



UNTERRICHTSMODUL ROBOTIK IN DER MEDIZINTECHNIK

# ROBOTIK IN DER MEDIZINTECHNIK

ARBEITSBLATT UND LEHRERINFORMATION

## Fachinhalte:

- ▶ Teilautomatisierte und autonome medizintechnische Robotik-Systeme
- ▶ Arbeitsgebiete der Medizintechnik (Diagnostik, Operation, Therapie/Reha/Pflege)
- ▶ Humanoide Roboter, Nanobots, Exoskelette, Service-Roboter
- ▶ Maschinen- und Roboterethik
- ▶ Methode Zukunftsprognose
- ▶ Berufsfelder in der Medizin-Robotik

## ROBOTIK IN DER MEDIZINTECHNIK

In der industriellen Fertigung sind Roboter längst nicht mehr wegzudenken und auch als Service-Roboter für Haus und Garten halten sie bereits Einzug in unseren Alltag. Auch in der Medizintechnik spielt Robotik eine große Rolle und entwickelt sich rasant weiter. In der Diagnostik unterstützen Maschinen mit künstlicher Intelligenz die medizinischen Fachleute bei der Erkennung von schwer zu bestimmenden Krankheitsbildern. Mit Robotern im Operationssaal wird das ärztliche Können durch die Beweglichkeit, Präzision und Ausdauer des Roboters ergänzt. In Therapie, Reha und Pflege haben Roboter das Potenzial, Beschäftigte bei Handreichungen zu entlasten. So unterschiedlich, wie sich die Bereiche der Medizintechnik darstellen, sind auch die Anforderungen an die verschiedenen Roboter-Typen. Zudem stellen sich in diesem sensiblen Bereich, in dem es um das Wohl der Menschen geht, auch ethische Fragen.

► Basisaufgabe    ►► Bonusaufgabe

## AUFGABEN

### 1. ROBOTIK IN DEN VERSCHIEDENEN BEREICHEN DER MEDIZIN

Der Sachtext stellt die verschiedenen Arten von Robotik in drei Bereichen der Medizin vor: Diagnostik, Operation, Therapie/Reha/Pflege.

- Lies den Text aufmerksam durch und trage die fett gedruckten Begriffe in die Lücken der Übersicht in Abbildung 1

ein. Mache dir dabei jeweils die Unterschiede der Roboter-Arten in den drei Bereichen klar.

Tipp: Die unterschiedlichen Kastengrößen heben den Umfang und die Bedeutung der jeweiligen Einheit hervor.

### MATERIAL

### ROBOTER IN DREI MEDIZINBEREICHEN

In der Diagnose kommen **Roboter-Automaten** oder sogenannte **mobile „Chatbots“**, also intelligente Computer mit Sprachsteuerung, zum Einsatz. Hier unterstützt die **Mustererkennungs-Software mit Künstlicher Intelligenz (KI)** den Arzt oder die Ärztin. Ein **Screening-Bild** oder die Abfrage des genauen Krankheitsbildes des Patienten mittels **Sprachsteuerung** dient als Eingabe für den Automaten. Dieser vergleicht das individuelle Krankheitsbild über die **lernenden Algorithmen** der KI mit Millionen ähnlicher Befunde (Fachausdruck: **Big Data**) und leitet daraus mit höchster Präzision eine Diagnose ab. Damit wird der Erfahrungsschatz des medizinischen Fachpersonals erheblich erweitert und die Diagnose abgesichert.

Operations-Roboter im OP führen heikle Operationen mit kleinsten Instrumenten an schwer zugänglichen Stellen des menschlichen Körpers durch. Diese Roboter verlängern als **teilautomatisierte** Maschinen mit teils **humanoiden** (mensenähnlichen) **Greifelementen** den Arm der Ärztin oder des Arztes: Sie oder er **steuert per Joystick** einen oder mehrere mechanische Roboterarme **fern**. Auch ein autonomer (eigenständig) arbeitender Mini-Roboter, der **Nanobot**, kann vorab durch **Programmierung** intelligent gesteuert werden. Dieser Roboter ist mit **Aktoren**, winzigen, aktiven **Instrumenten**, ausgerüstet. Bei den großen OP-Robotern spielen vor allem die mechanische Rundum-Beweglichkeit **in Gelenken** und um verschiedene **Drehachsen** eine Rolle. Das medizinische Fachpersonal übernimmt die intelligente Steuerung und kontrolliert den OP-Roboter über ein präzises **räumliches Navigationssystem**. Dieses ist eng gekoppelt mit einer perfekten **3-D-Bildüberwachung**. Außerdem erfolgt eine Rückmeldung der Roboter-Aktionen von „führenden“ **Sensoren** an den Arzt oder die Ärztin.

In Therapie, Reha oder Pflege kommt Robotik dem Bild vom **mobilen, humanoiden Roboter** sehr nah. Hier werden menschliche Pflegekräfte oder auch die Patientinnen und Patienten selbst mit geschickten „Handgriffen“ von Robotern unterstützt. Dabei sind besonders die mechanische **Beweglichkeit** und **Kraft** von **künstlichen Muskeln** wichtig. Die Kontrolle erfolgt über **Rückmeldungen der Sensoren** zu Bewegungsabläufen und Greifkraft sowie über die **Navigation im Raum**. Die Systeme erhalten ihre **Intelligenz per Software**. Diese arbeitet entweder autonom mit KI, ist **ferngesteuert** oder **fest programmiert**. Prothesen oder Exoskelette werden über Sensoren und die **Gedanken** der Patienten kontrolliert.

	DIAGNOSTIK	OPERATIONSTECHNIK	THERAPIE, REHA UND PFLEGE
Art der Roboter	<p>_____ oder _____</p>	<p>_____ Maschine mit _____ _____ oder _____</p>	<p>_____ mit menschenähnlichem Aussehen</p>
Mechanik & Hardware	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Feststehender oder verschiebbarer Automat</li> <li>• App auf Tablet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• _____</li> <li>• Mehrere _____</li> <li>• _____ mit Instrumenten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• _____</li> <li>• _____</li> <li>• _____</li> </ul>
Intelligenz & Software	<ul style="list-style-type: none"> <li>• _____ mit Künstlicher Intelligenz (KI)</li> <li>• _____</li> <li>• Vergleich mit _____                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hautveränderungen</li> <li>- Lungenerkrankungen</li> <li>- Erkrankungen der Netzhaut</li> <li>- Neuronale Erkrankungen</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• _____</li> <li>• Vorab- _____</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Autonom durch KI</li> <li>• _____</li> <li>• _____</li> </ul>
Kontrollsysteme	<ul style="list-style-type: none"> <li>• _____</li> <li>• _____</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• _____</li> <li>• _____</li> <li>• _____</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• _____</li> <li>• _____</li> <li>• _____ bei Prothesen oder Exoskelett</li> </ul>

Abbildung 1

► **KONKRETE BEISPIELANWENDUNGEN FÜR ROBOTER IN THERAPIE, REHA UND PFLEGEN**

Roboter werden auch in der Therapie, Reha und Pflege eingesetzt. Recherchiere zu jedem der drei Bereiche ein konkretes Beispiel und fülle die Tabelle aus.

	THERAPIE	REHA	PFLEGE
<b>Name/ Bezeichnung</b>			
<b>Äußere Erscheinung</b>			
<b>Bewegungs- oder andere Möglichkeiten</b>			
<b>Steuerung und Kontrolle</b>			

**2. ROBOTER IM OP**

In der Ausgabe „Automatisierung in der Medizintechnik“ des Magazins „think ING. kompakt“ (Monatsmagazin der Ingenieurwissenschaften) werden drei Beispiele für Roboter im Operationsaal vorgestellt: Das Projekt M<sup>2</sup>OLIE (gesprochen: M<sup>2</sup>olie), Nanobots / Mikroroboter und der ARTORG OP-Roboter. ([www.think-ing.de/system/files/downloads/geprüf-ter%20Benutzer/227/ti-kompakt-2019-05-medizintechnik\\_0.pdf](http://www.think-ing.de/system/files/downloads/geprüf-ter%20Benutzer/227/ti-kompakt-2019-05-medizintechnik_0.pdf))

- Lies für jedes Beispiel die Textstellen durch und schau dir ggf. den Videoausschnitt an. Fülle dann für jede der Anwendungen die Tabelle in Stichworten aus.

Folgende Textstellen und weiterführende Links sind für die einzelnen Roboter relevant:

- **M<sup>2</sup>OLIE:**  
S. 2: „Krebsdiagnose und -behandlung an einem halben Tag“ [www.youtube.com/watch?v=WsdqxPxxVzM](https://www.youtube.com/watch?v=WsdqxPxxVzM) (Minute 1:11 bis 5:25).
- **Nanobots/Mikroroboter:**  
S. 5: „Unsichtbare Nanoroboter gleiten durchs Auge“ [www.laborpraxis.vogel.de/ein-krankenwagen-in-der-ku-entstlichen-blutbahn-a-935040/](http://www.laborpraxis.vogel.de/ein-krankenwagen-in-der-ku-entstlichen-blutbahn-a-935040/)
- **ARTORG OP-Roboter:**  
S. 5 „Ein Spezialist für Innenohr-OPs“ [www.youtube.com/watch?v=9tP-\\_gjbFmI](https://www.youtube.com/watch?v=9tP-_gjbFmI) (Minute 2:10 bis 2:26)

**MATERIAL**

**ROBOTER IM OP**

	<b>ANWENDUNG IM BEISPIEL</b>	<b>MECHANIK, BEWEGLICHKEIT, MOBILITÄT, ABMESSUNGEN</b>	<b>KONTROLLE, STEUERUNG UND NAVIGATION</b>	<b>SENSOR</b>	<b>AKTOR</b>	<b>VORTEILE</b>
<b>M<sup>2</sup>OLIE</b>						
<b>Nanobot für Augen-OP</b>  <b>oder</b> <b>Mikroroboter für Medikamente</b>						
<b>ARTORG OP-Roboter</b>						

Abbildung 2

Bildet jetzt Zweier-Teams. Mit eurem Wissen wagt ihr eine Zukunftsprognose für OP-Roboter in 20 Jahren. In Abbildung 3 wird eine Methode erläutert, wie man eine seriöse Zukunftsprognose erstellt.

- ▶ Überlegt und diskutiert, wie sich die Einzelkomponenten Sensoren, Computer und Aktoren weiterentwickeln werden und tragt die passende Nummer der vorgegebenen Textbausteine in den Kasten „Zukunft in 20 Jahren“ ein.

- ▶ Überlegt euch auch zwei weitere Entwicklungstrends für Nr. 9 und 10 und ordnet diese ebenfalls zu.
- ▶ Formuliert in Stichworten das Ergebnis eurer Zukunftsprognose und tragt dieses in das Feld unter der Grafik ein. Verwendet dazu ein Beispiel für einen zukünftigen OP-Roboter.

**MATERIAL**
**ZUKUNFTSPROGNOSE FÜR OP-ROBOTER**

Methode für eine seriöse Zukunftsprognose:

- Stand der Gegenwart analysieren
- Stand „hochrechnen“, also in Gedanken sinnvoll weiterentwickeln
- Ergebnis formulieren

- 1 kleiner & leichter
- 2 mobiler Einsatz
- 3 leistungsfähiger & schneller
- 4 vielseitiger, mehr Messgrößen
- 5 beweglicher
- 6 bessere Bilddarstellung
- 7 selbstständige Entscheidungen treffen
- 8 neue Aktionsmöglichkeiten
- 9
- 10

Meine Zukunftsprognose:

- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

Abbildung 3

Die Anwendungsbeispiele und das Interview mit Maschinenbauingenieur Marius Siegfarth „Interesse an Medizin mit Technik verbinden“ in der „think ING. kompakt“ auf S. 4 zeigen: Heute sind schon viele verschiedene Berufsfelder an der Entwicklung von Medizin-Robotern für den OP beteiligt. In Zukunft werden sich immer weitere Berufe miteinander vernetzen, um die komplexen Aufgaben der Roboterentwicklung zu bewältigen.

- ▶ Ordnet zunächst die typischen Aufgaben aus den Textbausteinen (A-K) im oberen Teil von Abbildung 4 den Berufsfeldern (1-11) zu. Tragt dazu die Paarungen in die Kästen darunter ein.

- ▶ Lest euch anschließend das Interview mit Marius Siegfarth durch. Darin werden Berufsfelder genannt, die heute schon für die Entwicklung von OP-Robotern zusammenarbeiten. Tragt diese Berufsfelder an der Stelle „Stand der Gegenwart“ in der Grafik in Abbildung 4 ein. Nutzt dazu die Nummern der Berufsfelder.

- ▶ Überlegt nach der Methode der Zukunftsprognose: Welche weiteren Berufsfelder aus der Liste in Abbildung 4 arbeiten für die Entwicklung zukünftiger OP-Roboter zusammen? Wählt aus der Liste die passenden Nummern aus und tragt sie in den Kasten „Zukunft in 20 Jahren“ ein..

**MATERIAL**

**ZUKUNFTSPROGNOSE FÜR BERUFSFELDER**

**A** Bildgebende Verfahren und Einsatz von radioaktiven Stoffen verbessern

**B** Aufbau des Körpers und Krankheiten kennen

**C** Psychologische Auswirkungen von eigenständig handelnden Robotern auf den Patienten oder die Patientin berücksichtigen

**D** Bio-Signale des Körpers in technische Signale umsetzen

**E** Nervensignale des Körpers verstehen und beeinflussen

**F** Form, Funktionen und Materialien aus Natur technisch nutzen

**G** Ethische Fragen im Zusammenhang mit intelligenten, eigenständig arbeitenden Robotern beachten

**H** Optimale Gestaltung und Form von Technik für einfache und ansprechende Handhabung

**I** Kosten und Nutzung von Technik beziffern und abwägen

**J** Roboter programmieren und Algorithmen entwickeln

**K** Mechatronische Lösungen, Steuerung und Navigation entwickeln

**1** Betriebswirtschaft

**2** Biomedizinische Technik

**3** Bionik, Technik mit Natur als Vorbild

**4** Kunst & Design

**5** Informatik & Mathematik

**6** Ingenieurwissenschaften, Mechatronik

**7** Medizin

**8** Naturwissenschaften

**9** Neurowissenschaften

**10** Philosophie & Ethik

**11** Psychologie

**A**

**B**

**C**

**D**

**E**

**F**

**G**

**H**

**I**

**J**

**K**

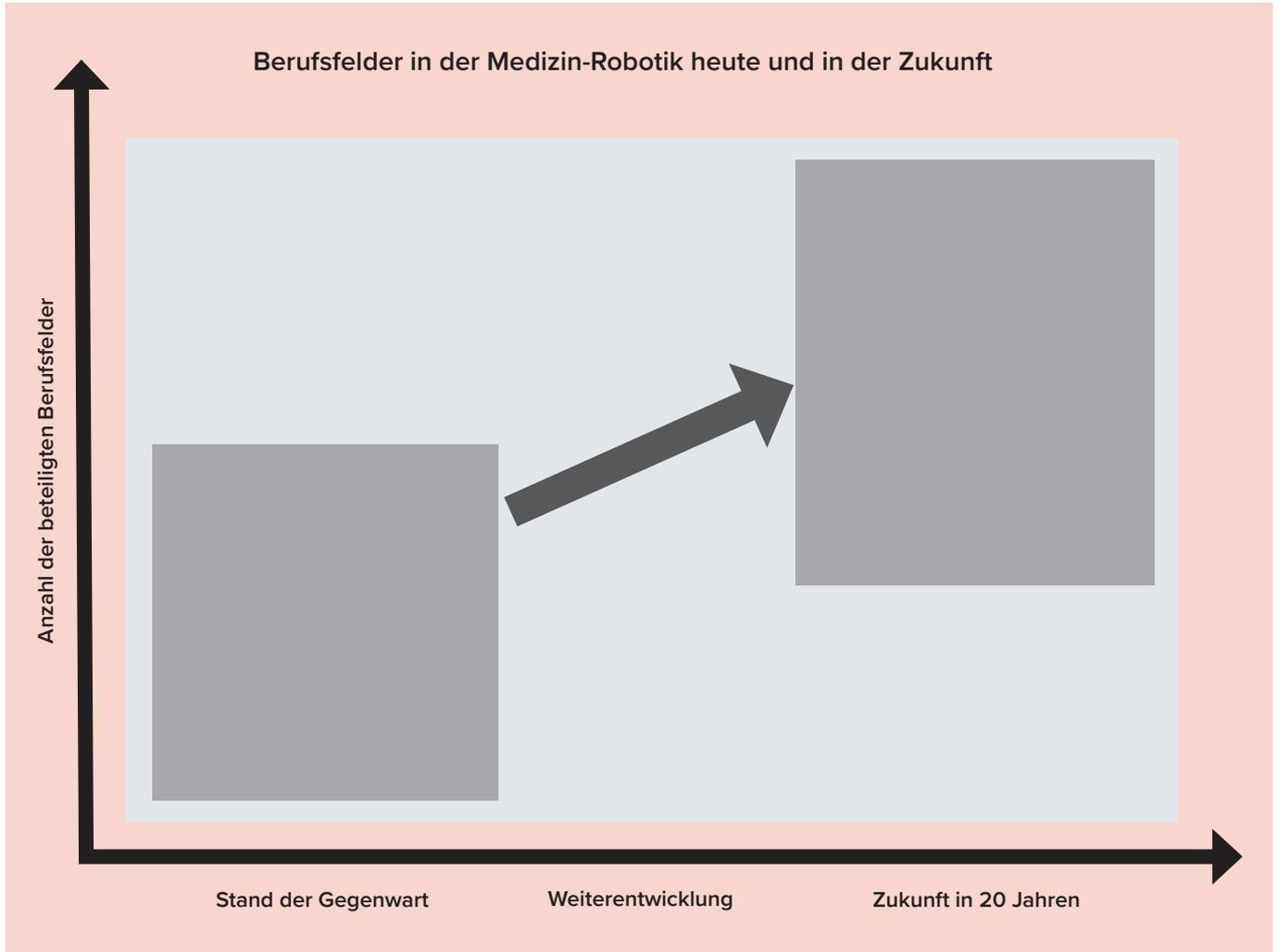


Abbildung 4

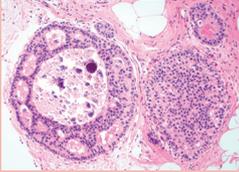
### 3. MÖGLICHKEITEN, HERAUSFORDERUNGEN UND ETHIK BEI MEDIZIN-ROBOTERN

In Abbildung 5 sind die drei Einsatzfelder von Robotern in der Medizin mit typischen Anwendungsbeispielen dargestellt.

- ▶ Diskutiert zunächst die Anwendungsbeispiele. Formuliert anschließend stichwortartig die Vorteile jeder Anwendung. Die Schlagworte aus dem Kasten helfen euch dabei.

#### MATERIAL

#### VORTEILE VON ROBOTIK IN DER MEDIZIN

	DIAGNOSTIK MIT KI	ROBOTER IM OP	ROBOTER IN THERAPIE, REHA UND PFLEGE
			
<b>Typisches Beispiel</b>	Erkennen von bösartigen Gewebeeränderungen aus einem Brust-Screening.	Bewegliche Roboter-Arme (Modell da Vinci) entfernen minimalinvasiv einen Tumor in der Niere.	Therapieroboter hilft bei Handreichungen in der Altenpflege und holt z. B. Tabletten.
<b>Vorteile dieser Roboter-Kategorie</b>			

<div style="background-color: #003366; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">hohe Präzision</div> <div style="background-color: #003366; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Verfügbarkeit</div> <div style="background-color: #003366; color: white; padding: 5px;">Geduld, Ausdauer, Kraft, Beweglichkeit</div>	<div style="background-color: #003366; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">kleinste Abweichungen</div> <div style="background-color: #003366; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Entlastung</div> <div style="background-color: #003366; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">hohe „Trefferquote“</div> <div style="background-color: #003366; color: white; padding: 5px;">Beweglichkeit</div>	<div style="background-color: #003366; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">schwer zugängliche Stellen</div> <div style="background-color: #003366; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Erfahrungsschatz</div> <div style="background-color: #003366; color: white; padding: 5px;">minimalinvasiv</div>
---	--	--

Bildquellen: Diagnostik mit KI: David A Litman – stock.adobe.com / Roboter im OP: zapp2photo – stock.adobe.com / Roboter in Therapie, Reha und Pflege: M.Dörr & M.Frommherz – stock.adobe.com

Abbildung 5

Neben den Vorteilen haben viele Menschen aber auch Bedenken, sich von einem Roboter medizinisch behandeln zu lassen. Dabei steht die Frage im Mittelpunkt, inwieweit Roboter gemäß den allgemein geltenden Sitten und Normen arbeiten, also moralisch handeln. Erklärungen und Ansichten zu Ethik und Moral bei Robotern sind in einem Kasten in Abbildung 6 zusammengefasst. In der Tabelle darunter werden denkbare Fehlerquellen der verschiedenen Roboter-Typen genannt.

- ▶ Diskutiert die Fehlerquellen und macht euch nochmal die technischen Komponenten der einzelnen Roboter-Typen aus der Grafik in Aufgabe 1 bewusst. Füllt danach die Tabelle in Stichworten aus. Nutzt die Thesen aus dem Kasten als Hilfestellung.
- ▶ Gebt zum Schluss ein kurzes Statement ab: Unter welcher Bedingung würdet ihr euch von einem Roboter behandeln lassen?

## MATERIAL

## ETHIK UND MORAL BEI ROBOTERN

**Ethik und Moral:**

**Ethik** ist die Theorie vom Handeln mit der Unterscheidung von Gut und Böse. Dabei macht sie Aussagen zu Moral.

**Moral** ist ein in der Gesellschaft verankerter Satz aus Überzeugungen, Vorstellungen, Ideen und Werten in Bezug auf das, was gut und böse ist.

**Moralisch handeln** bedeutet, sich gemäß der von Gesellschaft und Kultur akzeptierten sittlichen Normen und Gebote zu verhalten.

**Roboterethik:****Prof. Dr. Catrin Misselhorn über die Maschinenethik:**

„Volle moralische Handlungsfähigkeit erfordert, dass Roboter über Bewusstsein, Willensfreiheit und die Fähigkeit zu moralischer Reflexion und Begründung verfügen.“

„Autonom Handeln bedeutet, begründet zu handeln und aus eigener Veranlassung. Die Gründe für das (moralische) Handeln werden durch Erziehung oder Programmierung verinnerlicht.“

„Zugespitzt kann man Programmierung als eine 'harte' Form der Erziehung deuten, umgekehrt Erziehung als eine sehr 'weiche' Form der Programmierung.“

„In der Maschinenethik geht es darum, Roboter so zu programmieren, dass sie moralische Entscheidungen treffen können.“

**Elon Musk, Tesla:**

„Künstliche Intelligenz ist der seltene Fall, von dem ich denke, wir sollten in der Regulierung proaktiv statt reaktiv sein.“

	DIAGNOSTIK MIT KI	ROBOTER IM OP	ROBOTER IN THERAPIE, REHA UND PFLEGE
<b>Beispiel eines Fehlerfalls</b>	Bildanalyse oder Symptombeschreibung führt zu Fehldiagnose.	Roboter schneidet bzw. arbeitet an falscher Position.	Roboter bevormundet Patienten oder reagiert nicht flexibel auf Einwände.
<b>Wird der Roboter durch den Menschen kontrolliert?</b>			
<b>Ist der Roboter voll moralisch handlungsfähig?</b>			
<b>Ist der Roboter autonom handelnd?</b>			
<b>Sind Regulierung und gesetzliche Vorschriften beim Einsatz des Roboters nötig?</b>			
<b>Würde ich selbst die Behandlung durch den Roboter wagen?</b>			

Abbildung 6