



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

VORAUSSETZUNGEN

Es ist hilfreich, wenn die Unterrichtseinheit „Künstliche Intelligenz“ bereits im Vorfeld durchgeführt wurde: <https://www.me-vermitteln.de/unterrichtsmaterialien/unterrichtseinheiten/technik-und-informatik/unterrichtsthema-kuenstliche-intelligenz>

Die Schülerinnen und Schüler sind mit der mobilen Internet-Recherche vertraut und können auf externe Links und Videos im Internet zugreifen. Vor der Einheit sollte zur Einstimmung auf das Thema die Hausaufgabe bearbeitet werden.

GESAMTZEIT: 90 MINUTEN

HINWEISE ZUM STUNDENABLAUF

PHASE	INHALT	ZEIT
1. Einstieg und Motivation: Video über Exoskelett	Starten Sie die Unterrichtseinheit mit diesem Video: https://www1.wdr.de/mediathek/video/sendungen/quarks-und-co/video-wenn-muskeln-nicht-mehr-arbeiten-koennen-100.html (Beschreibung eines Exoskeletts). Fragen Sie die Schülerinnen und Schüler, was das im Video gezeigte Exoskelett mit dem Thema Robotik zu tun haben könnte. Sammeln Sie wichtige Stichworte in einer Mindmap, dazu gehören z. B. die verschiedenen Anwendungsgebiete und die technischen Komponenten.	10 Min.
2. Übersicht zu Robotik in den verschiedenen Medizinbereichen	Mit einem Sachtext machen sich die Schülerinnen und Schüler zuerst in Einzelarbeit mit verschiedenen Roboter-Typen in den wichtigsten medizinischen Bereichen (Diagnostik, OP, Therapie/Reha/Pflege) vertraut. Sie erkennen, wie weit der Begriff Robotik zu fassen ist und auf welchen Medizin-Bereichen der Fokus liegt. Auch technische Elemente wie Mechanik, Software und Kontrollsysteme sowie Sensorik und Aktoren werden erklärt.	20 Min.
3. Roboter im OP und Beispielanwendungen	Von jetzt an arbeiten die Schülerinnen und Schüler in Zweier-Teams. Sie lernen drei OP-Anwendungen genau kennen und tragen wesentliche Komponenten und Merkmale als Ergebnis in einer Übersichtstabelle zusammen. Mit einer Anleitung zur Zukunftsprognose und Denkanstößen zur Entwicklung der technischen Roboter-Eigenschaften wagen die Teams eine eigene Zukunftsprognose. Dieselbe Methode wenden sie auf die zur Entwicklung von Medizinrobotern beteiligten Berufsfelder an. Die Informationen entstammen dem Dokument „Automatisierung in der Medizintechnik“ (Link: https://www.think-ing.de/system/files/downloads/geprüfter%20Benutzer/227/ti-kompakt-2019-05-medizintechnik_0.pdf) und sind als Textbausteine vorgegeben.	30 Min.
4. Möglichkeiten, Herausforderungen und Ethik bei Medizin-Robotern	Unter Zuhilfenahme von Aufgabe 1 vertiefen die Teams ihr Wissen zu den drei Einsatzbereichen von Medizin-Robotern. Mithilfe einiger vorgegebener Schlagworte formulieren sie wesentliche Vorteile konkreter Anwendungsbeispiele. Zur kritischen Analyse der Medizin-Roboter setzen sie sich anschließend mit einigen Grundsätzen der Maschinen-Ethik auseinander. Mit diesem Wissen untersuchen sie anhand von vorgegebenen Kriterien, inwieweit die Ethik-Kriterien auf die Beispiele anwendbar sind. Zudem nennen sie die Kontrollmechanismen jeder Anwendung. Zum Schluss geben die Schülerinnen und Schüler ein kurzes Statement darüber ab, inwieweit sie Medizin-Robotern vertrauen.	30 Min.

BINNENDIFFERENZIERUNG

- ▶ Die Basisaufgabe ist von allen Schülerinnen und Schülern zu lösen.
- ▶ Die Bonusaufgabe ist optional, sie dient als Reserve oder Ergänzung für leistungsstärkere Lernende.

HAUSAUFGABE:

Erkunde in deiner Wohnung oder dem Garten oder recherchiere im Internet:

Welche Funktionen hat ein Service-Roboter (z. B. ein Staubsauger- oder Mähroboter)?

- Trage deine Untersuchungsergebnisse in die Tabelle ein.
- Wie intelligent ist dein Roboter? Formuliere 2-3 Sätze.

	Service-roboter
1. Muss der Arbeitsbereich vorbereitet werden? Wenn ja, wie?	
2. Werden Hindernisse erkannt? Wenn ja, wie werden sie erkannt?	
3. Wenn nein, welche Hindernisse werden nicht erkannt?	
4. Kann man den Roboter auch manuell per Fernbedienung steuern?	
5. Nach welchem Prinzip bearbeitet der Roboter die Fläche?	
6. Sind Nacharbeiten notwendig? Wenn ja, welche?	
7. Macht der Roboter sich bemerkbar, wenn er umkippt oder hängenbleibt?	
8. Kann er unbemerkt liegenbleiben? Wenn ja, warum?	
9. Wie wird der Akku geladen?	
10. Gibt es gefährliche Situationen? Wenn ja, welche?	

HINWEISE UND LÖSUNGEN ZU DEN AUFGABEN

HAUSAUFGABE

Lösungsvorschlag:

	Serviceroboter
1. Muss der Arbeitsbereich vorbereitet werden? Wenn ja, wie?	Verlegekabel zur Begrenzung; Rasen-/Boden-Sensor
2. Werden Hindernisse erkannt? Wenn ja, wie werden sie erkannt?	Stoßsensor und anschließendes Umfahren von Hindernissen
3. Wenn nein, welche Hindernisse werden nicht erkannt?	Flache/kleine Hindernisse
4. Kann man den Roboter auch manuell per Fernbedienung steuern?	Ja, per App oder Fernbedienung; manuelle Spezialreinigung
5. Nach welchem Prinzip bearbeitet der Roboter die Fläche?	Kartennavigation; Zufall
6. Sind Nacharbeiten notwendig? Wenn ja, welche?	Ja, an schwer zugänglichen Stellen.
7. Macht er sich bemerkbar, wenn er umkippt oder hängenbleibt?	Nein, aber Messer schaltet sich ab; Ja, Sauger piepst
8. Kann er unbemerkt liegenbleiben? Wenn ja, warum?	Ja, hat sich festgefahren; findet die Ladestation nicht
9. Wie wird der Akku geladen?	Automatisches Anfahren der Ladestation; Probleme beim Finden der Ladestation, wenn Sauger zu weit weg.
10. Gibt es gefährliche Situationen? Wenn ja, welche?	Sensor erkennt Kleinstlebewesen und kleine Hindernisse nicht; überfährt „Hindernis“ und arbeitet weiter: saugt Käfer ein oder häckselt Schnecken

Fazit:

Der Roboter ist nicht intelligent. Er gehorcht fest einprogrammierten Regeln und nimmt die Umgebung mit den Sensoren nur eingeschränkt wahr. Er benötigt Aufsicht und Nacharbeit.

EINSTIEG UND MOTIVATION

Lösungsvorschlag:

Stichworte aus dem Video:

- **Roboter-Skelett: Einsatzmöglichkeiten und Vorteile**
 - für Gelähmte
 - mehr Lebensqualität durch die Möglichkeit, aufrecht zu stehen
 - Verhinderung des Knochenabbaus und von Nervenschmerzen durch passive Bewegung und Durchblutung der Muskulatur
- **Steuerung und Intelligenz des Skeletts**
 - manuelle Einstellung der Grundfunktion (Stehen/Gehen) per Fernbedienung am Handgelenk
- Auslösen der Schritt-Funktion eines Beines nach vorne durch Schwerpunktverlagerung des Oberkörpers, Auslösen der Neigungssensoren
- Körper wird durch die menschliche Armarbeit in Balance gehalten
- „Intelligenz“ zum Betrieb liegt beim Menschen
- **Mechanik und technische Komponenten**
 - Kunststoff-„Skeletteile“, Motoren und Akku
 - Befestigung der „Skeletteile“ und Motoren mit Schnallen an Gliedmaßen und Oberkörper

1. ROBOTIK IN DEN VERSCHIEDENEN BEREICHEN DER MEDIZIN

ROBOTER IN DREI MEDIZINBEREICHEN

Lösungsvorschlag:

	DIAGNOSTIK	OPERATIONSTECHNIK	THERAPIE, REHA UND PFLEGE
Art der Roboter	<p><u>Roboter-Automat</u> oder <u>mobiler Chatbot</u></p>	<p><u>Teilautomatisierte Maschine</u> mit <u>humanoiden Greifelementen</u> oder <u>Nanobots</u></p>	<p><u>Mobile, humanoide Roboter</u> mit menschenähnlichem Aussehen</p>
Mechanik & Hardware	<ul style="list-style-type: none"> • Feststehender oder verschiebbarer Automat • App auf Tablet 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Gelenke</u> • Mehrere <u>Drehachsen</u> • <u>Aktoren</u> mit Instrumenten 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Beweglichkeit</u> • <u>Kraft</u> • <u>Künstliche Muskeln</u>
Intelligenz & Software	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Mustererkennungs-Software</u> mit Künstlicher Intelligenz (KI) • <u>lernende Algorithmen</u> • Vergleich mit <u>Big Data</u> <ul style="list-style-type: none"> - Hautveränderungen - Lungenerkrankungen - Erkrankungen der Netzhaut - Neuronale Erkrankungen 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Fernsteuerung per Joystick</u> • <u>Vorab-Programmierung</u> 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Autonom durch KI</u> • <u>Ferngesteuert</u> • <u>Fest programmiert</u>
Kontrollsysteme	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Screening-Bild</u> • <u>Sprachsteuerung</u> 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>3-D-Bildüberwachung</u> • <u>Räumliches Navigationssystem</u> • <u>Rückmeldung der Sensoren</u> 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Rückmeldung der Sensoren</u> • <u>Navigation im Raum</u> • <u>Gedanken</u> bei Prothesen oder Exoskelett

BONUSAUFGABE: KONKRETE BEISPIELANWENDUNGEN FÜR ROBOTER IN THERAPIE, REHA UND PFLEGE

Lösungsvorschlag:

	THERAPIE	REHA	PFLEGE
Name/ Bezeichnung	Künstliche Armprothese	Geh-Roboter nach Schlaganfall	Emotionaler Roboter Paro
Äußere Erscheinung	Mechanischer Arm mit Gelenken, Hand und Fingern	Exoskelett für Beine und Hüfte	Plüschtier Robbenbaby
Bewegungs- oder andere Möglichkeiten	Künstliches Handgelenk kann sich beugen, Kunstfinger greifen, Einknicken im künstlichen Ellenbogen	Die natürliche Gelenkbewegung der Beine, Hüfte und Fußgelenke wird von außen über Hebel herbeigeführt.	Mimik, Töne, Vibration
Steuerung und Kontrolle	Über Nervenimpulse aus dem Stumpf	Sensoren und Programmierung	Mehrere Sensoren und Computer reagieren auf Berührung

2. ROBOTER IM OP

ROBOTER IM OP

Lösungsvorschlag:

	ANWENDUNG IM BEISPIEL	MECHANIK, BEWEGLICHKEIT, MOBILITÄT, ABMESSUNGEN	KONTROLLE, STEUERUNG UND NAVIGATION	SENSOR	AKTOR	VORTEILE
M²OLIE	Entnahme von Gewebeproben, Strahlentherapie vor Ort	beweglicher Operationsarm drehbar um viele Achsen, Aufnahme verschiedener Werkzeuge, stationär, übermannshoch	Navigation über Bildaufnahmen, Programmierung, Arzt oder Ärztin steuert fern über Konsole; Arzt oder Ärztin stellt sich den Roboter so ein, dass er/sie gut und sicher arbeiten kann	Magnetresonanztomografie MRT, Computertomografie CT	Werkzeug mit Nadel, Schneidwerkzeug, Greifer, Werkzeug mit Bestrahlung	weniger Zeitaufwand, Präzision, minimalinvasiv, keine offene OP
Nanobot für Augen-OP oder Mikroroboter für Medikamente	Medikament zur Netzhaut; über die Blutbahn zu Krebszellen bringen	Propellerantrieb, freibeweglich im Raum, autonomes System, 200x kleiner als menschliches Haar; rollende Glaskugel, Magnetantrieb, so groß wie weiße Blutkörperchen	Steuerung von außen über Elektromagnetfeld; Antrieb von außen über Magnetfeld	eisenhaltiges Material reagiert auf Magnetfeld; Nickelfilm reagiert auf Magnetfeld	Propeller; kein Aktor, passive, rollende Bewegung einer Kugel	Gelangt ohne OP und Gewebeerletzung an schwer zugänglichen Ort; keine OP, Weg über die Blutbahn zur Krebszelle
ARTORG OP-Roboter	Bohren eines winzigen Tunnels durch sensible Bereiche zum Innenohr für Cochlea-Implantat	frei beweglicher Roboterarm, Gelenke sind fest montiert, feiner, übergroßer „Arm“	Kontrolle durch Auswertung der Sensorsignale, Überwachung über CT-Bild durch das medizinische Fachpersonal	Stereokamera zur Positionierung, Bohrkräfte werden gemessen, Stimulation und Messung von Nervensignalen	Bohrer	hochpräzise, Arbeit im für die Ärztin oder den Arzt nicht sichtbaren Bereich

Eventuell benötigen die Schülerinnen und Schüler die Erklärung folgender Fachbegriffe:

minimalinvasiv:

Eine Operation im Körper mit sehr kleinen Schnitten ins Gewebe. Diese Methode ist wenig belastend für den Patienten und eine schnellere Heilung ist möglich.

Nano-:

Vorsilbe zur Bezeichnung extrem kleiner Dinge. Genauer wird damit der 10^{-9} Teil einer Messgröße bezeichnet.

ZUKUNFTSPROGNOSE FÜR OP-ROBOTER

Lösungsvorschlag:

Methode für eine seriöse Zukunftsprognose:

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

OP-Roboter

Sensoren

Computer, Kontrolle, Navigation

Aktoren

- 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 fühlende Multisensoren
- 10 Aktoren mit Rückmeldung „wie es sich anfühlt“

Stand der Gegenwart
Weiterentwicklung
Zukunft in 20 Jahren

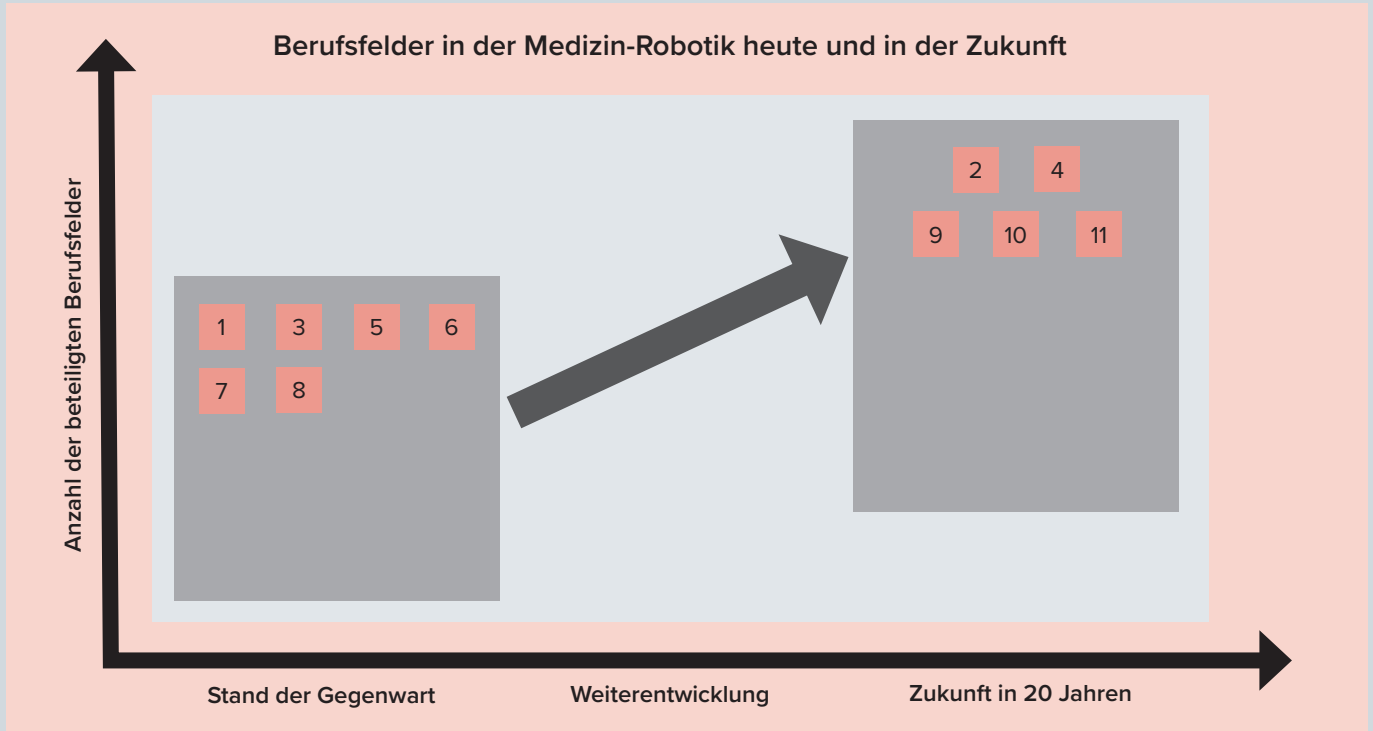
Meine Zukunftsprognose:

- Mobile Kleinst-OP-Roboter, die selbstständig nach Programm minimalinvasive Kleinoperationen (z. B. Schnittwunde nähen) zuhause durchführen können.
- Nanobots, die ohne OP in den Körper gelangen und an Organen OPs (z. B. Tumor entfernen) vornehmen.

ZUKUNFTSPROGNOSE FÜR BERUFSFELDER

Lösungsvorschlag:

A	8	B	7	C	11	D	2	E	9	F	3
G	10	H	4	I	1	J	5	K	6		



3. MÖGLICHKEITEN, HERAUSFORDERUNGEN UND ETHIK BEI MEDIZIN-ROBOTERN

VORTEILE VON ROBOTIK IN DER MEDIZIN

Lösungsvorschlag:

	DIAGNOSTIK MIT KI	ROBOTER IM OP	ROBOTER IN THERAPIE, REHA UND PFLEGE
Typisches Beispiel	Erkennen von bösartigen Gewebeveränderungen 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.
Vorteile dieser Roboter-Kategorie	<ul style="list-style-type: none"> hohe „Trefferquote“ durch Vergleich mit Millionen anderen Bildern (Big Data) Erfahrungsschatz des medizinischen Fachpersonals wird erweitert kleinste Abweichungen von „normal“ sind erkennbar 	<ul style="list-style-type: none"> hohe Präzision, kein Wackeln, kein Zittern Behandlung schwer zugänglicher Stellen minimalinvasive Behandlung, schonend für Patientinnen und Patienten größere Beweglichkeit als der Mensch 	<ul style="list-style-type: none"> Entlastung der Pflegekräfte 24h-Verfügbarkeit größere Geduld, Ausdauer, Kraft und Beweglichkeit als Mensch

ETHIK UND MORAL BEI ROBOTERN

Lösungsvorschlag:

	DIAGNOSTIK MIT KI	ROBOTER IM OP	ROBOTER IN THERAPIE, REHA UND PFLEGE
Beispiel eines Fehlerfalls	Bildanalyse oder Symptombeschreibung führt zu Fehldiagnose.	Roboter schneidet bzw. arbeitet an falscher Position.	Roboter bevormundet Patienten oder reagiert nicht flexibel auf Einwände.
Wird der Roboter durch den Menschen kontrolliert?	<ul style="list-style-type: none"> keine Kontrolle der lernenden Algorithmen Ärztin oder Arzt kann über das Diagnose-Ergebnis entscheiden 	<ul style="list-style-type: none"> Fernsteuerung des Roboters über Joystick 	<ul style="list-style-type: none"> je nach Roboter-Typ eher gering Roboter reagiert nach den programmierten Möglichkeiten
Ist der Roboter voll moralisch handlungsfähig?	Nein, kein Bewusstsein, keine Willensfreiheit	Nein, kein Bewusstsein, keine Willensfreiheit	Nein, kein Bewusstsein, keine Willensfreiheit
Ist der Roboter autonom handelnd?	Ja, nach lernendem Algorithmus der KI und Vergleich mit Big Data	Nein, das medizinische Fachpersonal steuert	Teils ja, nach Programmierung oder KI
Sind Regulierung und gesetzliche Vorschriften beim Einsatz des Roboters nötig?	Ja, z. B. wird eine Zweitmeinung eines Arztes oder einer Ärztin eingeholt oder mit anderem Bild wiederholt	Nein, Kontrolle und Verantwortung liegen beim Fachpersonal	Ja, standardisierte, moralische Vorgaben für die Programmierung
Würde ich selbst die Behandlung durch den Roboter wagen?	Ja	Ja	Vielleicht, je nach Anwendung

Mögliches Statement:

Je weniger autonom ein Roboter entscheidet und je weniger „handgreiflich“ er ist, desto größer ist mein Vertrauen. Ich würde der Diagnose durch KI und dem OP-Roboter vertrauen, weil die Ärztin oder der Arzt letztlich doch noch über das weitere Vorgehen entscheiden muss.