



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 013 496 A1** 2009.09.17

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 013 496.1**

(22) Anmeldetag: **10.03.2008**

(43) Offenlegungstag: **17.09.2009**

(51) Int Cl.⁸: **G09B 23/28** (2006.01)

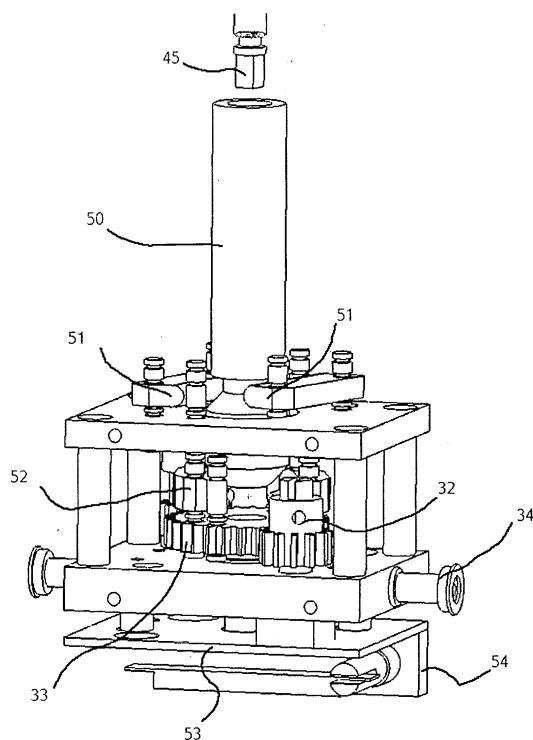
(71) Anmelder:
PolyDimensions GmbH, 64404 Bickenbach, DE

(72) Erfinder:
Kern, Thorsten A., 64342 Seeheim-Jugenheim, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Mechanisches Instrumentenwechselsystem für kraftrückkoppelnde Geräte zur Simulation laparoskopischer Eingriffe**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung, die über eine rein mechanische Lösung im Betrieb mit einem Bedienteil mit Schäften von für laparoskopische Instrumente realistischen Durchmessern eine formschlüssige Verbindung herstellen kann. Sie ermöglicht so die rotatorische Ankopplung der Instrumente an einen Antrieb unter Beibehaltung der Möglichkeit eines schnellen Bedienelementenwechsels in einer definierten Position. Das Bedienteil, für das die Erfindung geeignet ist, ist seinerseits Teil eines Bedienelementes mit haptischem Feedback, insbesondere aber nicht ausschließlich für die laparoskopische chirurgische Simulation.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich ein Instrumentenwechselsystem zur formschlüssigen Ankopplung einer Vielzahl von Instrumente an ein haptisches Gerät gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, wie es z. B. für laparoskopische Simulation Verwendung findet.

[0002] Zur Ausbildung von Chirurgen werden häufig Trainingssysteme eingesetzt, welche entweder mechanisch [US 5,403,191 A] oder durch eine Simulation in Verbindung mit einem Rechnersystem und einem Eingabegerät [US 2006 0073458] die realen oder äquivalente Situationen der Operation nachbilden. Die Eingabegeräte der Simulationssystem bestehen dabei aus mehreren Komponenten. Der Mediziner hält ein dem realen Griffstück eines Laparoscops nachgebildetes Bedienteil in der Hand, und agiert im Falle einer Laparoskopie um einen Pivotpunkt. Der Pivotpunkt ist eine mechanische Abstraktion des Trokars, eines Ventils, durch das das Laparoskop in den Menschen eingeführt wird. Die Freiheitsgrade des Instrumentes sind auf zwei rotatorische und einen translatorischen Freiheitsgrad im Pivotpunkt, sowie einen rotatorischen Freiheitsgrad um die Achse reduziert [US 6,654,000 B2, EP 0 870 296 B1, EP1 332 484]. Weiterhin erlauben viele Instrumente mechanisch über das scherenartige Bedienelement eine Greifbewegung zu aktivieren. Die Bewegungen des Griffstücks in den vier Freiheitsgraden sowie der Greifbewegungen werden in den praktischen Realisationen bestehender Systeme durch Sensoren erfasst, vor allem durch optische Encoder. Für eine realistische Simulation der Eingriffe ist neben der Positionserfassung auch die Rückkopplung einer Interaktion mit virtuellen Objekten über den haptischen Sinneskanal notwendig. Hierzu sind in haptischen Systemen für jeden Freiheitsgrad ein oder mehrere Aktoren vorgesehen, welche es erlauben entsprechend eines Steuersignals als Resultat der Simulation für alle Freiheitsgrade unabhängig voneinander definiert Kräfte- und/oder Momente zu generieren. US 6,654,000 B2 beschreibt eben jene Methode zur Umsetzung einer physikalisch-realistischen Computersimulation von medizinischen Abläufen, welche aus einer Hardware besteht, welche ihrerseits eine grafische Simulation eines medizinischen Eingriffs koppelt, wobei eben jene Simulation eine reale Anatomie abbildet, und das Eingabegerät wenigstens einen Teil eines medizinischen Instrumentes nachbildet, inklusive einer Greif- und Grifffunktion. Außerdem umfasst US 6,654,000 B2 noch Aspekte der Existenz eines Datenaustauschs zwischen Simulation und Hardware zur Aktualisierung der Position in der graphischen Simulation. US 6,654,000 B2 bezieht sich somit auf bereits 1994 in [Werkhäuser] veröffentlichten Konzepten einer Simulation eines medizinischen Eingriffes, hier Kniearthroskopie, welche einer Interaktion mit der medizinischen Simulation zulässt. [Werkhäuser] deckt dabei sowohl den bidirektionalen als auch die unidirektionale Kommunikation der Systeme ab, wobei die Mechanik eine „Instrumente-Nachbildung“ umfasst, allerdings ohne Greif-funktionalität.

[0003] Auf Basis dieses generellen Ansatzes existieren einige grundlegende Realisationen von haptischen Systemen für laparoskopische Anwendungen. In der EP 1 332 484 wurde die Rotation im Pivot-Punkt durch eine gelagerte Kugel realisiert, die ihrerseits durch mehrere Aktoren in der Rotation über Reibkopplungen angetrieben bzw. gehemmt wird, und in den zwei verbleibenden Freiheitsgraden über ein Rotations- und Translationsgetriebe mit Zahnradkopplungen angetrieben werden kann. Das nachgebildete Instrument ist durch einen originalen Griff repräsentiert, der in eine mit einer Zahnstange versehenen Schaft mündet. Das Bedienteil als Nachbildung des realen Instrumentes als solches ist nicht austauschbar und Teil des Systems, was sich an der praktischen Realisation des Urologietrainer von KarlStorz bestätigt. In den US 7,023,423 und EP 0 870 296 B1 wurde das klassische Prinzip eines Kreuzlagers aus Joysticks auf laparoskopische Anwendungen übertragen und um aktorische Komponenten erweitert. Es beschreibt eine Lösung über zwei kinematische Ketten, welche in einem nicht-parallelem Winkel zu dem Bedienelement ausgerichtet sind, und am Ende dieser zwei seriellen Ketten rotatorisch angetrieben werden. Weiterhin umfasst es noch Sensoren zur Messung der Positionen der kinematischen Kette. Die Erfindung sieht eine starre Kopplung zwischen Bedienteil und Kinematik vor, und ist in der kommerziellen Umsetzung der SurgicalWorkstation so realisiert. In [DE 202 80 425 U1 wird ein alternativer Antrieb für die Krafrückkopplung auf die translatorisch-rotatorischen Freiheitsgrade der Instrumentenachse vorgeschlagen. Durch eine Kombination von angetriebenen Rollenlagern mit spiralförmigen Rillenföhrungen ist ein kompakter Antrieb für laparoskopische Instrumente entstanden, welcher auch einen Wechsel der Bedienteile durch Austausch der vollständigen Schäfte gestattet. Prinzipbedingt aus dem Antriebskonzept heraus werden Bedienelemente mit Schäften mit spezifischen, größerem Durchmesser benötigt, als dies bei typischen Laparoskopien notwendig wäre. Die kommerzielle Umsetzung des Unternehmens Xitact in Form des „Instrument Haptic Port“ (siehe Xitact IHP Produktbeschreibung „Product sheet Xitact IHP_2007-10-12.pdf“) zeigt genau in der Austauschbarkeit der Bedienelemente zur Simulation unterschiedlicher laparoskopischer Instrumente Schwächen, da die empfindlichen Stangen als Teil des mechanischen Antriebs bei Nicht-Benutzung sicher gelagert werden müssen. In [GB 2384613A] wird für einen Bronchioskop Simualator eine mechanische Kopplung des simulierten Instrumentes vorgesehen, welche einen schnellen Wechsel unterschiedlicher Bedienteile ermöglicht. Über eine Feder wird ein deformierbarer zylindrischer Kör-

per zusammen gedrückt und damit im Durchmesser verengt, was einen Reibschluss mit einem darin befindlichen ebenfalls zylindrischen Instrumente ermöglicht, und somit eine Kupplung für Drehmomente und Kräfte darstellt. In einer Auswurfposition wird die Feder entspannt und das Bronchioskop freigegeben. Das System ist geeignet Drehmomente und Kräfte auf zylindrische Körper zu koppeln, kann aufgrund des Reibschlusses dieses nur bis zu einem Grenzwert der Haftreibung sicher zulassen. Weiterhin unterliegt es Abnutzungserscheinungen durch Änderungen der Reibpaarungen des Instrumentes sowie des deformierbaren zylindrischen Körpers.

[0004] In [WO 02071368] sowie [US 2004 0142315] wird die logische Folge beschrieben, die aus einer Unmöglichkeit eines Wechsels des realen Instruments bzw. dessen Handgriffes als Bedienteil des Gerätes resultiert, nämlich dass eine Funktion innerhalb der Simulationssoftware vorgesehen sein muss, einen Austausch der virtuellen Representation des Instrumentes durchzuführen. Dies ist bei kommerziellen Systemen, beispielsweise Symbionix LapMentor, gegeben.

[0005] Unter dem Postulat einer Austauschbarkeit der Instrumente bzw. deren Nachbildungen in Soft- und Hardware (Bedienteile) wird unter [US 6,113,995] beschrieben, welche Optionen und verschiedenen Interaktionsmöglichkeiten innerhalb einer Softwareumgebung sich daraus ergeben.

[0006] Gemeinhin ist kein zufriedenstellendes Gerät bekannt, was einen Austausch der Bedienteile laparoskopischer Simulatoren in der Form ermöglicht, dass eine Vielzahl von Bedienteilen welche einer Vielzahl von realen medizinischen Instrumenten nachempfunden sind genutzt werden können. Wobei diese Bedienteile mit identischen geometrischen Abmessungen der Instrumentengriffe sowie der Schäfte im Vergleich zu ihren realen medizinischen Instrumenten aufwarten, und dabei ein sicherer, unveränderlicher Halt der Instrumente unabhängig der bei der laparoskopischen Interaktion wirkenden Kräfte besteht.

[0007] Daher ist die Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung zu entwerfen, welche einen Austausch von Bedienteilen in der Form ermöglicht, dass eine Vielzahl von Bedienteilen mit untereinander unterschiedlichen aber mit realen Instrumentengriffen sowie Schäften identischen Abmessungen an einem kinematischen System, z. B. einem laparoskopischen Simulator, genutzt werden können, und diese Instrumentengriffe sowie Schäfte einen unveränderlichen Halt mit dem System im Einsatzbereich haben.

[0008] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Gerät mit den Merkmalen des Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich durch die in den Unteransprüchen angegebenen Merkmale. Der Vorteil des erfindungsgemäßen Gerätes besteht vor allem darin, dass über eine rein mechanische Lösung im Betrieb mit einem Bedienteil mit Schäften von für laparoskopische Instrumente realistischen Durchmessern eine formschlüssige Verbindung hergestellt wird, welche außerdem eine rotatorische Ankopplung an einen Antrieb ermöglicht; und dies unter Beibehaltung der Möglichkeit eines schnellen Bedienelementenwechsels in einer definierten Position erlaubt.

[0009] Nachfolgend wird die Erfindung an Hand zweier Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen:

[0010] [Fig. 1](#): Anordnung des Instrumentenwechselsystems (107) im Kontext einer Simulatorkinematik

[0011] [Fig. 2](#): Formschlüssige Kopplung des Instruments an ein Abtriebsselement eines Aktors

[0012] [Fig. 3](#): Instrumentenwechselsystem A in Parkposition

[0013] [Fig. 4](#): Instrumentenwechselsystem A in freier Bewegung

[0014] [Fig. 5](#): Schnitt durch Instrumentenwechselsystem A

[0015] [Fig. 6](#): Instrumentenwechselsystem B in Parkposition

[0016] [Fig. 7](#): Instrumentenwechselsystem B in freier Bewegung

[0017] [Fig. 8](#): Schnitt durch Instrumentenwechselsystem B

[0018] [Fig. 1](#) zeigt eine Integration eines Instrumentenwechselsystems (56) in die Kinematik. Das Bedienelement (14) ist in das Instrumentenwechselsystem (56) eingesteckt. Über ein Kardangelenk (15) am Instru-

mentenwechselsystem wird durch das haptische System (1) eine Kraft in drei Raumrichtungen an die Spitze des Instrumentes eingekoppelt. Ein Antrieb (16) dreht eine Welle, welche innerhalb des Instrumentenwechselsystems ein Drehmoment auf das formschlüssig verbundene Instrument (14) ausübt. Das Instrument ist weiterhin durch einen Pivotpunkt geführt, welcher räumlich in einer Nachbildung eines Trokars (13) über ein weiteres Kardangelenk (15) an einem Gestell (12) befestigt ist.

[0019] [Fig. 2](#) zeigt ein innerhalb des Instrumentenwechselsystem angeordnetes Zahnrad (33) welches formschlüssig mit einer mehreckigen (mehr als 3) Struktur (42 oder 44) an der Spitze eines Instrumentes (14) gekoppelt werden kann. Das Zahnrad (33) weist den negativen Abdruck der jeweiligen Instrumentenspitze auf. Einführschrägen an der Spitze sowie an dem Zahnrad erleichtern das formschlüssige Verbinden. Die Spitzen (42 oder 44) weisen weiterhin eine Kerbe (41) auf, welche in Verbindung mit einem Riegel in freier Bewegung einen Formschluss zwischen haptischen System und Bedienelement sicher stellt. Die Kerbe (41) weist Einführungsschrägen auf, welche eine Zentrierung des Riegels erleichtern und so bemessen sind, dass durch die Materialparameter und Reibwerte weiterhin ein formschlüssiges Gehemme vorliegt. Das Loch (40) in den Spitzen ermöglicht, dass die bei laparoskopischen Instrumenten typische zentrale Stange zur Bewegung einer Greiffunktion bis unterhalb der Arretierungsbaugruppe (56) geführt werden kann, und die Bewegung dieser Stange zur Messung und Gegebenenfalls auch zur Krafrückkopplung auf die Greif-Funktionalität des Bedienelementes genutzt wird.

[0020] [Fig. 3](#) zeigt eine Ausführungsform des Instrumentenwechselsystems. Es besteht aus dem oben erwähnten Zahnrad (33) welches über ein zweites Zahnrad (32), welches auf der Welle des Antriebs (16) gleitet mit einem Drehmoment beaufschlagt werden kann. Das Zahnrad (33) trägt an Stiften aufgehängte, über Feder mechanisch vorgespannte Riegel (52), welche in der Parkposition durch einen gestellfesten Konus (50) aus ihrer Mittenlage gedrückt werden. Der Konus seinerseits wird über ebenfalls über Federn vorgespannt Riegel (51) reibschlüssig durch eine Kerbe im Konus (55) in der Parkposition gehalten. Weiterhin trägt das Instrumentenwechselsystem elektronische (53) und elektromechanische (54) Komponenten zur Messung der Bewegungen der Instrumentenspitze, der Detektion der Stellung der Riegel, sowie der darin geführten Seele in Form zweier Encoder (54). Weiterhin ist auf der Leiterplatte (53) ein Detektionssystem integriert, welches Anhand unverwechselbarer Merkmale der Instrumentenspitze, den Typ des gerade verwendeten Bedienelementes erkennt. Ein solches Merkmal könnten die Farbe der Spitze detektiert über einen RGB Sensor oder ein RFID-Tag detektiert über ein Leseantenne sein.

[0021] [Fig. 4](#) zeigt die Ausführungsform des Instrumentenwechselsystem aus [Fig. 3](#) in freier Bewegung. Durch Überschreiten einer Grenzkraft wurden die reibschlüssigen Riegel (51) von dem Konus (50) und der daran enthaltenen Kerbe (55) herunter geschoben. Dies führt dazu, dass die formschlüssigen Riegel (52) durch ihre mechanische Vorspannung sich in die Kerbe (41) an den Instrumentenspitzen vorgeschoben haben. Dadurch sowie durch die rotatorische Kopplung (33) der Instrumentenspitze existiert ein vollständiger Formschluss mit dem Schaft des Bedienelements (14). Im Falle eines Instrumentenwechsels ist nun lediglich das Instrumentenwechselsystem (56) durch Zug auf den Schaft des Bedienelementes (14) wieder über den Konus (50) zu ziehen, bis die reibschlüssigen Riegel (51) in die Kerbe am Konus (55) einrasten und gleichzeitig die Spitze des Konus die formschlüssigen Riegel (52) zur Seite schiebt und somit das Instrument frei gibt.

[0022] [Fig. 5](#) zeigt einen Schnitt durch die Ausführungsform des Instrumentenwechselsystem aus [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) mit der Anordnung der Riegel (51 und 52) in dem Zahnrad (33) mit dem rotatorischen Formschlussbereich (57) und dem durchgängigen Kanal für die Instrumententypische zentrale Stange.

[0023] [Fig. 6](#) zeigt eine alternative Ausführungsform des Instrumentenwechselsystems in Parkposition. Die Riegel (58) haben zwei Enden, wobei ein Ende reibschlüssig in Kerben (55') in zwei Führungsstangen (50') in der Parkposition rutscht. Die Riegel verschieben sich dabei und geben die Instrumentenspitzen (42) frei, und halten gleichzeitig die Lage des Instrumentenwechselsystems fest.

[0024] [Fig. 7](#) zeigt die alternative Ausführungsform des Instrumentenwechselsystem in der freien Raumbewegung, wobei eine Grenzkraft in Instrumentenachse überschritten wurde, welche die Riegel (58) aus den Führungsstangen (55') heraus geschoben hat. Diese Riegel (58) haben daraufhin in die Kerbe (41) der Spitze des Instrumentes angekoppelt und halten somit eine formschlüssige Verbindung zwischen Instrumentenwechselsystem und dem Schaft des Bedienelementes (14).

[0025] [Fig. 8](#) zeigt einen Schnitt durch die alternative Ausführungsform des Instrumentenwechselsystem entsprechend [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) in der Freiraumbewegung, wobei erneut die Führungsstangen (50') die Riegel (58) und das Zahnrad (33) mit Formschluss zur Instrumentenspitze (42) am Schaft des Bedienelementes (14) sich-

bar werden.

Bezugszeichenliste

1	(Kinematik-)Gerät	2-11	-
12	Gestell	13	Pivotpunkt (Trokar)
14	Griff(-stück, Instrument)	15	Kardangelenk (oberes)
16	Arbeitsstrang	17	-
18	-	19	Kardangelenk (unteres)
20-30	-	31	-
32	Zahnrad	33	Zahnrad, großes
34	Kardangelenk-Ankopplung	35-39	-
40	Adapterseele	41	Instrument-Arretierungsnut
42	Formschlussadapter Vieleckig	43	-
44	Formschlussadapter Viereckig	45	Formschluss-Male
46-48	-	49	-
50 & 50'	Ruhelage Arretierungskonus	51	Ruhelage-Arretierungshebel
52	Instrument-Arretierungsstifte	53	Platine
54	Inkrementalgeber zur Mesung der Instrumentenbetätigung	55 & 55'	Ruhelage-Arretierungsnut
56	Arretierungsbaugruppe	57	Formschluss-Female
58	Ruhelage-Arretierungsbolzen	59	-

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 5403191 A [0002]
- US 20060073458 [0002]
- US 6654000 B2 [0002, 0002, 0002, 0002]
- EP 0870296 B1 [0002, 0003]
- EP 1332484 [0002, 0003]
- US 7023423 [0003]
- DE 20280425 U1 [0003]
- GB 2384613 A [0003]
- WO 02071368 [0004]
- US 20040142315 [0004]
- US 6113995 [0005]

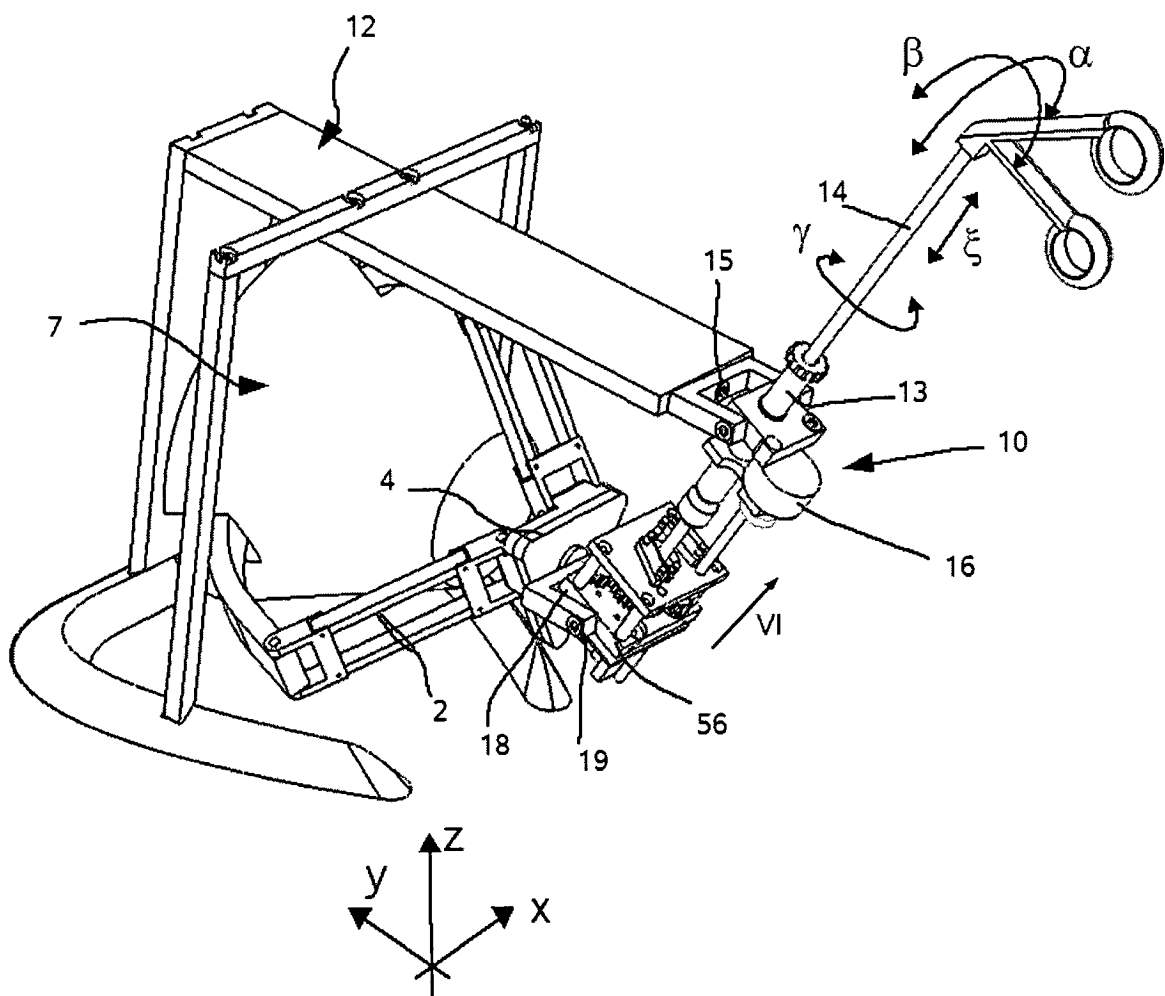
Patentansprüche

1. Vorrichtung zur formschlüssigen Ankopplung einer Vielzahl von Instrumenten (**14**) an ein Gerät mit haptischen Feedback (**1**), **dadurch gekennzeichnet**, dass
 - die Funktion der Ankopplung rein mechanisch funktioniert
 - eine Kombination aus Reibkupplung (**51, 55**) zur wiederholbaren Einnahme einer Parkposition und
 - einem Formschluss über Riegel (**41, 52**) zur Fixierung der Instrumentenspitze in der Freiraumbewegung realisiert wird.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, außerdem dadurch gekennzeichnet, dass die Funktion der Reibkupplung für die Parkposition und der Freiraumbewegung in einem Riegel kombiniert oder einzeln ausgeprägt sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, außerdem dadurch gekennzeichnet, dass die Position der Riegel messtechnisch detektiert wird.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, außerdem dadurch gekennzeichnet, dass der Formschluss die rotatorische sowie die translatorische Bewegung der Instrumentenspitze umfasst.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1, außerdem dadurch gekennzeichnet, dass eine Stange zur Bewegung eines laparoskopischen Greifers in dem Bedienelement (**14**) durch die Adapterseele (**40**) bewegt, und als Messgröße für die Zangenbewegung verwendet wird.
6. Vorrichtung nach Anspruch 1, außerdem dadurch gekennzeichnet, dass die Stange zur Bewegung eines laparoskopischen Greifers in dem Bedienelement mit einer definierten Kraft beaufschlagt wird.
7. Vorrichtung nach Anspruch 1, außerdem dadurch gekennzeichnet, dass das rotatorische Formschluss-Gegenstück der Instrumentenspitze Teil eines Zahnrads (**33**) ist, welches seinerseits über einen Antriebsstrang (**16**) mit Drehmomenten beaufschlagt werden kann.

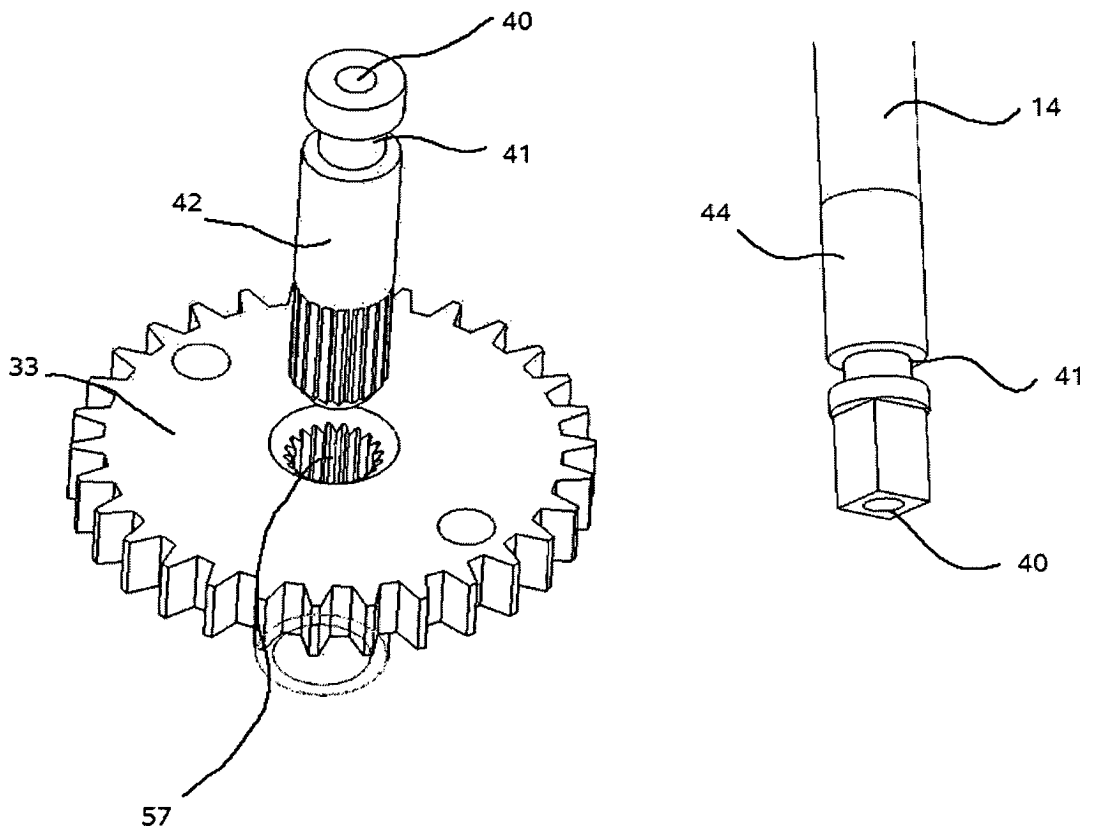
Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

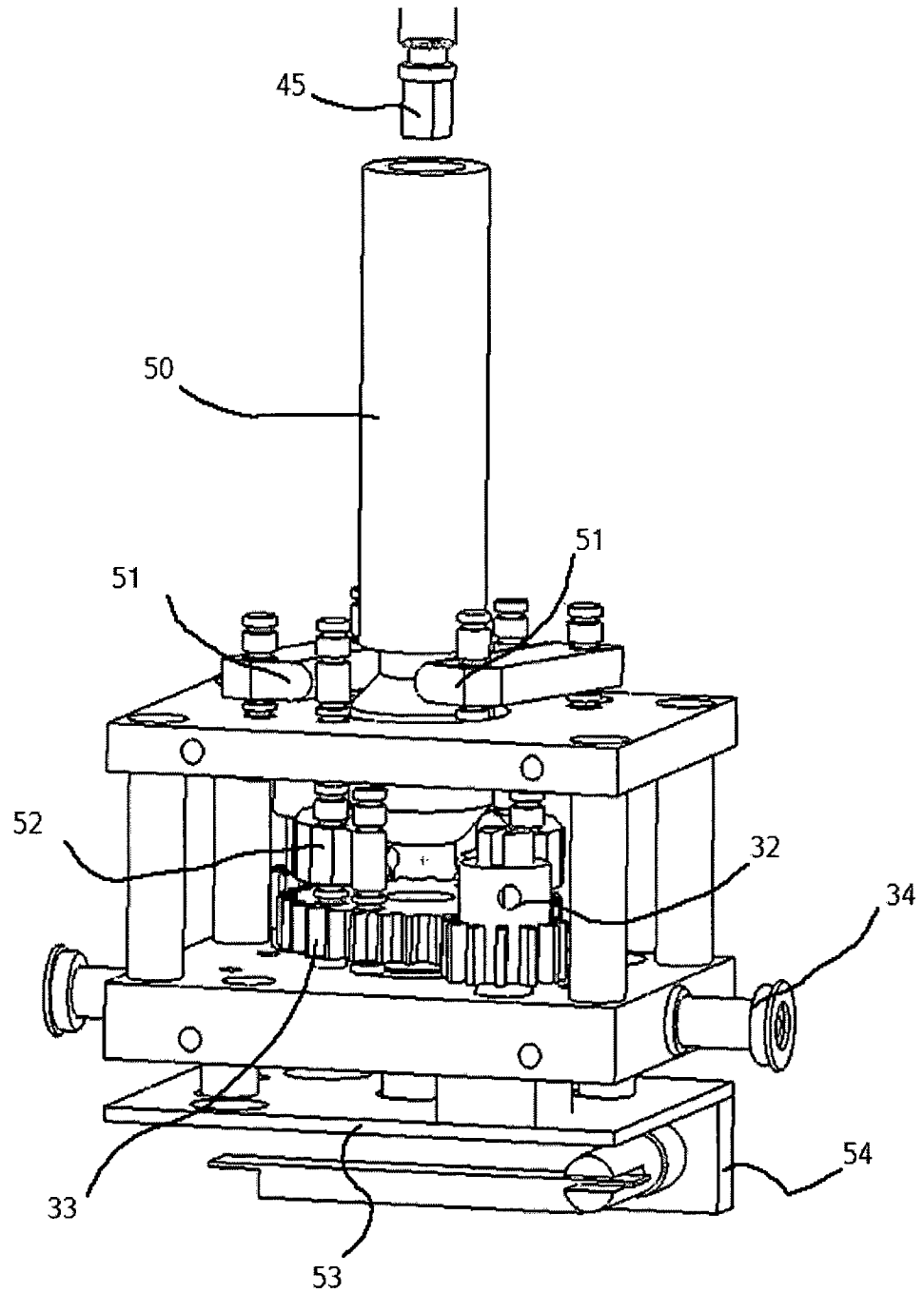
Figur 1:



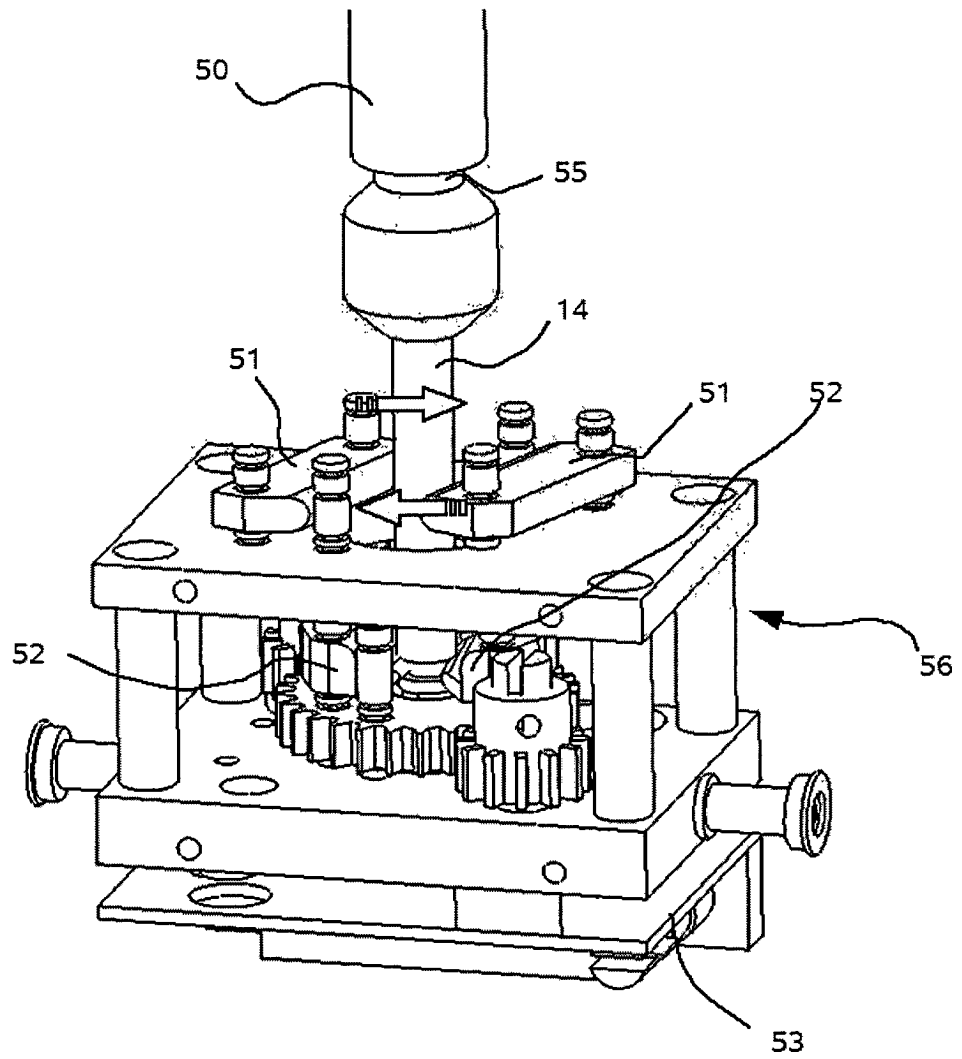
Figur 2:



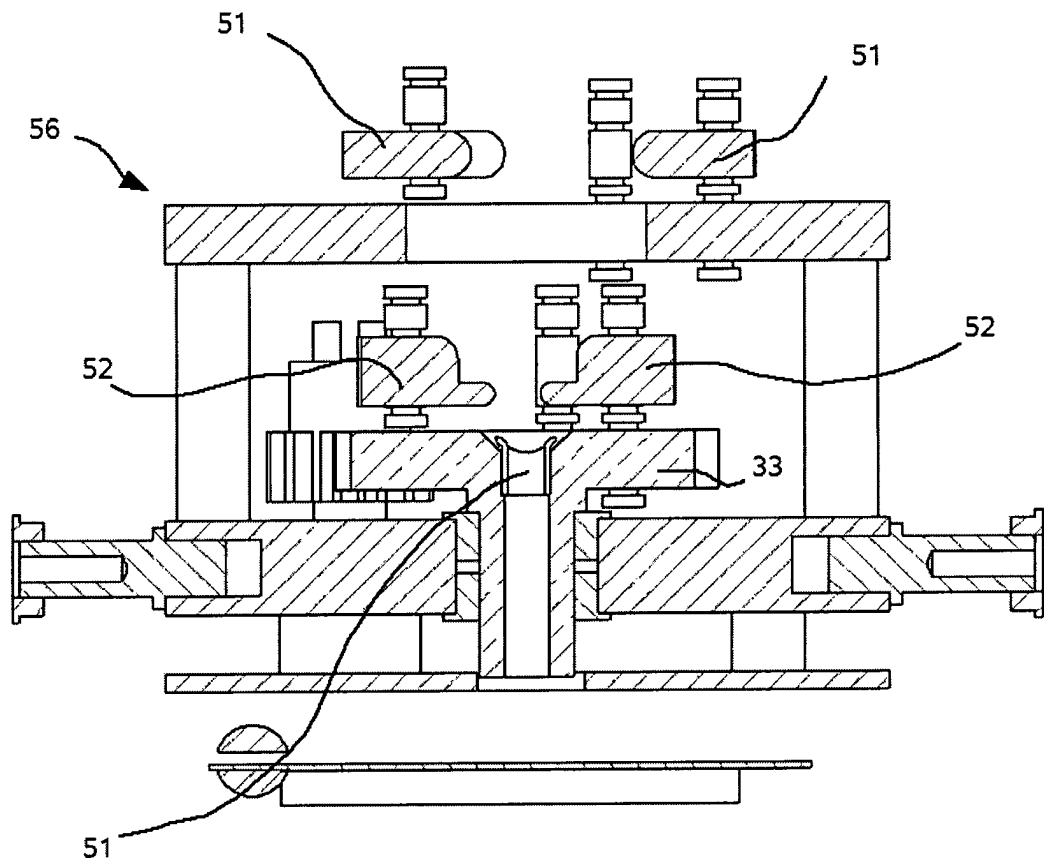
Figur 3:



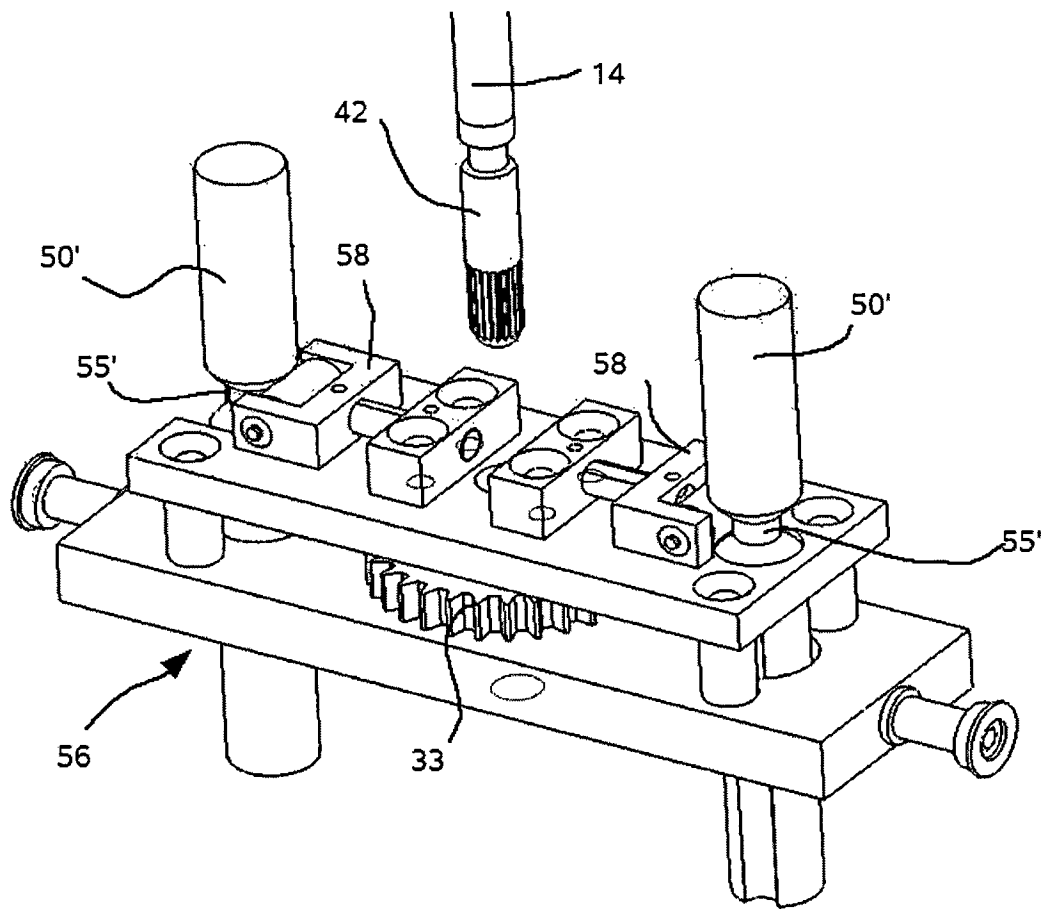
Figur 4:



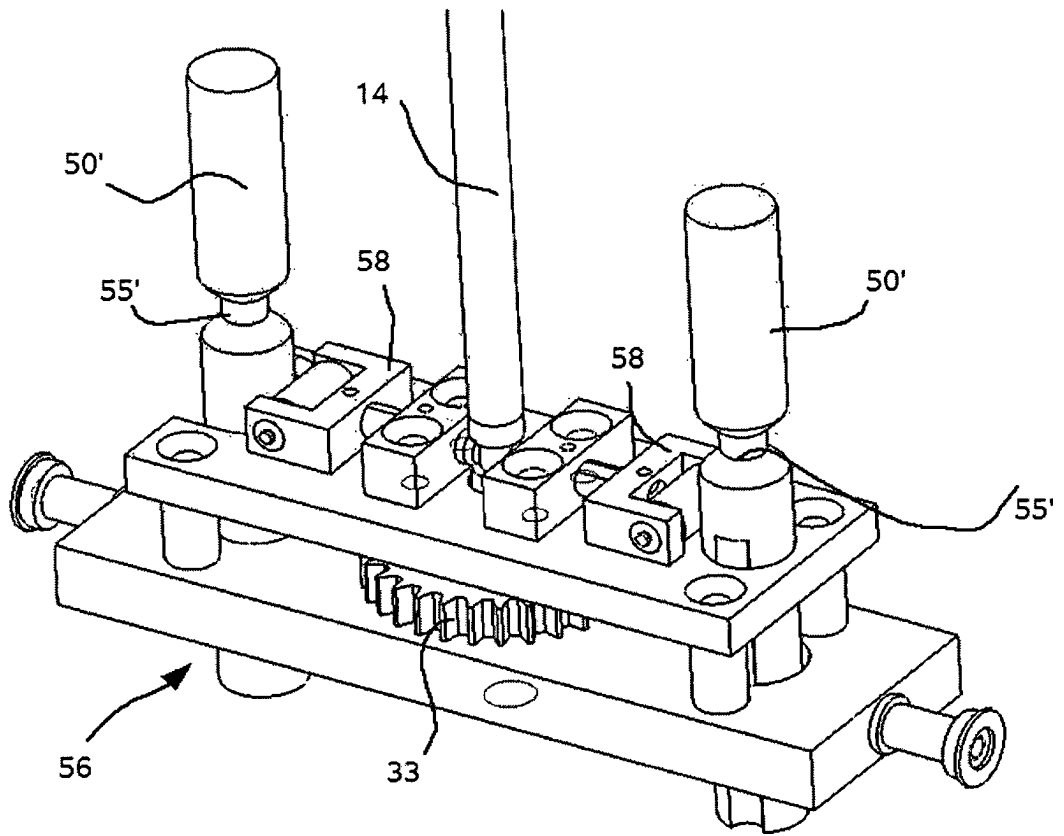
Figur 5:



Figur 6:



Figur 7:



Figur 8:

