

# Simulation und Modellierung in der Medizininformatik

Mayer Nicolas

# Gliederung

## Modellierung in der Medizininformatik

1. Was ist Modellierung?
2. Modellierungsarten
3. Anwendungen
4. Voraussetzungen
5. Herausforderungen
6. Zukunftsperspektiven

## Simulation in der Medizininformatik

1. Was ist Simulation?
2. Typen medizinischer Simulationen
3. Anwendungsbereiche
4. Vorteile
5. Herausforderungen
6. Zukunftsperspektiven

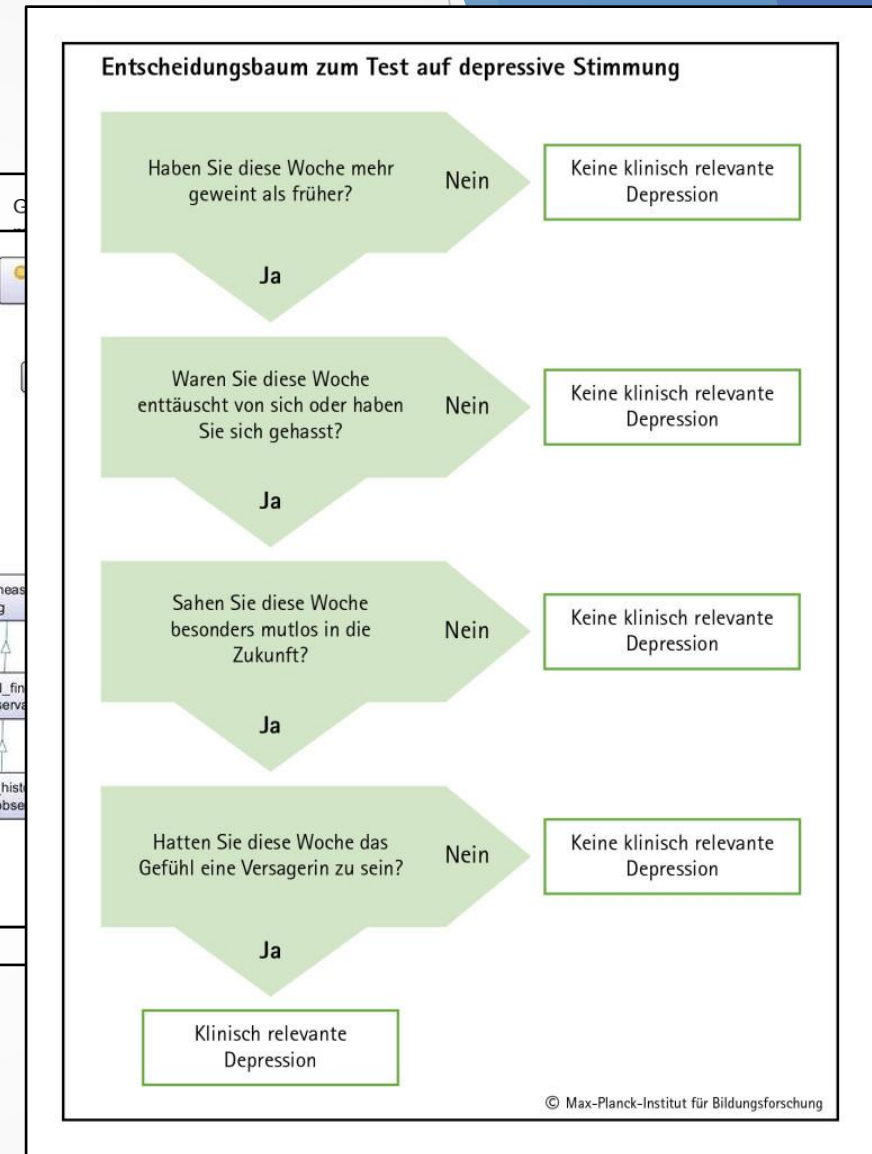
# Modellierung in der Medizininformatik

# 1. Was ist Modellierung?

- ▶ **Definition:** Abbildung eines realen medizinischen oder biologischen Prozesses in ein vereinfachtes, formales Modell (z. B. mathematisch, logisch, statistisch).
- ▶ **Ziele:** Verstehen, Vorhersagen, Optimieren oder Steuern von Prozessen im Gesundheitswesen.

## 2. Modellierungsarten

Modelltyp	Beispiel
Mathematische Modelle	Glukose-Insulin-Regelkreise bei Diabetes (Messungsbasiert)
Stochastische Modelle	Wahrscheinlichkeit des Wiederauftretens von Krebs (Wahrscheinlichkeitsbasiert)
Agentenbasierte Modelle	Verhalten einzelner Patienten in einem Krankenhausmodell
Strukturmodelle	Ontologien wie SNOMED CT
Datengetriebene Modelle (ML)	Diagnoseunterstützung durch neuronale Netze
Entscheidungsmodelle	Entscheidungsbäume für Therapiepfade



## 3. Anwendungen

- ▶ Klinische Entscheidungsunterstützungssysteme (CDSS)
  - ▶ Entwicklung medizinischer Softwarelösungen
- ▶ Krankheitsmodellierung (z. B. Diabetes, Krebs, COVID-19)
  - ▶ Verlaufsvisualisierung
  - ▶ Operations- und Therapieplanung
- ▶ Prozessmodellierung in Krankenhäusern
- ▶ Personalisierte Medizin (Modelle mit Patientendaten)
- ▶ Analyse von Versorgungsprozessen

## 4. Voraussetzungen

- ▶ Verfügbarkeit hochwertiger, strukturierter medizinischer Daten
- ▶ Interdisziplinäre Zusammenarbeit (Medizin, Informatik, Mathematik)
- ▶ Validierung der Modelle anhand klinischer Studien oder Vergleichsdaten

## 5. Herausforderungen

- ▶ Hohe Komplexität biologischer Systeme
- ▶ Unsicherheit und Variabilität medizinischer Daten
- ▶ Interpretierbarkeit und Transparenz von Modellen (insbesondere bei KI)
- ▶ Datenschutz und ethische Fragen



## 6. Zukunftsperspektiven

- ▶ Kombination von **Modellen mit Echtzeitdaten** (z. B. Wearables)
- ▶ **Digitale Zwillinge** von Patienten
- ▶ **Adaptive Modellierung** mit KI
- ▶ Integration in **elektronische Gesundheitsakten**

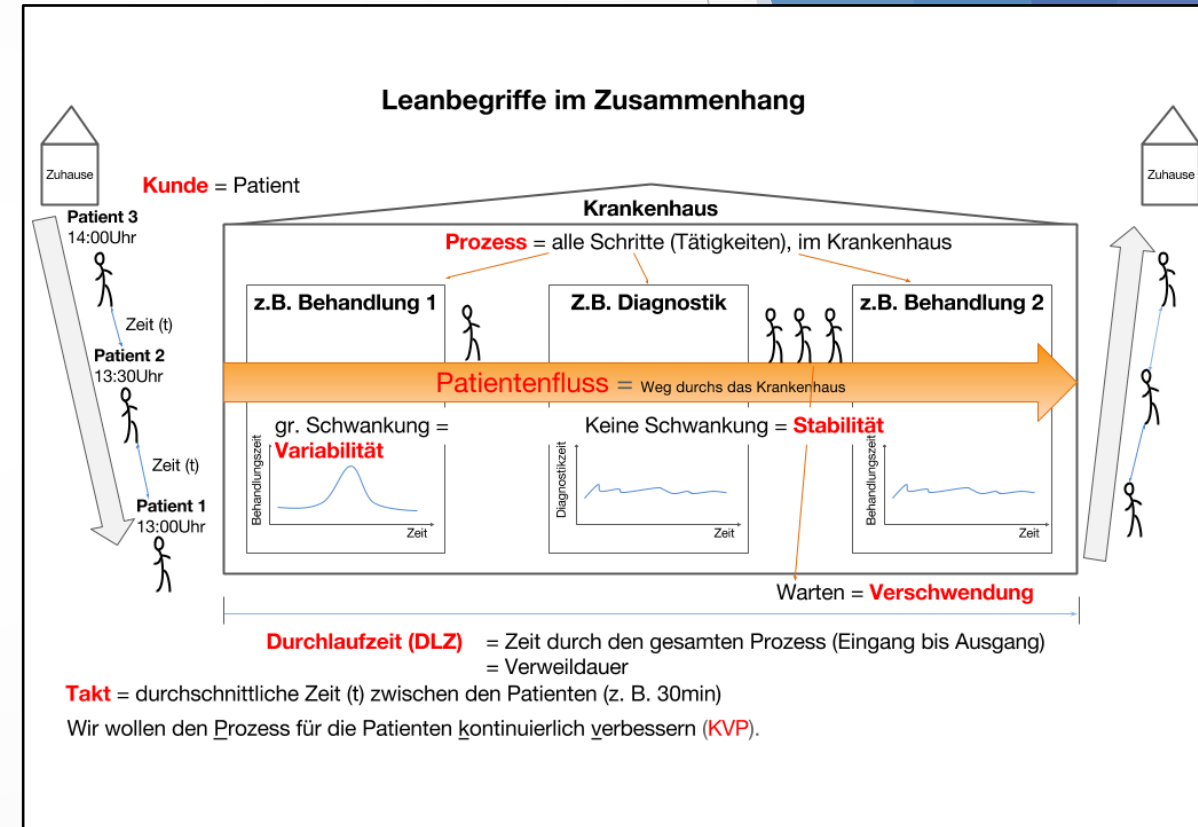
# **Simulation in der Medizininformatik**

# 1. Was ist Simulation?

- ▶ **Definition:** Nachbildung realer medizinischer Prozesse oder Systeme in einer virtuellen Umgebung zur Analyse, Vorhersage oder Schulung.
- ▶ **Ziel:** Untersuchung von Situationen, die **im echten Leben schwer oder gefährlich** nachzustellen wären oder auf die sich anderweitig nur schwer vorbereitet werden kann. Zudem bieten sich weitere Möglichkeiten zur Optimierung von Abläufen.

## 2. Typen medizinischer Simulationen

Typ	Beispielhafte Anwendung
Physikalische Simulation	OP-Simulatoren mit Haptik (z. B. Laparoskopie-Training)
Computergestützte Simulation	Herz-Kreislauf-Modell zur Medikamentenwirkung
Agentenbasierte Simulation	Ausbreitung von Infektionen in einer Klinik
Virtuelle Realität (VR)	Notfallszenarien für Ausbildung
Prozesssimulation	Patientenfluss im Krankenhaus



<https://space.bayer.de/patienten/blutverduennung/insight-heart>

## 3. Anwendungsbereiche

- ▶ **Medizinische Ausbildung:** Simulationen zur Schulung von Chirurgen oder Pflegepersonal
- ▶ **Therapieplanung:** z. B. Simulation von Tumorverläufen unter verschiedenen Behandlungsstrategien
- ▶ **Notfallmanagement:** z. B. Simulation eines Massenanfalls
- ▶ **Epidemiologische Forschung:** z. B. COVID-19-Ausbreitungsmodelle
- ▶ **Implantat- und Geräteentwicklung:** z. B. Stent-Tests in simulierten Gefäßen

## 4. Vorteile

- ▶ Kostenreduktion im Ausbildungsbereich
- ▶ Keine Gefährdung realer Patienten
- ▶ Möglichkeit zum Trainieren seltener Ereignisse
- ▶ Wiederholbarkeit und Anpassbarkeit
- ▶ Besseres Verständnis komplexer Abläufe
- ▶ Gut zur Forschung und Entwicklung medizinischer Verfahren

## 5. Herausforderungen

- ▶ **Realitätsnähe** der Simulation (Modellgenauigkeit, Datenbasis)
- ▶ **Kosten und technischer Aufwand** (v. a. bei VR-Systemen)
- ▶ **Datenverfügbarkeit** für patientenspezifische Simulationen
- ▶ **Ethische Aspekte** bei simulierten Entscheidungen

## 8. Zukunftsperspektiven

- ▶ **Integration mit KI** zur Echtzeit-Simulation
- ▶ **Digitale Zwillinge** für personalisierte Therapieplanung
- ▶ **Cloudbasierte Simulationen** für ortsunabhängige Ausbildung
- ▶ **Simulationsplattformen** in der Telemedizin



# Fallbeispiel

Fallbeispiel

# 1. Patientenvorstellung

- ▶ **Name:** Max Berger
- ▶ **Alter:** 62 Jahre
- ▶ **Diagnose:** Prostatakrebs (Gleason Score 7, PSA-Wert erhöht)
- ▶ **Allgemeinzustand:** Gut, aber genetische Risikofaktoren (z. B. BRCA2)
- ▶ **Ziel:** Schonende, aber kurative Therapie mit geringem Rückfallrisiko



## 2. Modellierung in der Diagnosephase

### ► Eingesetzte Modelle:

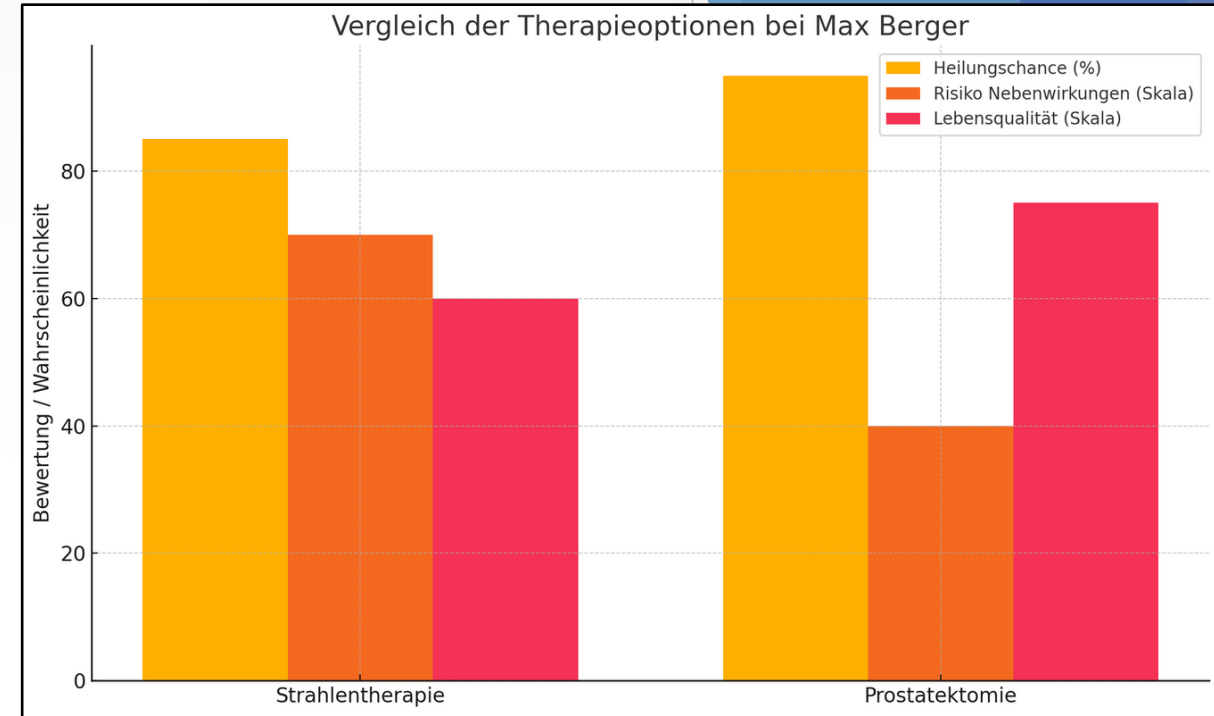
- **Klinisches Entscheidungsmodell:** Verdacht auf lokal begrenzten Tumor
- **Genetisches Risikomodell:** Hinweise auf aggressiveren Verlauf
- **Bayessches Risiko-Prognosemodell:** ~22 % Risiko für Progression in 5 Jahren
- **Tumorstadiumsmodell:** Lokalisiert, langsam wachsend, aber eindeutig aktiv

→ **Erkenntnis:** Eine abwartende Haltung wäre riskant - Therapie notwendig

## Fallbeispiel

# 3. Therapieoptionen

- ▶ Warum keine Strahlentherapie?
    - ▶ Strahlensimulationsmodell zeigte kritische Nähe zum Rektum
    - ▶ ML-basiertes Nebenwirkungsmodell prognostizierte starke Fatigue
    - ▶ Patientenpräferenzmodell: Max möchte keine langwierige Therapie
- Neubewertung → Entscheidung für eine radikale, roboterassistierte Prostatektomie



[Beispieldiagramm ohne echte Daten]

## 4. OP-Vorbereitung und -Durchführung

- ▶ **Eingesetzte Tools & Simulationen:**
  - ▶ 3D-Modellierung der Prostata anhand von MRT/CT-Daten
  - ▶ Virtuelle OP-Simulation zur Auswahl des besten Zugangswegs
  - ▶ VR-Training des OP-Teams (anonymisiertes Patientenmodell von Max)
  - ▶ Echtzeit-Simulationsunterstützung während der OP zur Nerven- und Gefäßschonung
- **Ergebnis:** Sichere Durchführung, keine intraoperativen Komplikationen

## 5. Postoperative Modellierung & Nachsorge

### ► Eingesetzte Modelle:

- Rückfallrisikomodell (statistisch + datengetrieben)
- Digitale Zwillinge für hypothetische Lebensstil-Szenarien
- Pharmakokinetisches Modell zur Anpassung der Schmerzmedikation
- Echtzeitüberwachung von PSA-Werten über Wearables

→ **Nutzen:** Engmaschige Kontrolle, personalisierte Empfehlungen, höhere Lebensqualität

## 6. Fazit

- ▶ Max Berger profitiert von einer hochindividualisierten, simulierten und modellgestützten Versorgung.
- ▶ Bonus: Der (anonymisierte) Fall von Max kann dann Folgend in der medizinischen Lehre als realistisches Trainingsszenario eingesetzt werden.



# Diskussionsrunde