbahnen von diesen Robotern **13** begleitet wird. Die Fördergeschwindigkeit und die Wegstrecke der Begleitung sind so bemessen, dass eine Zielerkennung und Koordinatenbestimmung der Zielregion oder der mehreren Zielregionen im Tierschädel durchgeführt, wenigstens ein bewegbarer Arm **4** von wenigstens ein-  
50 nem der beiden Roboter **13** ausgerichtet, stochastischen Bewegungen des Tieres **14** nachgeführt und der wenigstens eine Laserstrahl zielgenau in die Zielregion eingestrahlt werden kann. Die streckenweise Begleitung, vorzugsweise wie im Ausführungsbeispiel beidseitig, ist für die Aufnahme der für die Zielerkennung und Zielkoordinatenbestimmung erforderlichen Messdaten vorteilhaft. Durch die Anordnung von mehr als einem Roboter **13** zu einer Seite der Fördereinrichtung **12** kann die Taktrate der Betäubungsstation erhöht werden.

55 **[0043]** In Fig. 4 sind drei bei der erfindungsgemäßen Laserbetäubung angewendete Laserwirkungen bzw. Laserfunktionen schematisch dargestellt. Obgleich besonders bevorzugt alle drei Laserfunktionen in Kombination zum Zwecke der Betäubung zur Anwendung gelangen, kann eine erfindungsgemäße Laserbetäubung auch unter Rückgriff auf lediglich eine Kombination von zwei dieser Laserfunktionen oder grundsätzlich auch nur unter Realisierung einer einzigen Laserfunktion durchgeführt werden. Für die beispielhafte Darstellung wird angenommen, dass drei verschiedenartige Laser  
60 eingesetzt werden.

**[0044]** Ein Schneidlaser erzeugt einen ersten Laserstrahl **2**, der einen Zerstörungskanal I durch die Schädeldecke des Tieres und im Gehirn bis in die Zielregion Z, im Beispielfall der Hirnstamm, schafft. Die Perforation des Schädelknochens und der Zerstörungskanal I im Hirnzellgewebe können auch mittels zwei, eigens in Bezug auf die in diesem Fall aufgeteilten Funktionen optimierten Laserstrahlen erfüllt werden. Im angenommenen Beispielfall, in dem die durch den Schneidstrahl **2** bewirkte Zerstörung im Hirnstamm und die durch den Schneidstrahl bewirkte thermische Denaturierung  
65 von unmittelbar an den Kanal I grenzendem Zellgewebe allein für eine irreversible Betäubung noch nicht ausreichen, wird ein von einem weiteren, zweiten Laser erzeugter Laserstrahl entweder zusammen mit dem Schneidstrahl oder unmittelbar nach dem Schneidstrahl durch den Zerstörungskanal I auf die Zielregion Z eingestrahlt. Der zweite Laser wird

mit dem Ziel einer optimalen, räumlich ausgedehnten, thermischen Denaturierung von Zellgewebe ausgewählt und betrieben. Durch die Wechselwirkung des zweiten Laserstrahls mit dem Zellgewebe entsteht in der Zielregion Z und um den Zerstörungskanal I eine Zone II, in der das Zellgewebe thermisch denaturiert ist. Dabei kommt es auch zu einer Gewebekoagulation, so dass Blutgefäße verschlossen werden und keine Krankheitserreger in die Blutbahn gelangen können. Ferner wird von einem dritten Laser ein dritter Laserstrahl erzeugt und durch den Zerstörungskanal I hindurch auf die Zielregion Z fokussiert. Der dritte Laser wird gepulst betrieben mit solch einer Pulsdauer und Pulsenergie sowie gegebenenfalls einer Repetitionsrate, dass in der Zielregion Z durch Gewebsausdehnung, Verdampfung oder Plasmaerzeugung oder eine Kombination dieser Effekte ein Druckpuls erzeugt wird, der eine irreversible, funktionale Schädigung der Hirnstruktur bewirkt. Die Zone der akustischen Denaturierung ist mit III bezeichnet. Die entstehenden Druckpulse breiten sich typischerweise in Form von Kugelwellen konzentrisch in der Zielregion Z und um die Zielregion Z aus.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Betäubung eines Schlachttieres, umfassend:
  - a) einen ersten Laser (1a), der Laserlicht mit einer Wellenlänge emittiert, die zur Schaffung eines sich durch Hirnzellgewebe des Schlachttieres erstreckenden Zerstörungskanals (I) geeignet ist,
  - b) einen zweiten Laser (1b) zur Erzeugung von einer oder mehreren akustischen Stoßwellen in einer für das Schmerz- und Wahrnehmungsvermögen verantwortlichen Hirnzielregion des Schlachttieres
  - c) und ein Laserstrahlführungssystem (3), mit dem ein Laserstrahl (2a) des ersten Lasers (1a) und ein Laserstrahl (2b) des zweiten Lasers (1b) mit gleicher Strahlachse auf die Hirnzielregion gerichtet werden können.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Laser (1a) Laserlicht einer zur thermischen Denaturierung von Hirnzellgewebe geeigneten Wellenlänge emittiert.
3. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung wenigstens zwei verschiedenartige Laser (1a, 1b) umfasst und die wenigstens zwei Laser (1a, 1b) mit Zellgewebe derart wechselwirken, dass die Laserfunktionen "Schaffung eines Zerstörungskanals (I) bis in eine Hirnzielregion", "thermische Denaturierung von Hirnzellgewebe" und "Erzeugung wenigstens einer akustischen Stoss- oder Druckwelle" erfüllt werden, wobei die Betäubung durch die Laserfunktion "Erzeugung wenigstens einer akustischen Stoss- oder Druckwelle" alleine oder durch eine Kombination dieser Laserfunktion mit wenigstens einer der zwei anderen Laserfunktionen herbeigeführt wird.
4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Laserstrahl (2a; 2b) einen Durchmesser von wenigstens 1 mm und vorzugsweise höchstens 6 mm aufweist.
5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Laserstrahlführungssystem (3) oder nur ein vorderer Teil (5) des Laserstrahlführungssystems (3), aus dem der Laserstrahl (2a; 2b) austritt, auf einer bewegbaren Plattform (4), vorzugsweise einem bewegbaren Arm (4) eines Roboters (13), angeordnet ist.
6. Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Plattform (4) relativ zu den Lasern (1a, 1b) bewegbar ist.
7. Vorrichtung nach einem der zwei vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere bewegbare Plattformen (4), vorzugsweise wenigstens zwei bewegbare Roboter (13) mit bewegbaren Roboterarmen (4), vorgesehen sind, die im Wechsel betrieben werden.
8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Laserstrahlführungssystem (3) mit wenigstens einer Strahlzusammenführung (3a) für die Laserstrahlen (2a, 2b) vorgesehen ist.
9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Laserstrahlführungssystem mit wenigstens einer Strahlaufteilung für wenigstens einen der Laserstrahlen (2a; 2b) vorgesehen ist.
10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung eine Fluidführungseinrichtung (11) umfasst, mittels der ein Wirkort des ersten Laserstrahls (2a) mit einem Fluid, vorzugsweise gasförmiges CO<sub>2</sub>, beaufschlagbar ist, um ein Ablationsprodukt zu entfernen und/oder abzulöschen.
11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung eine Zieleinrichtung (6; 6, 8) für eine Ausrichtung der Laserstrahlen (2a, 2b) auf die Hirnzielregion umfasst.
12. Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Zieleinrichtung (6; 6, 8) ein Abtastglied zur Abtastung des Schlachttieres und Erzeugung eines Abtastsignals und eine Erkennungseinheit umfasst, der das Abtastsignal zugeführt wird und die mittels des Abtastsignals die Koordinaten der Zielregion bestimmt.
13. Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Abtastung im sichtbaren Spektralbereich, im infraroten Spektralbereich, mittels Ultraschallwellen oder mittels eines tomographischen Verfahrens oder mehreren dieser Abtastverfahren erfolgt.
14. Verwendung der Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche zur Betäubung eines Rindes, Kalbes, Einhufers, Schweins oder kleinen Wiederkäuers im Rahmen der Schlachtung.
15. Verfahren zur Betäubung eines Schlachttieres, bei dem:
  - a) mit einem ersten Laserstrahl (2a) ein Zerstörungskanal (I) in dem Gehirn des Tieres erzeugt wird
  - b) und ein zweiter Laserstrahl (2b) durch den Zerstörungskanal (I) auf eine Zielregion in dem Gehirn des Tieres gerichtet wird und einen oder mehrere Druckpulse erzeugt, durch den oder die die Betäubung herbeigeführt wird.
16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Laserstrahl (2b) im Gehirn des Tieres einen oder mehrere Druckpulse von wenigstens 10 bar erzeugt.
17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich eine thermische Denaturierung von Zellgewebe im Gehirn des Tieres herbeigeführt wird.
18. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass der erste und der zweite Laser-

## DE 100 50 560 C 2

strahl (2a, 2b) zusammengeführt und vereint auf den Schädel (10) des Tieres gerichtet werden.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass der erste und der zweite Laserstrahl (2a, 2b) in einer zeitlich versetzten Abfolge auf den Schädel (10) des Tieres gerichtet werden.

5 20. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Schlachtier zu einer wenigstens einen Laser (1; 1a, 1b) umfassenden Laserplattform (4) transportiert wird, eine Zieleinrichtung (6) das Tier erfasst, und das Tier bei einem Weitertransport von der Laserplattform (4) zumindest bis zu der Laserbetäubung begleitet wird.

10

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65



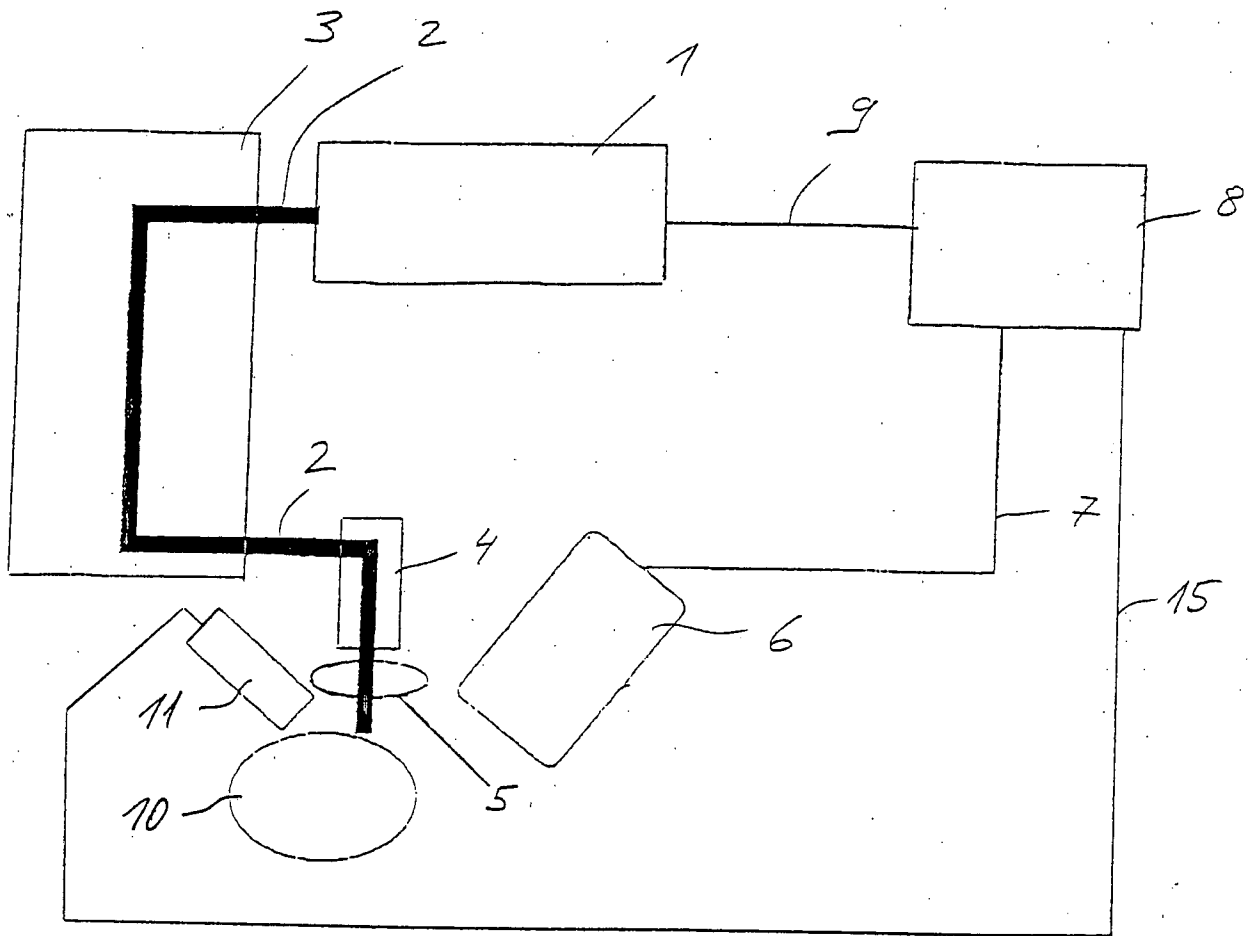


Fig. 1

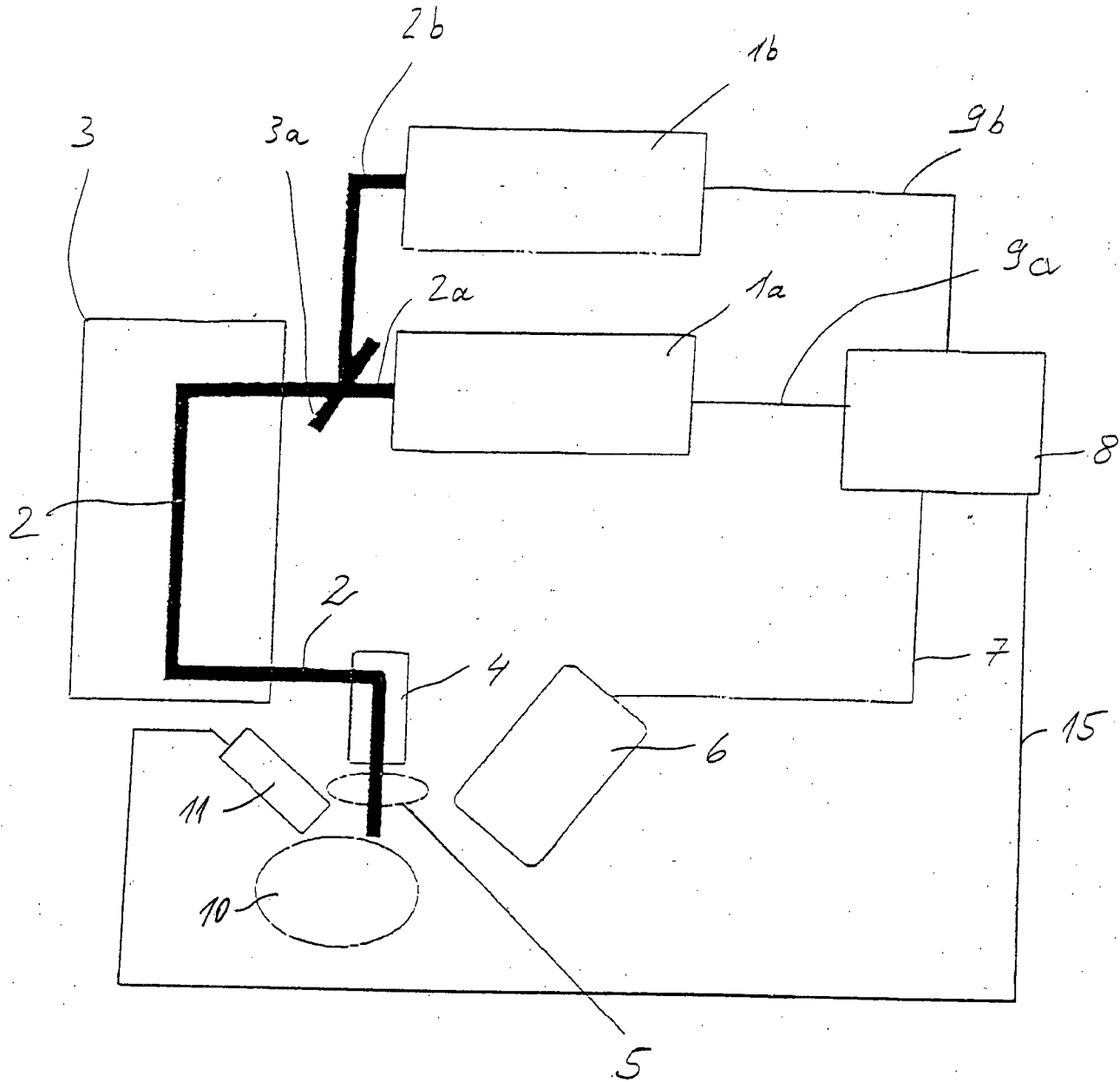


Fig. 2

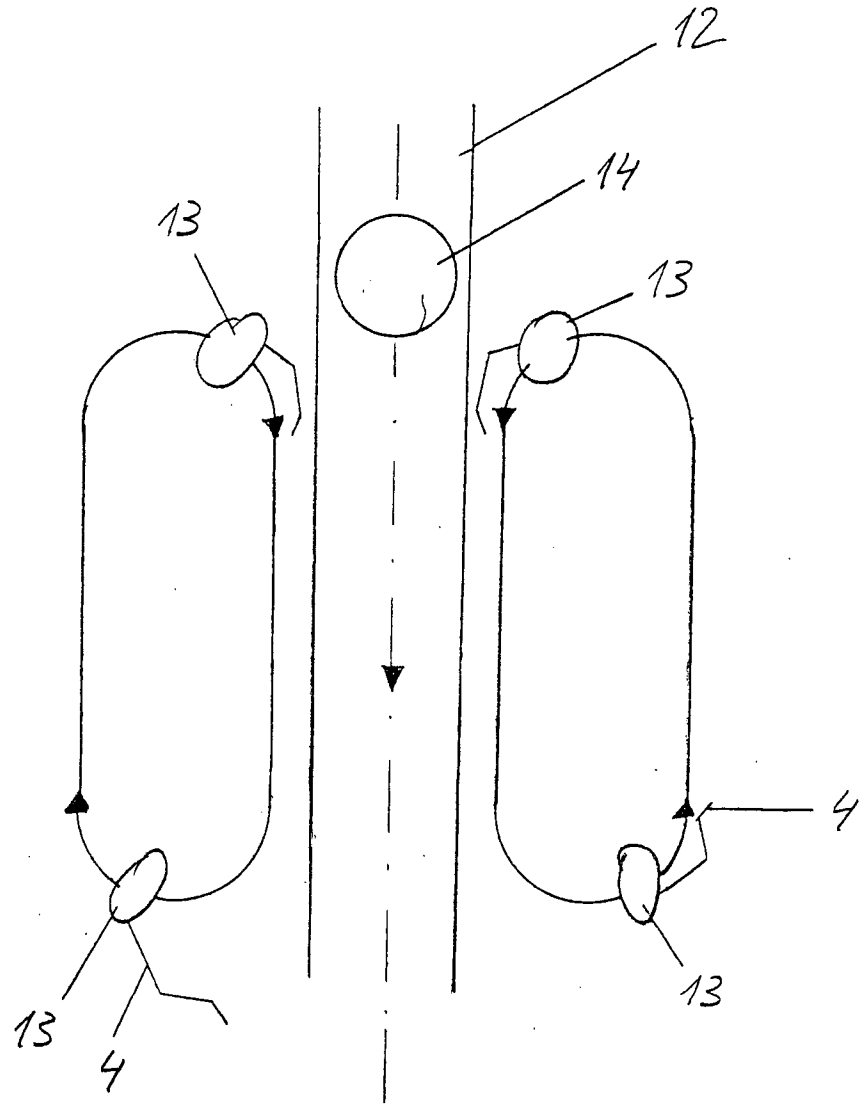


Fig. 3

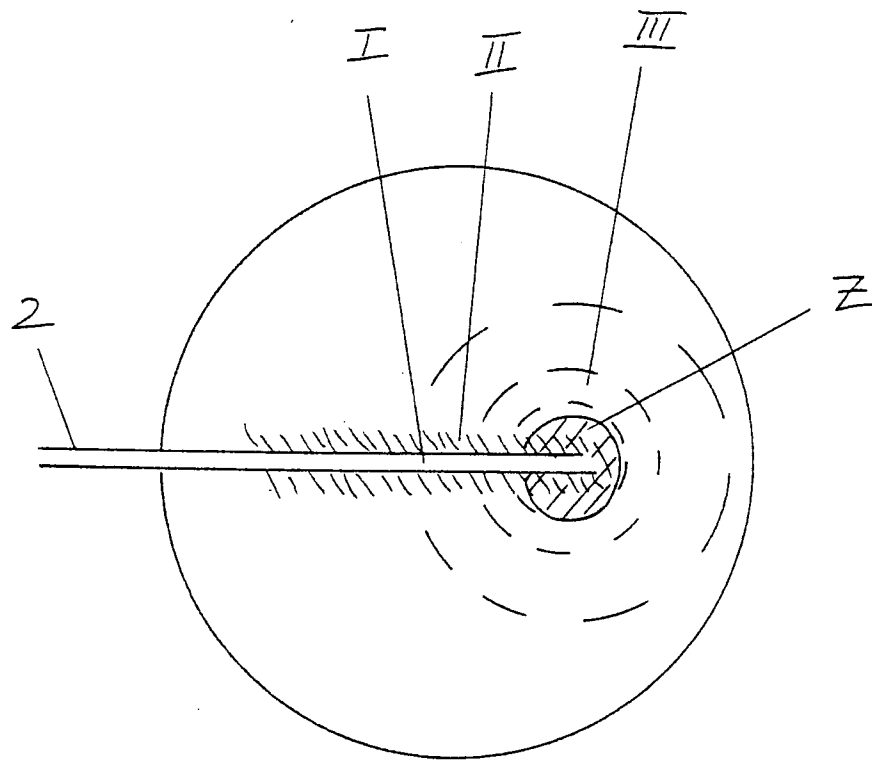


Fig. 4