

Seminararbeit

Simulation und Modellierung un der medizininformatik

**Kurzbeschreibung**

Diese Arbeit gibt eine Übersicht über die Simulation und Modellierung, wie und in welcher Form, diese Fachbereiche in der heutigen Medizin angewendet werden, des Weiteren werden Anwendungen in der nahen Vergangenheit, sowie Ausblicke in die Zukunft erläutert. Diese Arbeit ist im Rahmen des Seminars „Aktuelle Themen der Medizininformatik (SoSe2025)“ entstanden.

|  |  |
| --- | --- |
| Verfasser: | Mayer Nicolas |
| Aufgabensteller/Prüfer: | Rafael Mayoral Malmström |
| Arbeit vorgelegt am: | 08.07.2025 |
| Fakultät: | Fakultät für Informatik |
| Studiengang:  Matrikelnummer: | Informatik BA  473941 |

­­­­­­­­­­­­­­­­­­­

# InhaltsVerzeichnis

[InhaltsVerzeichnis 2](#_Toc202891042)

[1 Einleitung 3](#_Toc202891043)

[2 Einstiegserklärungen 3](#_Toc202891044)

[2.1 Was ist Modellierung? 3](#_Toc202891045)

[2.2 Modellierungsarten 4](#_Toc202891046)

[2.3 Was ist Simulation? 6](#_Toc202891047)

[2.4 Simulationstypen 7](#_Toc202891048)

[3 Modelle 10](#_Toc202891049)

[3.1 Anwendungen von Modellen 10](#_Toc202891050)

[3.2 Voraussetzungen von Modellen 10](#_Toc202891051)

[3.3 Herausforderungen bei der Nutzung Modellen 10](#_Toc202891052)

[4 Simulationen 11](#_Toc202891053)

[4.1 Einsatzfelder von Simulationen 11](#_Toc202891054)

[4.2 Vorteile der Anwendung von Simulationen 11](#_Toc202891055)

[4.3 Herausforderungen bei der Nutzung Simulationen 11](#_Toc202891056)

[5 Zukunftsperspektiven 12](#_Toc202891057)

[5.1 Die Zukunft von Modellen 12](#_Toc202891058)

[5.2 Die Zukunft von Simulationen 12](#_Toc202891059)

[6 Literaturverzeichnis 14](#_Toc202891060)

[7 ERKLÄRUNGen 15](#_Toc202891061)

[7.1 Selbstständigkeitserklärung 15](#_Toc202891062)

[7.2 Ermächtigung 15](#_Toc202891063)

# Einleitung

Die Arbeit handelt von dem Thema Simulation und Modellierung in der Medizininformatik, welches über die letzten Jahre stark an Interessenzuwachs bekommen hat, da wir in der Medizin seit geraumer Zeit einen Wandel beobachten können, der vor allem in den letzten Jahren stark einschlägt. Die Tendenzen gehen immer mehr Richtung riesiger Datenmengen in egal welchem Unterbereich der Medizininformatik, immer mehr Prozesse, Diagnosen und Therapien werden digital unterstützt. Das alles sorgt dafür, dass wir nach Methoden suchen müssen, diese sinnvoll zu Verarbeiten und zu Analysieren. Modellierung und Simulation ist hierfür gerade einer der richtigen Wege. Durch das Konzept was uns hier vorliegt, erschaffen wir eine Schnittstelle zwischen der Medizin und der Datenwissenschaften in der Informatik. Wir reden hier über einen Weg die Analyse klinischer Prozesse zu vereinfachen, die Vorhersage von Krankheitsverläufen zu ermöglichen, Therapie datengestützt zu begleiten und medizinisches Fachpersonal besser aus- und weiterzubilden.

# Einstiegserklärungen

## Was ist Modellierung?

Modellierung bezeichnet den Prozess, ein vereinfachtes Abbild der Realität zu erstellen, um komplexe Systeme oder Phänomene besser verstehen und analysieren zu können, dies ermöglicht geschultem Fachpersonal, folglich die Daten besser zu verstehen und im Optimalfall schneller einer besseren Entscheidung, bezüglich der aktuellen Problemlage, zu treffen. Gute medizinische Modelle können klinische Entscheidungsabläufe verbessern und somit die Patientensicherheit und -versorgung positiv beeinflussen. In der Medizinischen Informatik gilt Modellierung als zentrale Methode: Durch abstrakte Modelle von z.B. pathophysiologischen Prozessen, Krankheitsbildern, diagnostischen Entscheidungsabläufen oder Gesundheitsinformationssystemen versucht man, Medizin und Gesundheitsversorgung systematisch abzubilden und besser zu verstehen. Somit können Modelle z. B. ein biologisches System (wie die Ausbreitung eines Erregers im Körper) oder einen organisatorischen Prozess (wie den Patientenfluss im Krankenhaus) nachbilden.[[1]](#footnote-1) [[2]](#footnote-2)

Ein Modell reduziert die Komplexität der realen Welt auf wesentliche Aspekte und ermöglicht so, Daten, Informationen und Wissen strukturiert aufzuzeigen. Wichtig ist der Unterschied zur Simulation: Während die Modellierung das Erstellen des Modells umfasst, bezeichnet Simulation das Ausführen des Modells, um dessen Verhalten zu untersuchen. Zusammen dienen beide Ansätze dazu, medizinische Fragestellungen mit informatischen Methoden zu bearbeiten.

## Modellierungsarten

In der Medizininformatik haben sich verschiedene Modellierungsansätze etabliert, die sich vor allem in der Art der Wissensrepräsentation und Datennutzung unterscheiden. Die wichtigsten Ansätze sind wissensbasiert, datengetrieben, agentenbasiert sowie hybride Kombinationen dieser Methoden:

**Wissensbasierte Modelle:**

Explizite Repräsentation von Expertenwissen und Regeln (sehr Faktenorientiert) analysiert Daten nach festgelegten medizinischen Regeln und Logiken, dies bringt den Entscheidenden Vorteil, dass eine hohe Transparenz in der Entscheidungslogik vorliegt.

Zum Beispiel fallen in diese Kategorie, die mathematischen, sowie stochastischen Modelle und auch Entscheidungsunterstützungssysteme, wenn diese mit IF-THEN Regeln arbeiten, welche auf Fakten basieren.

**Datengetriebene Modelle:**

Sind, wie der Name schon sagt, Modelle, die auf Unmengen an Daten basieren, diese sind vor allem bei Machine-Learning, sowie KI-Verfahren sehr interessant. Die Modelle suchen Muster in großen Datenfeldern. Um dies zu ermöglichen, handelt es sich hierbei meist um komplexe statistische oder neuronale Modelle, die sehr präzise Arbeiten, jedoch Aufgrund der Komplexität nur sehr schwer durchschaubar sind.

Ein Beispiel hierfür ist, die Auswertung radiologischer Bilder, was meist mit Deep-Learning-Modellen umgesetzt wird. Dies gescheit weit aus schneller als dem Menschen sonst möglich, jedoch nach dem „Black-Box“-Prinzip. (Das Black-Box-Prinzip beschreibt das Konzept, das wir nur die Eingabe und Ausgabe kennen und den internen Prozess nur erahnen können.)[[3]](#footnote-3)

**Agentenbasierte Modelle:**

Diese Art von Modell existiert eher selten ohne eine zugehörige Simulation, denn es arbeitet mit mehreren Agenten (meist virtuellen Personen), diesen werden dann Verhaltensmuster und -regeln gegeben. Wir versuchen in dieser Form von Modell möglichst genau das Verhalten von „echten“ Agenten widerzuspiegeln, um somit in unserer späteren Simulation ein möglichst genaues Abbild der Realität zu erhalten. Diese Art von Modell eignet sich sehr gut zur Untersuchung komplexer, nicht-linearer Systeme.[[4]](#footnote-4)

Ein Beispiel findet dieses Modell in der Darstellung von Patientenflüssen im Krankenhaus, sowie in der Epidemievorhersage. In der Corona-Pandemie, wurden mit diesen Modellen Infektionsausbreitungen und die Wirkung von Interventionen simuliert.

**Hybride Modelle:**

Hierbei handelt es sich um die Kombination von wissensbasierten und datengetriebenen Ansätzen, um Vorteile beider zu vereinen. Ein hybrides Modell nutzt einerseits medizinisches Expertenwissen und Regeln, andererseits lernt es aus Daten. Damit kann die Transparenz erhöht und zugleich eine hohe Genauigkeit erreichen werden.

Ein Beispiel hierfür ist ein Erklärbares KI-System zur Infektionskontrolle: Ein maschinell lernendes Frühwarnmodell für Krankenhausinfektionen, in das

medizinische Regellogik eingebettet ist. Das System lernt aus Daten und nutzt zugleich verständliche Regeln. Das System lernt zudem aus dem Feedback der Ärzte, was zu einer stetigen Genauigkeitsverbesserung führt, welche nicht nur auf Daten, sondern auch auf medizinischem Wissen basiert.[[5]](#footnote-5)

**Zusammenfassend lässt sich sagen:**

Die Arten von Modellen lassen sich, durchaus auch in andere Kategorien einteilen und auch weiter Aufteilen, sowie Zusammenfassen, jedoch habe ich mich im Rahmen meiner Arbeit für diese Aufteilung entschieden und die Kategorien meines Vortrages diesen untergeordnet. Wissensbasierte, sowie Datengetriebene Modelle, werden heutzutage vermehrt zusammengefasst zu Hybrid-Modellen, den somit erreicht man meist das, was man will, ein Faktengestütztes Datenabhängiges Modell, was wesentlich leichter nachzuvollziehen ist, jedoch trotzdem große Mengen an Daten in Betracht ziehen kann.

Agentenbasierte Modelle werden oft einzeln betrachtet, den diese benötigen sehr viel Wissen über die Begebenheit und damit sehr viel Zeit, um den Rahmen zu studieren.

Des Weiteren kommt ein hohes Maß an Arbeit auf einen zu, um das Modell zu kalibrieren. Nach diesen Schritten ist das Modell dann für eine gewisse Zeit in der Lage mithilfe einer Simulation, die Begebenheiten in der Zukunft vorherzusagen. Dieser Zeitraum ist aber stark begrenzt, den über Zeit ändern sich die Rahmenbedingungen, da Menschen, zum Beispiel anders als erwartet auf ein Event reagiert haben. Zur Folge dessen muss dann das Modell komplett neu gebaut werden oder zumindest auf die neunen Rahmenbedingungen angepasst werden.

## Was ist Simulation?

Wir sprechen von einer Simulation, wenn wir mit einem Ansatz, eine Nachbildung eines realen Systems oder Prozesses, in einem virtuellen Modell erzeugen. Aus diesem wollen wir dann Erkenntnisse und Wissen gewinnen, welches auf die Realität übertragbar ist.

Nach Definition der VDI-Richtlinie 3633 ist Simulation das „Nachbilden eines Systems mit seinen Prozessen in einem experimentierbaren Modell, um zu Erkenntnissen zu gelangen, die auf die Wirklichkeit übertragbar sind“.[[6]](#footnote-6)

Der wesentliche Unterschied zur Modellierung (dem Erstellen des abstrakten Modells) ist, das wir hierbei einen Vorgang zu simulieren. Wir nehmen uns ein Modell als Basis, zum Beispiel ein Agentenbasiertes Modell, indem wir jegliche Agenten definiert haben und ihnen einen Raum erstellt haben, sowie die Verhaltensmuster und -regeln in diesem Raum. Nun können wir in unserer Simulation die Entwicklung anhand aller dieser Werte und Regeln beobachten. Des Weiteren ist unser Ziel die Werte anzupassen und dann zu studieren was sich verändern würden, wenn sich Rahmenbedingungen ändern, oder wenn wir die Menge an Agenten verändern, beziehungsweise neue Agenten mit in die Simulationen bringen, von denen wir zwar nicht erwarten, dass Sie in der Realität in das System eintreten, wir uns jedoch nicht sicher sein können, dass nicht doch so ein Ausnahmefall entsteht.

Bedeutet Schluss folglich, es besteht ein Interesse an dem Ausgang, gewisser Ereignisse unter gewissen Umständen.[[7]](#footnote-7) Wir können somit Szenarien erschaffen bei denen wir komplexe klinische Abläufe, Patientenschicksale oder organisatorische Prozesse gefahrlos im Computer oder unter künstlichen Bedingungen zu erproben.

Eine Simulation setzt also i.d.R. ein vorhandenes Modell voraus. Ist noch kein geeignetes Modell da, muss zuerst die Modellierung erfolgen. Sobald ein Modell (z. B. eines Notaufnahmeprozesses oder eines physiologischen Systems) vorliegt, können Simulationsexperimente durchgeführt werden.

## Simulationstypen

Wie bei der Modellierung, gibt es auch in der Simulation unterschiedliche Arten. Die Frage welcher Typ von Simulation benötigt wird, lässt sich meist mit dem Zweck und Anwendungsgebiet der Simulation bestimmen. Es gibt vor allem außerhalb der Medizininformatik ein weites Feld an Möglichkeiten zur Simulation, deshalb werde ich mich im Folgenden auf die gängigen Typen in der Medizininformatik beschränken.

**Medizinische Simulationszentren:**

Hierbei handelt es sich um eine reale Trainingsumgebung, dies sind dann für eine Simulation spezielle Räume, die einem echten medizinischen Szenario sehr nahekommen.

Diese Arten von Simulationen können verschiedene Arten der Umsetzung haben.

Eine OP zum Beispiel kann über verschiedene Möglichkeiten simuliert werten.

Virtual-Reality-Setups:

Hierbei wird das Fachpersonal mithilfe von sogenannten VR-Brillen in einen virtuellen Raum versetzt, indem die OP dann durchgeführt wird. Einfluss nimmt das Team dann über Controller, die den Werkzeugen im realen angelehnt sind, welche dann bei fortschrittlicher Simulation auch haptisches Feedback geben.

Simulationszentren mit Puppen:

Hierbei findet das zu trainierende Team einen eins zu eins der Realität entsprechenden Eingerichteten Raum vor. Auf der Patientenliege liegt jedoch kein echter Patient, sondern eine Puppe, welche die Eingriffe ziemlich genau widerspiegelt und über Datenbildschirme auch wie ein echter Patient auf Medikation und Eingriffe reagiert.

Diese Arten von Simulationen werden genutzt, um Eingriffe im Vorhinein proben zu können, ohne dass dabei ein echter Patient zu Schaden kommt. Es ist sehr hilfreich bei der Aus- und Weiterbildung des Personals, den auch unrealistische, aber mögliche Szenarien, die in seltensten Fällen auftreten, können hier trainiert werden.[[8]](#footnote-8)

Dieser Simulationstyp fasst meine im Vortrag genannte Physikalische, Computergestützte, sowie VR-Simulation in einer Anwendung zusammen und erzeugt dadurch ein sehr realitätsnahes Trainingsszenario.

**Virtuelle Patienten:**

Dieser Typ basiert auf computerbasierter, interaktiver Patientensimulation, meist wird dies in Form von Fallgeschichten umgesetzt. Virtuelle Patienten stellen einen sehr realitätsnahen klinischen fall dar (mit Symptomen, Befunden, und einem Krankheitsverlauf), dies kann dann genutzt werden, um Lernenden diese Szenarien zu zeigen und ihre Entscheidungskompetenz auf die Probe zu stellen. Das Ziel des ganzen ist es, eine praxisnahe Ausbildung zu ermöglichen und das klinische Entscheidungsvermögen zu fördern und zu prüfen.

In einem Beispiel können wir Medizinstudierenden nun online einen virtuellen Patientenfall vorlegen: Ein Programm präsentiert die Vorgeschichte, Symptome und Befunde eines fiktiven Patienten. Der\*die Lernende muss Anamnese erheben, Diagnostik anordnen und Therapieentscheidungen treffen. Das System gibt Feedback zu Entscheidungen. Diese Methode schließt Lücken, wenn reale Patienten für Lehrzwecke fehlen, und erlaubt das Üben seltener Krankheiten im sicheren Rahmen.

Das Lernen an echten Patienten bringt oft auch Nachteile mit sich wie die Universität Heidelberg folgend schildert:

Fehlen geeigneter Patienten für Studentenunterricht:

In einem modernen Krankenhausbetrieb sinkt die Verweildauer der Patienten im Krankenhaus und es gibt an Universitätskliniken zunehmend Schwerstkranke, so dass für einen direkten Patientenunterricht immer weniger Patienten zur Verfügung stehen. Ebenfalls kann bei vielen wichtigen saisonalen Erkrankungen ein Unterricht durch direkten Patienten-Kontakt nicht gewährleistet werden. Weiterhin betreuen Studenten im Praxiseinsatz in den seltensten Fällen Patienten von der Aufnahme bis zur Entlassung oder sind in alle wichtigen Entscheidungsschritte der klinischen Betreuung einbezogen.

Fehlen der Verknüpfung vorklinischer und klinischer Inhalte:

Virtuelle Patienten bieten zudem die Möglichkeit, in vorklinischen Fächern durch Verknüpfung theoretischer Lerninhalte mit praktischen Anwendungsbeispielen in Fällen aus der Klinik bereits früh einen realitätsnahen Praxisbezug herzustellen und wichtige Konzepte bereits in der klinischen Anwendung zu üben.

Unzureichendes Feedback:

Studierende erhalten bei der Betreuung wirklicher Patienten häufig wenig Feedback.[[9]](#footnote-9)

Durch die Aufzählung dieser Nachteile lässt sich leicht nachvollziehen, dass eine Lehre an einem virtuellen Patienten, basierend auf teils echten Patienten, eine bessere Ausbildungsmöglichkeit bietet.

**Prozesssimulation:**

Es handelt sich bei dieser Art um eine Computersimulation von klinischen Prozessen oder Versorgungsabläufen, sowie die Notfallplannung bei besonderen Ausnahmefällen. Diese Ausnahmefälle können die Ausbreitung von Infektionen innerhalb des Krankenhauses sein, jedoch aber auch die Ressourcenverwaltung bei sehr großem Patientenaufkommen.

Simulationen bezüglich hohem Patientenaufkommens können auch als reale Simulation auftreten, bei der das Team darstellt wie eine Überstrapazierung der Einrichtung aussehen könnte und wie diese dann Handzuhaben ist.

Ein gängiges Beispiel für die Simulation von klinischen Prozessen und Versorgungsabläufen ist der Ausbau eines Krankenhauses. Anhand von geschätzten Werten kann vorausgesagt werden an welchen Stellen, es nach dem Ausbau zu neuen Engpässen kommen wird. Somit können schon früh Umstrukturierungen geplant werden und/oder die Ausbauten weiter optimiert werden, damit nach einem erfolgreichen Umbau auch wirklich die gewünschte neue Patientenmenge sinnvoll abgearbeitet werden kann. Diese Planungen umfassen zum Beispiel die Bereitstellung von mehr Personal, sowie Engpässe in der Versorgung der Stationen mit Medikation. Des Weiteren können auch andere Engpässe, wie zum Beispiel Wartezeiten vorhergesagt werden und basierend darauf kann dann der Wartezeitenerzeuger auch einen Ausbau erhalten.[[10]](#footnote-10) [[11]](#footnote-11)

**Weiteres:**

Darüber hinaus gibt es weitere Simulationstypen, wie immersive Simulationen mittels Virtual/ Augmented Reality (Übungen in virtuellen Umgebungen, z.B. für chirurgische Eingriffe) oder Simulationspersonen (sog. „standardized patients“, also Schauspieler, die Patient\*innen mimen, um Kommunikation und Anamnese zu trainieren). Diese ließen sich den obigen Kategorien zuordnen (Simulationspersonentraining als Teil der Simulationszentren; VR-Training teils in Zentren oder eigenständig). Wichtig ist auch die Unterscheidung: Hardware-nahe Simulationen (z.B. OP-Simulator mit realem Instrumentarium, anatomischen Modellen) vs. Software-Simulationen (rein rechnergestützt ohne physische Komponenten). In der Medizininformatik spielen softwarebasierte Simulationen naturgemäß eine große Rolle, etwa bei virtuellen Patienten oder Prozessmodellen.

# Modelle

## Anwendungen von Modellen

Modellierung wird in der Medizininformatik breit eingesetzt – von der biomedizinischen Grundlagenforschung über die klinische Entscheidungsfindung bis hin zur Versorgungsplanung.

Wichtige Anwendungsbereiche sind unter anderem:

* **Krankheitsverläufe & personalisierte Medizin:**

Es werden hierbei individuelle Krankheitsprogressionen vorhergesagt und Therapien dann dementsprechend darauf abgestimmt. Beispielsweise erlauben uns prädiktive Modelle die Risikostratifizierung von Patienten zu ermitteln.

(Begriffserklärung „prädiktive Modelle“: „Bei der prädiktiven Modellierung wird mithilfe bekannter Ergebnisse ein statistisches Modell erstellt, mit dem prädiktive Analysen durchgeführt oder zukünftige Verhaltensweisen vorhergesagt werden können.“[[12]](#footnote-12))

(Begriffserklärung „Risikostratifizierung“: „Die Stratifikation bzw. Risikostratifikation ist ein statistischer Prozess, der in der Medizin eingesetzt wird. Er dient dazu, Bedingungen zu identifizieren, die eine Erkrankung negativ beeinflussen.“[[13]](#footnote-13))

In diesem Bereich gibt es einen Anwendungsfall bei Menschen mit Herzinsuffizienz. Diese erhalten Wearables (in diesem Fall Smartwatches), welche die Gesundheitsdaten, nach der Entlassung, weiter an die Klinik senden. Sobald sich diese Werte verschlechtern und der somit eine Verschlechterung des Gesundheitszustandes vorliegt, können Ärzte rechtzeitig präventiv tätig werden, anstatt wie bisher erst wenn die Patienten wieder mit akuten Beschwerden ins Krankenhaus kommen.[[14]](#footnote-14)

* **Entscheidungsunterstützung & Diagnostik:**

Modellbasierte Clinical Decision Support (CDS)-Systeme liefern Ärztinnen evidenzbasierte Empfehlungen. Ein Beispiel hierfür ist ein virtuelles Tumorboard: Wir führen hier alle relevanten Daten eines Krebspatienten zusammen und bereiten sie anschaulich auf. Diese Daten bleiben nun in diesem Modell und werden bei zukünftigen Entscheidungen mit einbezogen, wenn es darum geht einem Menschen mit einem eventuell sehr ähnlichen Krankheitsbild zu helfen. Dies ermöglicht dann bessere Therapieentscheidungen bei zukünftigen Fällen.[[15]](#footnote-15)

## Voraussetzungen von Modellen

Aaaaaaaa

## Herausforderungen bei der Nutzung Modellen

Aaaaaaaa

# Simulationen

aaaaaaaa

## Einsatzfelder von Simulationen

aaaaaaaa

## Vorteile der Anwendung von Simulationen

aaaaaaaaa

## Herausforderungen bei der Nutzung Simulationen

aaaaaaaaa

# Zukunftsperspektiven

aaaaaaaaaa

## Die Zukunft von Modellen

aaaaaaaaaa

## Die Zukunft von Simulationen

aaaaaaaaaaaa

Abbildungsverzeichnis

[Abbildung 1 Zulässig sind Zwei Bilder nebeneinander 6](#_Toc23334788)

[Abbildung 2 Zulässig ist Ein Bild über die volle Breite 6](#_Toc23334789)

# Literaturverzeichnis

Q1: Universität Leipzig, 08.07.25

[www.imise.uni-leipzig.de/Lehre/MSc-Medizininformatik/Ueber-den-Studiengang/Was-ist-Medizinische-Informatik](http://www.imise.uni-leipzig.de/Lehre/MSc-Medizininformatik/Ueber-den-Studiengang/Was-ist-Medizinische-Informatik)

Q2: Digitalisierung der Medizin, 08.07.2025

[https://digitalisierungdermedizin.de/page/3/#](https://digitalisierungdermedizin.de/page/3/)

Q3: Medizininformatik Initiative, 08.07.2025

<https://www.medizininformatik-initiative.de/de/die-medizininformatik-ist-ein-wegbereiter-der-personalisierten-medizin>

Q4: Wikipedia, 08.07.2025

<https://de.wikipedia.org/wiki/Agentenbasierte_Modellierung>

Q5: Medizininformatik Initiative, 08.07.2025

<https://www.medizininformatik-initiative.de/de/die-medizininformatik-ist-ein-wegbereiter-der-personalisierten-medizin>

Q6: Verein Deutscher Ingenieure, 08.07.2025

<https://www.vdi.de/richtlinien/details/vdi-3633-simulation-von-logistik-materialfluss-und-produktionssystemen-begriffe>

Q7: Wikipedia, 08.07.25

<https://de.wikipedia.org/wiki/Simulation>

Q8: National Library of Medicine, 08,07,25

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7879591>

Q9: Medizinische Fakultät Heidelberg, 08.07.25

<https://www.medizinische-fakultaet-hd.uni-heidelberg.de/studium-lehre/studium/medizin/lehrkonzepte/digitales-lernen/virtuelle-patienten>

Q10: Simplan, 08.07.25

<https://www.simplan.de/services/krankenhaussimulation>

Q11: Simplan-Krankenhaussimulation, 08.07.25

<https://www.krankenhaussimulation.de>

Q12: Splunk-Blog, 08.07.25

<https://www.splunk.com/de_de/blog/learn/predictive-modeling.html>

Q13: DocCheck-Flexikon, 08.07.25

<https://flexikon.doccheck.com/de/Risikostratifikation>

Q14: Medizininformatik-Initiative, 08.07.25

<https://www.medizininformatik-initiative.de/de/die-medizininformatik-ist-ein-wegbereiter-der-personalisierten-medizin>

Q15: Medizininformatik-Initiative, 08.07.25

<https://www.medizininformatik-initiative.de/de/die-medizininformatik-ist-ein-wegbereiter-der-personalisierten-medizin>

Q16:

# ERKLÄRUNGen

Die Unterzeichnung der Selbstständigkeitserklärung ist obligatorisch. Die Unterzeichnung der Ermächtigung ist optional.

## Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die Bachelorarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt und die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken als solche kenntlich gemacht habe.

Die Arbeit habe ich bisher keinem anderen Prüfungsamt in gleicher oder vergleichbarer Form vorgelegt. Sie wurde bisher nicht veröffentlicht.

Ort, Datum Unterschrift

## Ermächtigung

Die Urheberin/Der Urheber der studentischen Arbeit kann (muss nicht) erklären, dass die Hochschule Kempten folgende Nutzungsrechte erhält.

□ Hiermit ermächtige ich/wir die Hochschule Kempten zur Veröffentlichung einer Kurzzusammenfassung sowie Bilder/Screenshots und ggf. angefertigte Videos meiner studentischen Arbeit z. B. auf gedruckten Medien oder auf einer Internetseite der Hochschule Kempten zwecks Bewerbung des Bachelorstudiengangs „Game Engineering“ und des Masterstudiengangs „Game Engineering und Visual Computing“.

Dies betrifft insbesondere den Webauftritt der Hochschule Kempten inklusive der Webseite des Zentrums für Computerspiele und Simulation. Die Hochschule Kempten erhält das einfache, unentgeltliche Nutzungsrecht im Sinne der §§ 31 Abs. 2, 32 Abs. 3 Satz 3 Urheberrechtsgesetz (UrhG).

Ort, Datum Unterschrift

1. Universität Leipzig, [www.imise.uni-leipzig.de](http://www.imise.uni-leipzig.de), Q1 [↑](#footnote-ref-1)
2. Digitalisierung der Medizin, <https://digitalisierungdermedizin.de>, Q2 [↑](#footnote-ref-2)
3. Medizininformatik-Initiative, [www.medizininformatik-initiative.de](http://www.medizininformatik-initiative.de), Q3 [↑](#footnote-ref-3)
4. Wikipedia, wikipedia.org, Q4 [↑](#footnote-ref-4)
5. Medizininformatik-Initiative, [www.medizininformatik-initiative.de](http://www.medizininformatik-initiative.de), Q5 [↑](#footnote-ref-5)
6. Verein Deutscher Ingenieure, [www.vdi.de](http://www.vdi.de), Q6 [↑](#footnote-ref-6)
7. Wikipedia, wikipedia.org, Q7 [↑](#footnote-ref-7)
8. National Library of Medicine, pmc.ncbi.nlm.nih.gov, Q8 [↑](#footnote-ref-8)
9. Medizinische Fakultät Heidelberg, [www.medizinische-fakultaet-hd.uni-heidelberg.de](http://www.medizinische-fakultaet-hd.uni-heidelberg.de), Q9 [↑](#footnote-ref-9)
10. Simplan, [www.simplan.de](http://www.simplan.de), Q10 [↑](#footnote-ref-10)
11. Simplan, [www.krankenhaussimulation.de](https://www.krankenhaussimulation.de), Q11 [↑](#footnote-ref-11)
12. Splunk-Blogs, [www.splunk.com](http://www.splunk.com), Q12 [↑](#footnote-ref-12)
13. DocCheck-Flexikon, flexikon.doccheck.com, Q13 [↑](#footnote-ref-13)
14. Medizininformatik-Initiative, [www.medizininformatik-initiative.de](http://www.medizininformatik-initiative.de), Q14 [↑](#footnote-ref-14)
15. Medizininformatik-Initiative, [www.medizininformatik-initiative.de](http://www.medizininformatik-initiative.de), Q15 [↑](#footnote-ref-15)