



Gesundheitswesen: Mehr Lohn für Ärzte bringt die Tarifeinigung am Uniklinikum Leipzig. Mitteldeutsche Zeitung. <https://www.mz.de/mitteldeutschland/leipzig/mehr-lohn-fur-arzte-bringt-die-tarifeinigung-am-uniklinikum-leipzig-3494595> (abgerufen am 10.12.2022)



UNIVERSITÄT
LEIPZIG

Arzt-Computer-Teams

- Ein Vortrag von Sophie Burchardt und Saskia Dübener

Leipzig, 13.12.2022

GLIEDERUNG

1. Was bedeutet KI im Gesundheitswesen?
2. Roboter gestützte Ops
3. DaVinci Roboter als explizites Beispiel
4. Möglichkeiten und Probleme Roboter gestützter OPs
5. Augmented und Virtual Reality
6. Vorteile und Nachteile von AR
7. Theorie des *Level of Authonomy*

WAS BEDEUTET KI IM GESUNDHEITSWESEN?

„KI im Gesundheitswesen stellt eine Sammlung mehrerer Technologien dar, die es Maschinen ermöglichen, zu erfassen, zu verstehen, zu handeln und zu lernen, damit sie administrative und klinische Gesundheitsfunktionen ausführen können.“ - Accenture



© Alexander Limbach / stock.adobe.com

AKTUELLE FORSCHUNGSGEBIETE



Robot-Assisted Surgery**



Virtual Nursing Assistants



Administrative Workflow Assistance



Fraud Detection



Dosage Error Reduction



Connected Machines



Clinical Trial Participant Identifier



Preliminary Diagnosis



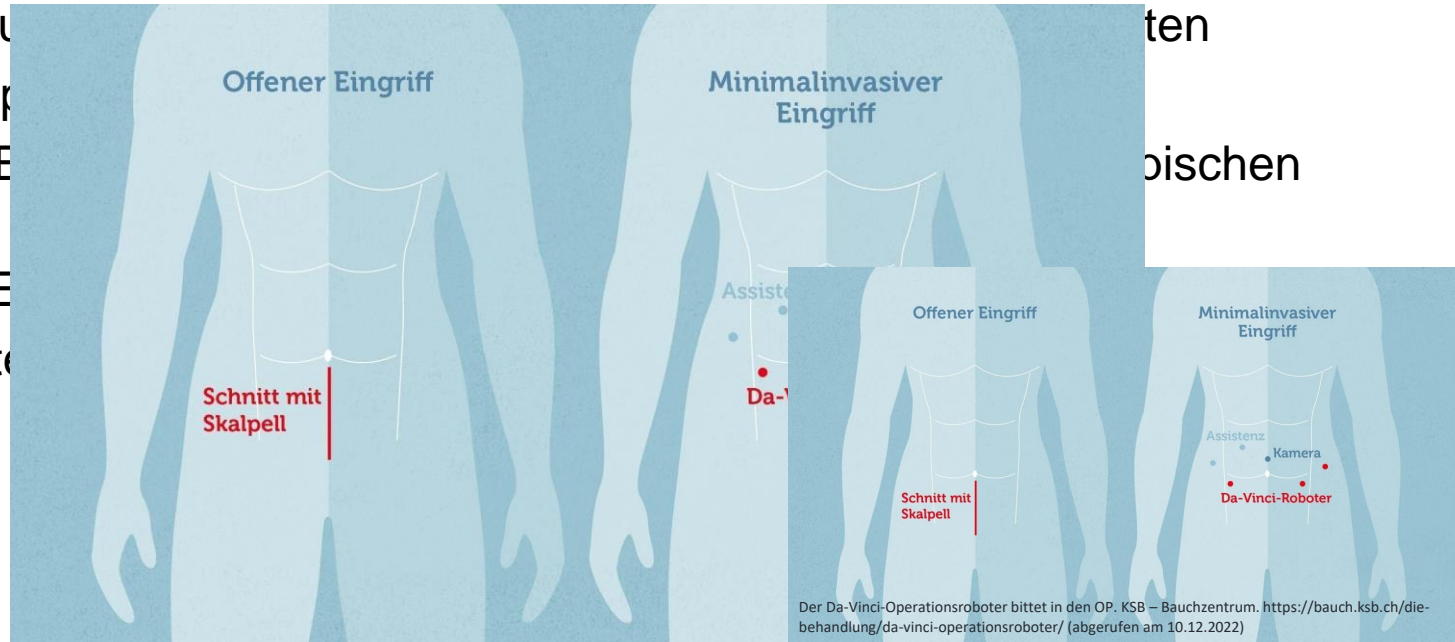
Automated Image Diagnosis



Cybersecurity

ROBOTER GESTÜTZTE OP - WAS IST DAS? WOZU BRAUCHE ICH DAS?

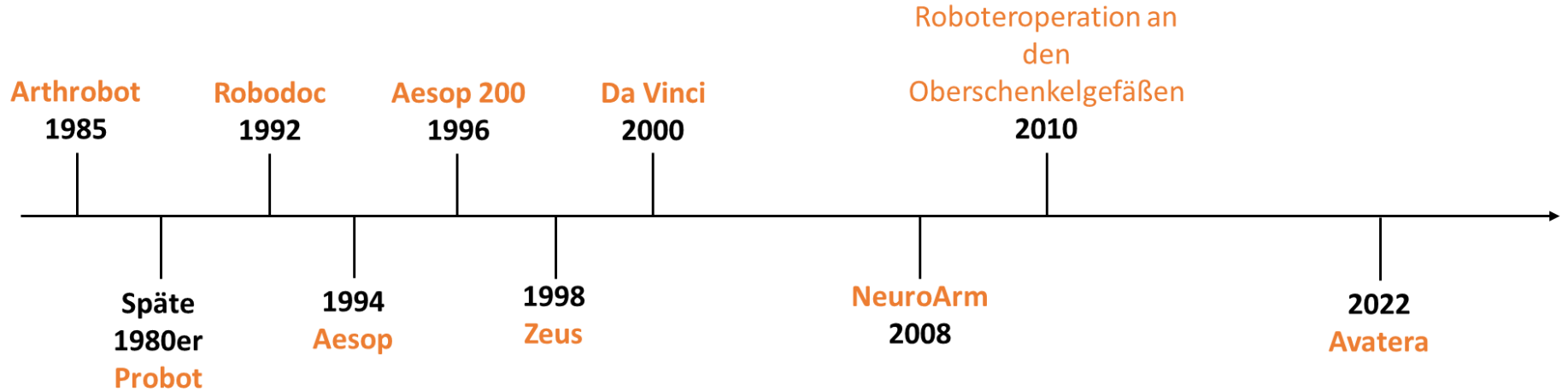
- Ermöglichung minimal invasiver Eingriffe
- Verringerung
- Chirurg op
- Benötigt E
- Kamera
- bessere E
- Die meisten



Der Da-Vinci-Operationsroboter bittet in den OP. KSB – Bauchzentrum. <https://bauch.ksb.ch/die-behandlung/da-vinci-operationsroboter/> (abgerufen am 10.12.2022)

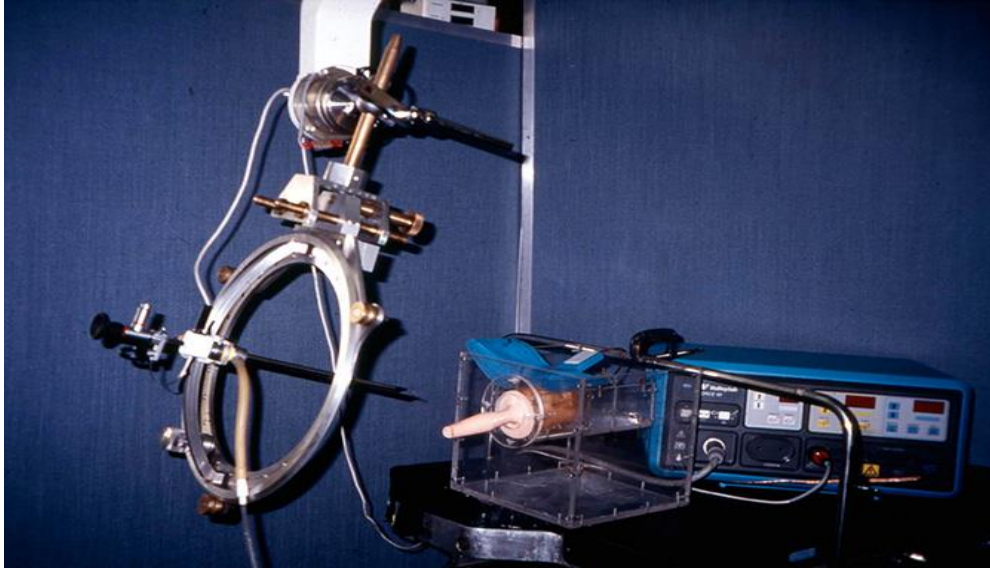


ÜBERBLICK ÜBER DIE GESCHICHTLICHE ENTWICKLUNG





ENDOSKOP



PROBOT <https://www.wired.com/2009/09/surgical-robots/>



ROBODOC https://www.researchgate.net/figure/TSolution-One-O-Robodoc-system_fig4_320732869



AESOP 2000 https://www.researchgate.net/figure/AESOP-2000-an-acronym-for-automated-endoscopic-system-for-optimal-positioning-as-a_fig1_13482747



Zeus Robot Arms

ZEUS https://www.researchgate.net/figure/Zeus-Robotic-Surgical-System-1_fig3_327561755



Zeus Console

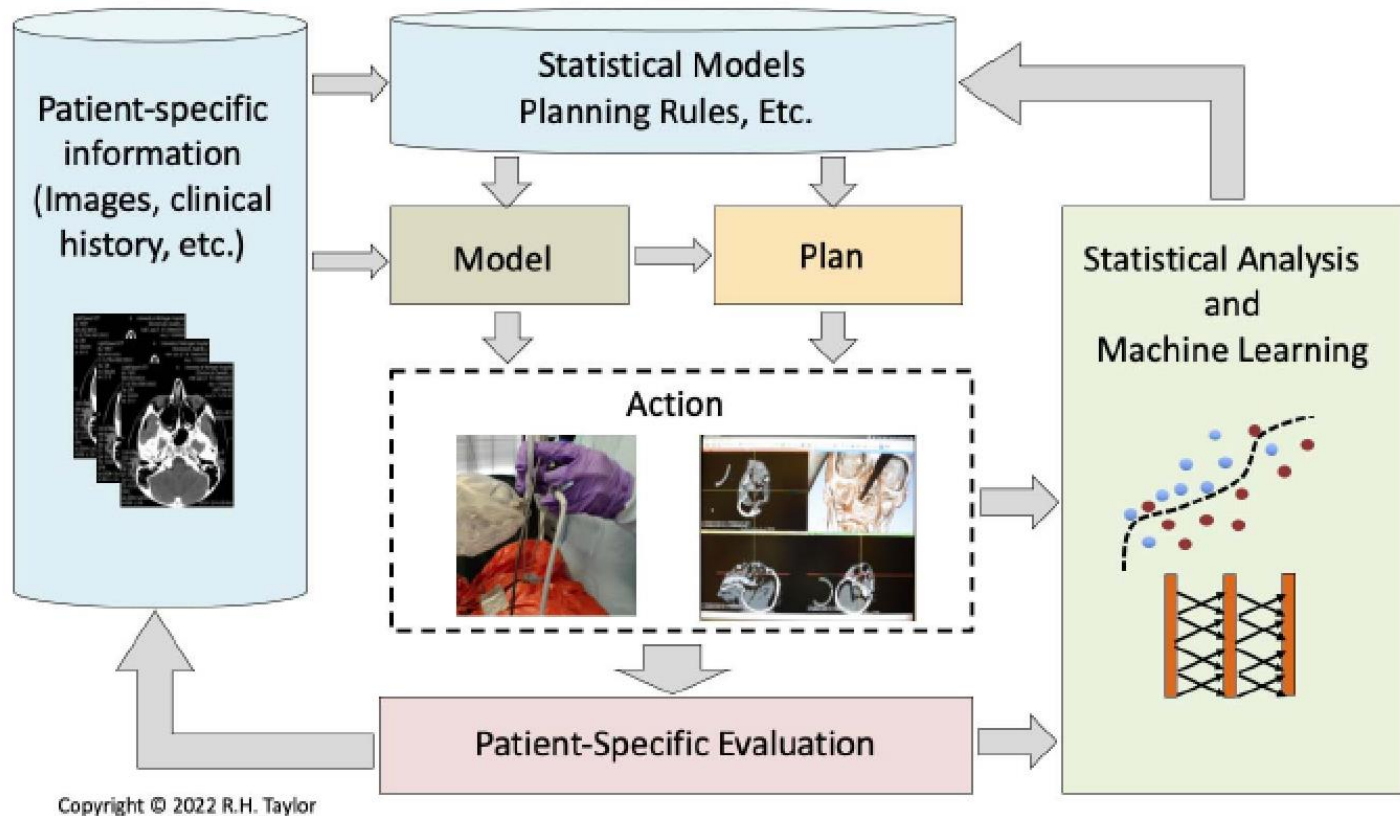


Fig. 2. *Information flow in computer-integrated interventions. (Figure copyright (C)*

2022 R. H. Taylor.)

Taylor, R. H., Simaan, N., Menciassi, A., & Yang, G. Z. (2022). Surgical Robotics and Computer-Integrated Interventional Medicine. Proceedings of the IEEE, 110(7), 823-834.

KÜNSTLICHE INTELLIGENZ UND AUGMENTED REALITY



KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

- Operative Aktivitäten erkennen
- Operative Aktivitäten planen
- Verbesserung *situation awareness*
- Automation einiger Aktionen
- Agiert auf Grundlage der Verarbeitung und Analyse von gesammelten Sensordaten



AUGMENTED REALITY

- Zielt darauf eine verbesserte operative Umgebung zu schaffen
- Unterstützung bei Entscheidungen des Chirurgs
- Hilft durch Visualisierung und Integration von zusätzlichen Informationen
- Verbesserung *situation awareness*

ARTEN VON OP-ROBOTERN



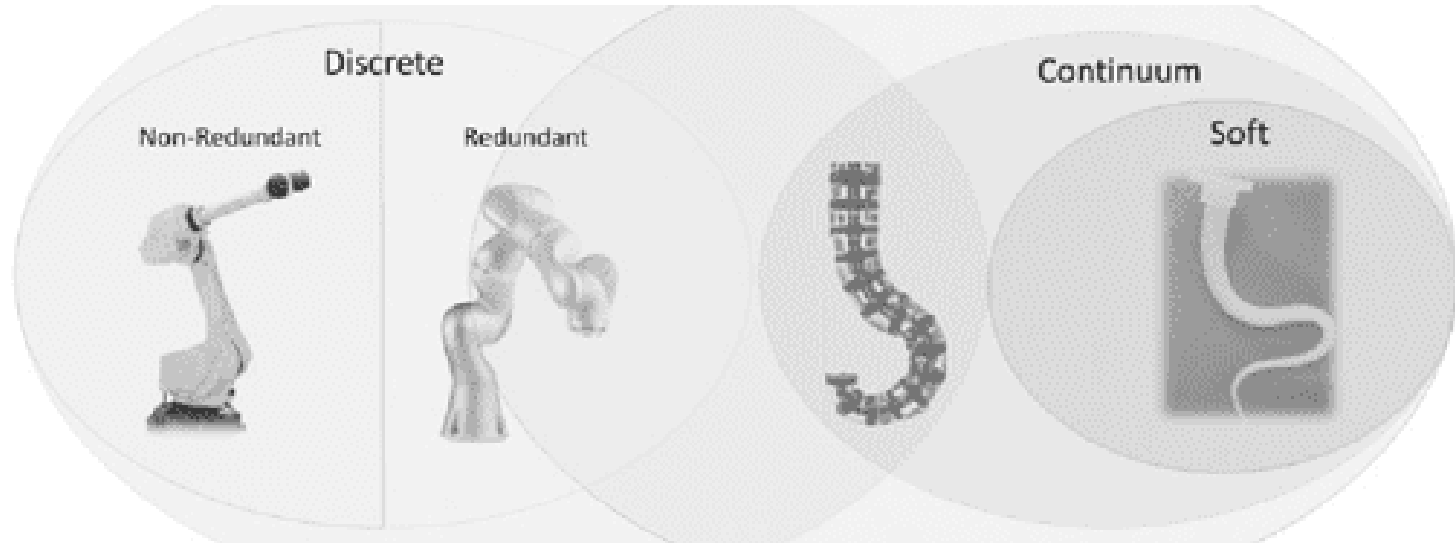
OP-ROBOTER MIT STARREN INSTRUMENTEN

- Beruhen auf länglichen, meist starren Teilen, Getrieben & Sehnen
- Chirurgische Instrumente miniaturisiert und über Roboterarm in den Körper eingeführt
- Steuerung relativ „einfach“

CONTINUUM AND SOFT ROBOTICS

- beruhen auf Drähten, Push-Pull-Betätigung oder antagonistischen elastischen Schlauchpaaren
- Lenkung & Navigation durch passive und aktive Ablenkung durch Anatomie oder Chirurg
- Steuerung ist recht kompliziert und erfordert viele Sensoren

ARTEN VON OP-ROBOTERN



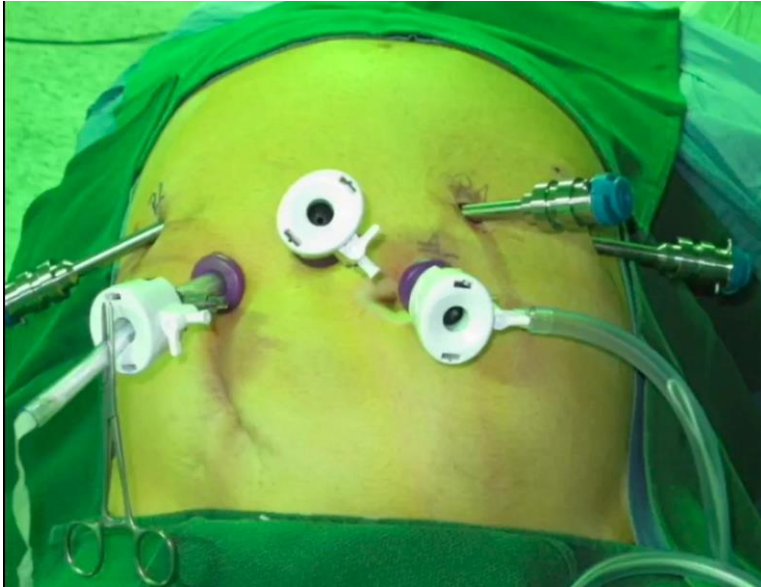
George Thuruthel, T., Ansari, Y., Falotico, E., & Laschi, C. (2018). Control Strategies for Soft Robotic Manipulators: A Survey. *Soft robotics*, 5 2, 149-163 .
Figure 1

DAVINCI ROBOTER - AUFBAU



Liver Disease and Surgery - Scientific Figure on ResearchGate. Available from: https://www.researchgate.net/figure/The-Da-Vinci-xi-system-a-illustrates-the-current-4th-generation-da-Vinci-xi-R-robotic_fig2_335676804 (Abgerufen am 10.12.2022)

DAVINCI ROBOTER - AUFBAU



Indocyaningrün (ICG) navigierte, Roboter-assistierte Hemihepatektomie links; R.S. Croner, Magdeburg, 2020
<https://www.mediathek-dgch.de/filmangebote/viszeralchirurgie/gallenwege-und-leber/> (Abgerufen am 10.12.2022)



DAVINCI ROBOTER – EINSATZ UND KOSTEN

- Jährlich 1,5 Millionen Eingriffe mithilfe des Da Vincis
 - Über 7000 Da Vinci Systeme in täglicher klinischer Nutzung
- Über 15% aller chirurgischen Verfahren im Jahr 2020 robotisch durchgeführt
- Anwendung nicht nur in minimal invasiven OPs, sondern auch in offenen Ops

ABER!

- Anschaffung des Gerätes kostet 2,5 Millionen Dollar
- Die Instrumente können nur für 10 Eingriffe verwendet und somit immer wieder neu angeschafft werden

Lohnt sich das?

WARUM IST DER DAVINCI SO ERFOLGREICH?

- Fortgeschrittene technologische Features, u.a. bessere Sicht und Instrumentation
- Ergonomie und Sicherheit
- Starke Beweise für verbesserte Patientenergebnisse
- gezielte Eingriffe, bei denen die Lebensqualität deutlich verbessert werden kann
- Starkes Trainingsprogramm entwickelt (einschließlich Simulatoren)
- Massives Marketing und Promotion
- Lösungsverkauf (verbrauchs- und servicebasiertes Geschäftsmodell)

WELCHE MÖGLICHKEITEN ERGEBEN SICH DADURCH?

- Ermöglichung minimal invasiver Operationen
- Verkürzung der Aufenthaltsdauer von Patienten
- Verbesserung der Ergonomie und Präzision
- Zittern der menschlichen Hand durch Tremorfilter herausgerechnet
- Gefahr vor Infektionen ist geringer für Patient sowie für den Chirurg
- Verkürzung der Aufenthaltsdauer von Patienten
- Chirurgen müssen sich während der OP keinen Röntgenstrahlen aussetzen
- Integrierte Feedback- und Überwachungssysteme zur Verhinderung von Behandlungsfehlern
- Erschütterungsfreie 3D-Sicht auf Operationsgegenstände
- Sterblichkeit bei minimal invasiven Eingriffen geringer (bei Leber-OPs)

WELCHE PROBLEME BESTEHEN NOCH?

- Es werden sehr viele Daten für Weiterentwicklung der KI benötigt
- Hohe Anschaffungs- und Wartungskosten
- Ausbildung der Ärzte für die Nutzung dauert mehrere Jahre und ist kostenintensiv
- Haptik ist ausbaufähig
- Erfordert ausführliche Vorbereitung
- Gefahr durch Cyberangriffe

KI-GESTÜTZTE AUGMENTED UND VIRTUAL REALITY IN DER MEDIZIN

VIRTUAL REALITY

Virtual Reality ist ein Medium, welches aus einer computergenerierten, interaktiven Welt besteht, die den Nutzer vollständig umgibt und durch die Ansprache ein oder mehrerer Sinne mittels geeigneter Systeme besonders immersiv erlebt werden kann.



WAS IST AUGMENTED REALITY?

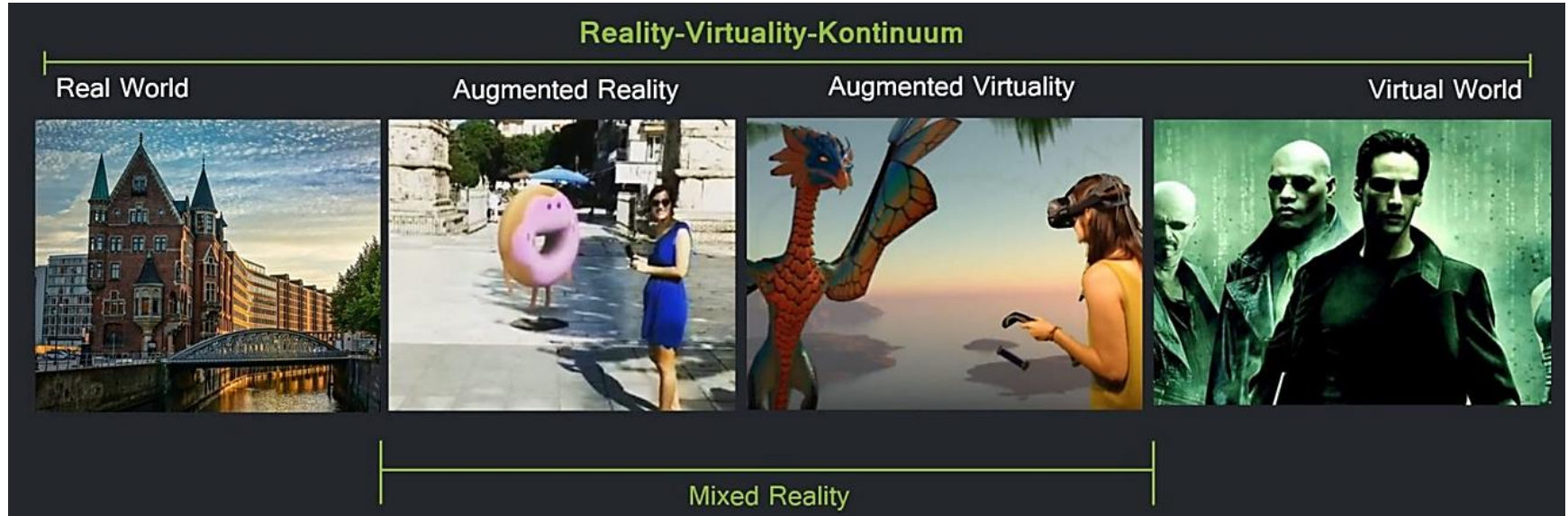
= **Erweiterte Realität**

Drei Definitionsmerkmale nach Ronald Azuma (1997):

1. AR ist eine Abwandlung von Virtual Reality
2. AR ergänzt die Realität um virtuelle Objekte
3. AR ist interaktiv in Echtzeit und registriert in 3D



VERGLEICH VIRTUAL REALITY UND AUGMENTED REALITY



<https://omnia360.de/blog/der-unterschied-zwischen-vr-und-ar/> nach Milgram et al.,05.12.2022

EINSATZBEREICHE VON AUGMENTED REALITY

- Behandlung von Patienten
 - Behandlung von Phantomschmerzen
 - Psychotherapie bei Paranoia oder starken Ängsten
 - Untersuchungen in der Augenheilkunde
 - Rehabilitation nach Schlaganfällen
- Aufklärung von Patienten
- Trainingssysteme für Studierende
- Unterstützung von Ärzt*innen durch visuelle Markierungen während der Operation
 - Navigationshilfe
 - Röntgenbilder oder MRT-/CT-Bilder als visuelle Ergänzung bei OPs



https://www.youtube.com/watch?v=vmFY_hJRxbA

WIE SIEHT DAS TRAINING MIT VR UND AR AUS?

- Studierende üben medizinische Eingriffe mit Hilfe von KI-gestützten:
 - Hologrammen
 - VR-Brillen
 - Augmented Reality
- Betrachtung von 3D-Modelle von Skeletten, Blutgefäßen oder komplexen Organen
- Interaktion mit VR-/AR-Anwendungen mittels speziellen Handschuhen oder Controllern
- Kommunikation mit virtuellen Patienten mittels VR-Brille
- Üben von genauen Abläufen in Operationen, sowie von Blutabnahme oder chirurgisches Nähen
- Bereitstellung von Leistungsfeedback auf der Grundlage von Trainingsaufzeichnungen

PHACON IN LEIPZIG





<https://www.youtube.com/watch?v=YO8lj1m0Zlw>



<https://www.youtube.com/watch?v=EOFVKEDIVJY>

AR UND VR BEI INTRAOPERATIVEN ANWENDUNGEN

- Möglichkeit von Arzt-Teams:
 - Remote Arzt: skizziert perfekte Schnittlinie für das Skalpell
 - Arzt vor Ort: sieht sowohl den realen Patienten vor sich als auch die virtuelle Linie
- Konsultation mit Experten oder anderen medizinischen Disziplin möglich
- Projektion von MRT- oder CT-Bilder als dreidimensionale Holographie in den Raum

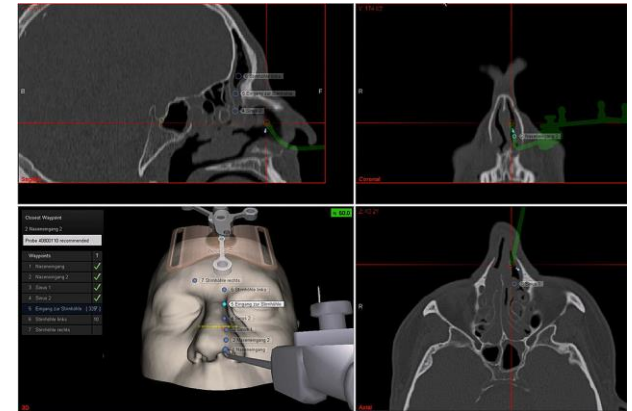
AR UND VR BEI INTRAOPERATIVEN ANWENDUNGEN

- Verbesserung der Tiefenwahrnehmung
- Erweiterung des Sichtfelds
- Kontrollsysteme

- Nachbereitung von Operationen:
 - Erkennung von Gesten und Arbeitsabläufen und die Rekonstruktion des Eingriffs
 - wertvolle Datenbasis für die chirurgische Ausbildung und Bewertung des OP-Verlaufs

ACQUA KLINIK

- Renommierete HNO-Klinik in Leipzig
- Surgical Management and Guidance System
 - OP-Computer liefert Informationen zur Position, zum Abstand zu wichtigen Strukturen,...
- Collision Warning
 - Warnsystem zur Verhinderung von Beschädigungen wichtiger Strukturen wie Nerven oder Hirnhaut



ACQUA KLINIK

- Procedure Point Navigation
 - Sicherung einer bestimmten Schrittfolge einer Operation
 - Abfrage von Handbüchern zur OP-Durchführung
- Surgical Recorder
 - Aufnahme von Ton, Endoskopkamera und SMGS
 - postoperative Auswertungen



VORTEILE VON AUGMENTED UND VIRTUAL REALITY

- Training, ohne, dass ein lebendiger Mensch zu Schaden kommt
- Flexiblere und kostengünstigere Ausbildung der Studierenden
- Üben genauer Operationsabläufe oder medizinischer Grundlagen
- Bessere Erfassung von Beschaffenheit von Organen und komplexe Anatomie
- Multiuser-Anwendung
 - Zusammenarbeit von Studierenden an verschiedenen Standorten

VORTEILE VON AUGMENTED UND VIRTUAL REALITY

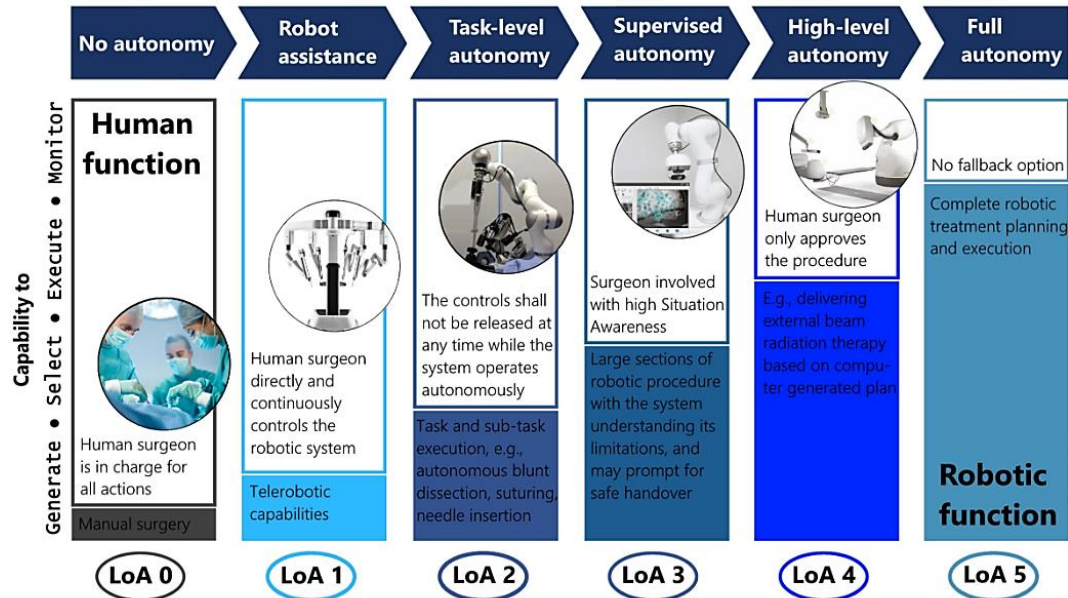
- Anzeigen von „Gebrauchsanweisung“ für selten genutzte OP-Instrumente
- Bessere Identifikation chirurgische Ziele
- Integrierte Feedback- und Überwachungssysteme
 - Kontrolle von Operierenden
- Patientenaufklärung: komplexe Sachverhalte visuell zugänglich machen

HERAUSFORDERUNGEN

- hohe Rechnerleistung benötigt
- Exakte Programmierung von Bilddateien, so dass keine Verschiebung zum unter der Haut liegenden Original visualisiert wird
- Bei längerer Anwendung: Schwindel oder überhitzte VR-Brillen
- Erhöhte Bildschirmzeit
- Fragmentiertes Gesundheitssystem in Deutschland

LEVEL OF AUTONOMY

Level of Autonomy (LoA) in Robotic Surgery



© Haldegger 2019

FALLBEISPIEL

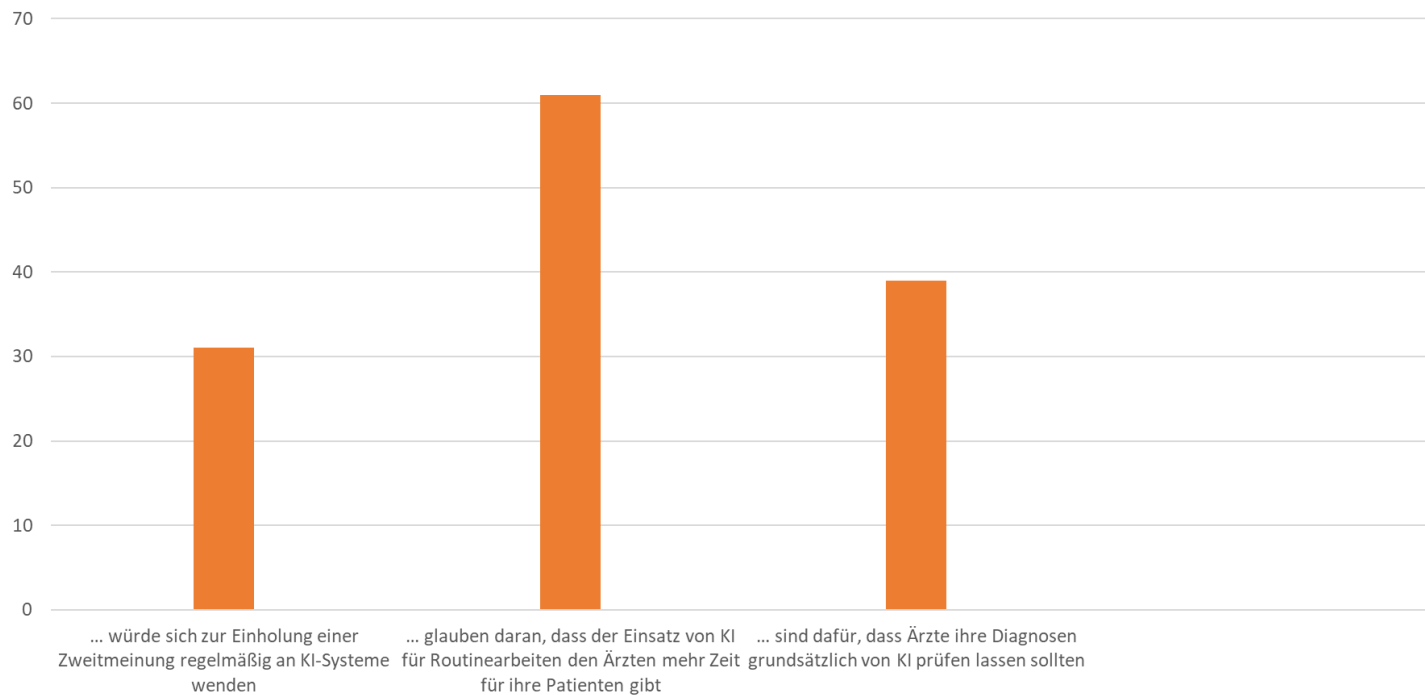
Die zweiunddreißig jährige Jana hat vor einigen Wochen die Diagnose Harnblasenkarzinom bekommen. Nun wird es Zeit, dass die zweifache Mutti mit ihrem Arzt über die Möglichkeiten einer Behandlung spricht, denn nur durch eine Blasen-OP ist der Tumor behandelbar. Als sie am Dienstag zum Aufklärungsgespräch in die kleine Klinik in Buchsdehude geht, bietet ihr Arzt ihr drei verschiedene Möglichkeiten:

1. Offene Operation unter normalen Umständen, durchgeführt von dem Personal vor Ort (mit Gefahr, dass diese OP dort noch nicht oft durchgeführt wurde)
2. Offene Operation mit AR, die Kosten müssen aber selbst getragen werden (10.000€)
3. Operation mit Unterstützung des „*da Vinci*“ für bessere Präzision, aber dafür muss aber ein Aufpreis von 25.000€ gezahlt werden
4. Operation mit Geräten aus höheren Level of Autonomy gemeinsam mit einem führenden Arzt auf dem Gebiet, welcher die OP betreut (Aufpreis von 30.000€ oder man erhält die Operation kostenlos, im Zuge einer Teststudie zur Datensammlung)

DISKUSSIONSFRAGEN

1. Würdet ihr eure Gesundheit einem Roboter anvertrauen? Warum oder warum nicht?
2. Wie viel Geld würde ihr als Aufpreis zahlen, um von einem Roboter-/ AR-System operiert zu werden? Würdet ihr euch kostenfrei operieren lassen, im Rahmen eines Testlaufs des betreffenden Systems?
3. Bis zu welchem Grad der Autonomie würdet ihr KI-gestützte Medizinsysteme befürworten?
4. Wem würdet ihr die Schuld geben, falls eine Operation schief geht?
5. Was würdet ihr persönlich Jana raten und warum?

AKZEPTANZ VON KI IN DER MEDIZIN IN DER BEVÖLKERUNG





UNIVERSITÄT
LEIPZIG

VIELEN DANK!

Sophie Burchhardt & Saskia Dübener

Universität Leipzig

QUELLEN

<https://www.acqua-klinik.de/de/qualitaet/technik-op.html>

<https://www.youtube.com/watch?v=YO8lj1m0Zlw>

<https://www.youtube.com/watch?v=EOFVKEDIVJY>

https://en.wikipedia.org/wiki/Robot-assisted_surgery#History

https://www.planet-wissen.de/technik/computer_und_roboter/roboter_mechanische_helfer/pwieroboterimoperationsaal100.html

<https://www.helmholtz.de/newsroom/artikel/wie-ki-die-medizin-revolutioniert/>

<https://www.zukunftstechnologien.info/life-sciences/roboter-im-op/>

<https://www.ardmediathek.de/video/odysso-wissen-im-swr/roboter-im-op/swr/Y3JpZDovL3N3ci5kZS9hZXgvbzEyMzU2MTM>

<https://omnia360.de/blog/der-unterschied-zwischen-vr-und-ar/>

<https://omnia360.de/blog/was-ist-augmented-reality/>

https://www.uniklinikum-leipzig.de/presse/Seiten/Pressemitteilung_7462.aspx

<https://www.virtual-reality-magazin.de/thema/kuenstliche-intelligenz-ki-artificial-intelligence-ai-maschinelles-lernen-machine-learning/>

<https://www.virtual-reality-magazin.de/mit-augmented-reality-zu-mehr-schusskraft-und-treffsicherheit/>

<https://the-decoder.de/kuenstliche-intelligenz-grundlage-fuer-vr-und-ar/>

<https://www.iccas.de/projekte/sdc-csm/>

<https://www.iccas.de/wp-content/uploads/2019/07/Abstract-Book.pdf>

<https://www.die-debatte.org/kuenstliche-intelligenz-potentiale/>

<https://www.die-debatte.org/kuenstliche-intelligenz-ethik/>

<https://www.die-debatte.org/kuenstliche-intelligenz-meinungen/>

https://www.youtube.com/watch?v=vmFY_hJRxBA

<https://www.clickworker.de/kunden-blog/kuenstliche-intelligenz-medizin/>

<https://www.medizin.uni-halle.de/news/studie-zu-akzeptanz-von-ki-in-gesundheitsversorgung>

<https://www.iks.fraunhofer.de/de/themen/kuenstliche-intelligenz/kuenstliche-intelligenz-medizin.html>

<https://phacon.de/>

<https://healthcare-mittelhessen.eu/virtual-reality-digitale-ausbildungshelfer-fuer-die-reale-medizin>

<https://www.realstaffing.com/de-de/blog/2022/05/augmented-reality-in-der-medizin-moeglichkeiten-und-anknuepfungspunkte/>

<https://www.forbes.at/artikel/virtual-und-augmented-reality-in-der-medizin.html>

<http://www.pgm.musin.de/wirtschaftsjournalismus/v%F6lk.pdf>

<https://www.infranken.de/ratgeber/gesundheit/durchbruch-bei-aerzte-ausbildung-medizinstudenten-behandeln-hologramm-patienten-art-5510572>

<https://www.spektrum.de/magazin/operations-trainingssysteme-in-der-medizin/861879>

<https://www.produktion.de/technik/roboer-im-op-wo-sie-eingesetzt-werden-und-was-sie-koennen-337.html>

<https://www.medizin.uni-muenster.de/fakultaet/news/weltneuheit-im-op-erstmals-vollstaendig-robotergestuetzte-mikrochirurgische-eingriffe-durchgefuehrt.html>

<https://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/meilenstein-erste-transatlantische-operation-verlaeuft-erfolgreich-a-158042.html>

https://www.aps-ev.de/wp-content/uploads/2018/05/EXPOSE_ProfGrund.pdf

<http://www.med-ai.com/index.shtml.de>

<https://ieeexplore.ieee.org/document/976319>

<https://link.springer.com/article/10.1007/s10439-015-1475-4>

https://en.wikipedia.org/wiki/ZEUS_robotic_surgical_system

https://www.researchgate.net/figure/AESOP-2000-an-acronym-for-automated-endoscopic-system-for-optimal-positioning-as-a_fig1_13482747

https://www.researchgate.net/figure/TSolution-One-O-Robodoc-system_fig4_320732869

<https://www.wired.com/2009/09/surgical-robots/>

https://www.researchgate.net/figure/ZEUS-robotic-system-first-robotic-system-to-combine-instrument-and-camera-control_fig3_51437277