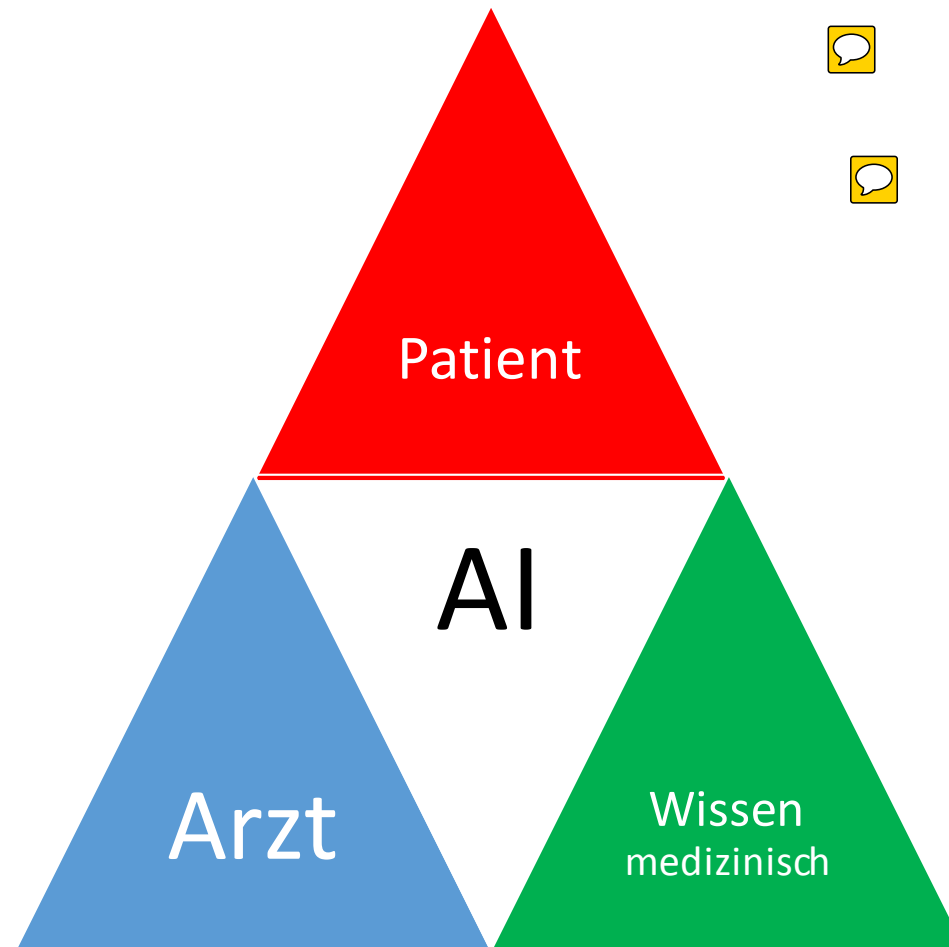


# Wer trifft in Zukunft ärztliche Entscheidungen? Mensch und/oder Maschine

Session auf der  
**eHealth 2017**

Wien 24.5.17:  
HIMSS Europe



# Künstliche Intelligenz im Gesundheitswesen – Versuch einer Rundumbetrachtung

eHealth 2017

Wien 24.5.17:

HIMSS Europe

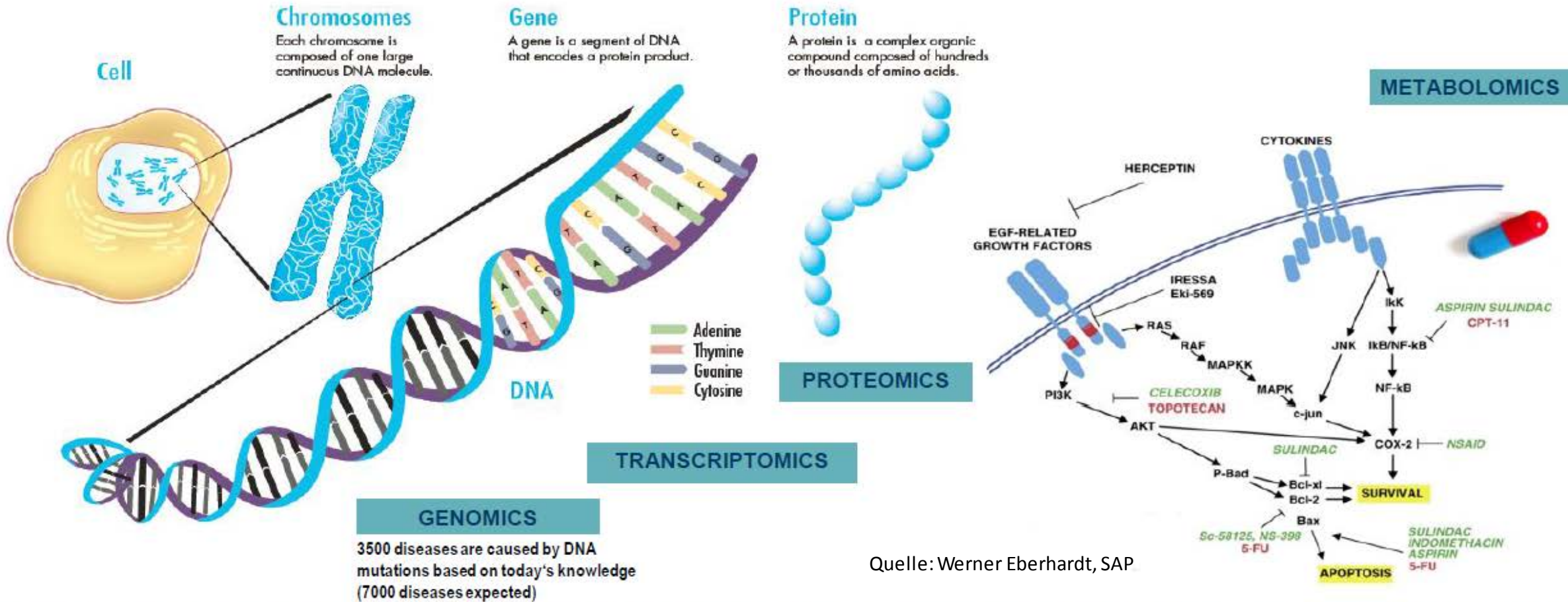
Werner Leodolter

# Der wissenschaftliche Fortschritt ist kaum mehr bewältigbar

- Für Forscher:
  - 2016: 1,2 Mio neue Papers in in den biomedizinischen Wissenschaften
  - In Summe 26 Mio peer-reviewed biomedical Papers
  - Der durchschnittliche Wissenschaftler liest 250 Artikel pro Jahr
  - Ein Teil der Studien ist nicht reproduzierbar  
<http://www.nature.com/nature/journal/v483/n7391/full/483531a.html>
- Was bedeutet das für Ärzte???????
- Kann künstliche Intelligenz helfen?
- Wer entscheidet? Arzt oder Maschine?



# Die Komplexität steigt mit dem Erkenntnisstand – Die Ungewissheit ist nicht eliminierbar



Quelle: Werner Eberhardt, SAP

Value of Information



# Die Digitalisierung verändert Branchen fundamental (digital transformation - „digital disruption“)

- Foto (Kodak)
- Musik und Video (Schallplatte, CD-Napster-iTunes-spotify etc.)
- Finanz (Bankomaten, credit cards, eBanking, blockchain – bitcoin)
- Kommunikation (mobile, smartphones)
- Vertriebskanäle (Handel, Agenturen, Reisebüros)
- Medien, Journalismus
- Industrie (Automation, Robotics) – Industrie 4.0
- Energieversorger – Utility 4.0
- IT (Cloud etc.)
- Serviceindustrien (Digitale Assistenten, KI, Chatbots, Robotik)
  - Dienstleistungen am Kunden
  - Dienstleistungen im Backoffice, Produktion, facility management etc.
- Gastronomie, Hotel, Reisen (AirBnB, Uber, Concur.....)

Gesundheitswesen?  
Medizin?  
„eHealth“

# “Altes,, Denken und Handeln verstellt die Sicht?

...Der Wandel kommt.....daher offensiv denken und überlegt handeln

- Früher:

- **Gutenberg**/Buchdruck ....93% konnten nicht lesen....Wo war der Markt?
- **Edison**/Glühlampe.... kein Strom in Haushalten, Fabriken und auf den Straßen
- **Autofahren** war verboten nachdem die ersten Autos erfunden waren



- Heute:

- **Besitzformen** ändern sich – Sharing economy, z.B. AirBnB
- **Roboter sind da**.....situativ bzw. für bestimmte Aufgaben gilt: Roboter als besserer Traktor/Bauer, Chirurg, Lehrer, Retter, Pfleger, Freunde.....
- **Kann AI alles fragen**....Was soll ich anziehen? (Wetter), Wann kommt der Bus? Wann kommt die Mama? Was soll ich als nächstes machen (z.B. in der Werkstatt).....
- Basis: alles ist **vernetzt** und alles **kommuniziert** (zweckgerichtet) untereinander

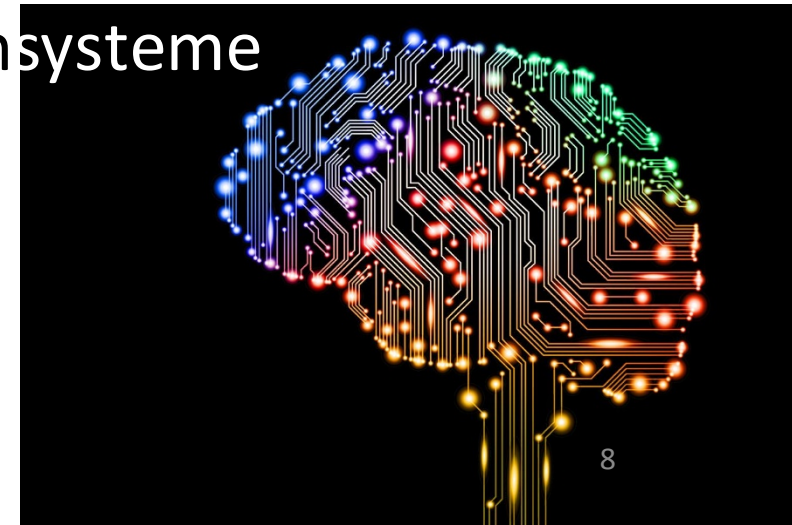


# Inhalt

- Der Hype um die künstliche Intelligenz – Was ist das? – Relevanz für die Medizin
- Entscheidungsfindung im ärztlichen Bereich
- Die Wahrnehmungsmöglichkeiten, die kognitiven Prozesse, die Entscheidungsprozesse ändern und erweitern sich
- Wie können sich Organisationen darauf vorbereiten?
- Die Zusammenschau

# Künstliche Intelligenz – Was ist Intelligenz?

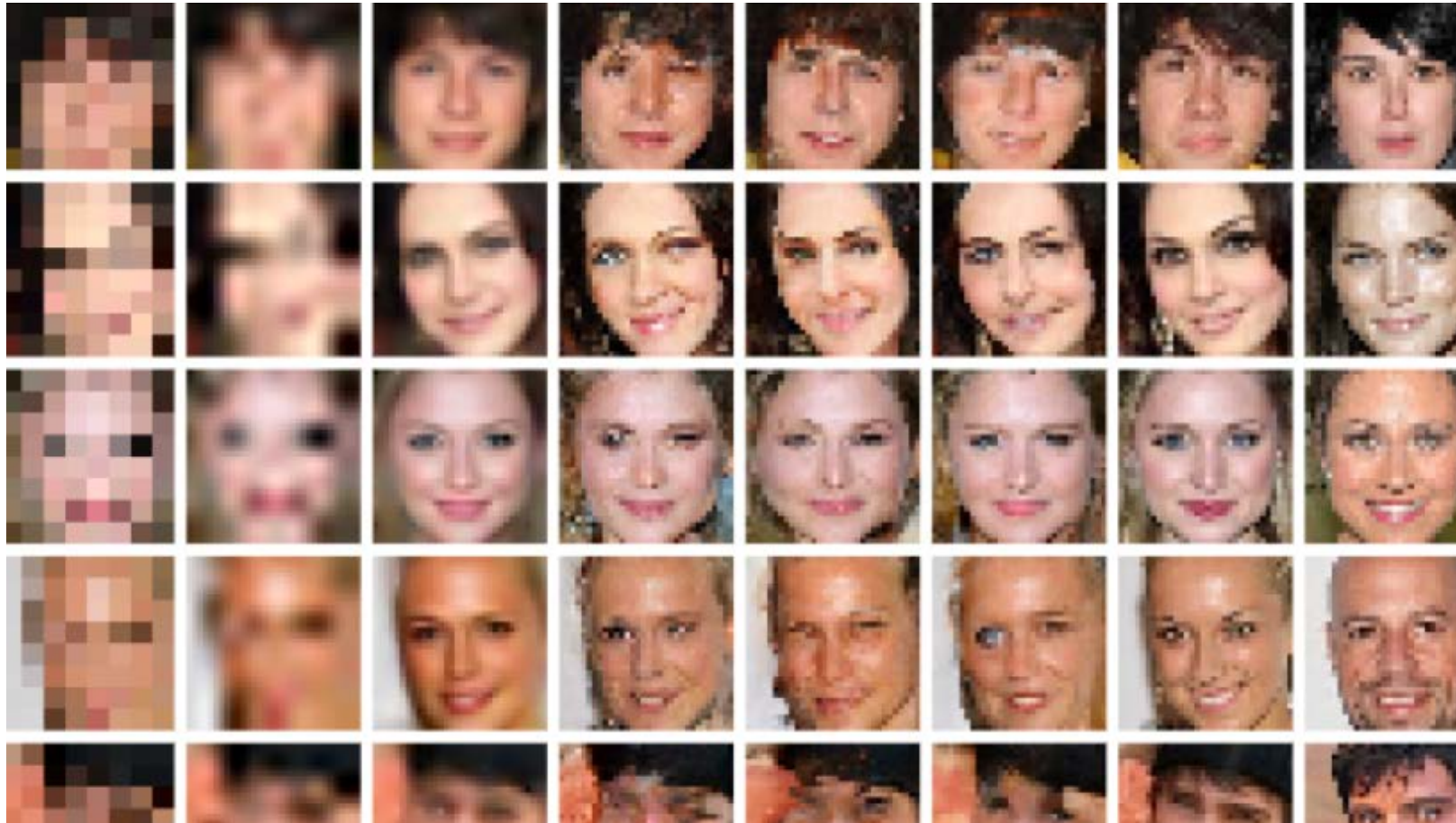
- Wikipedia: **Künstliche Intelligenz (KI**, auch *artifizielle Intelligenz, AI, A. I.*, [englisch](#) *artificial intelligence, AI*) ist ein Teilgebiet der [Informatik](#), welches sich mit **der [Automatisierung](#) intelligenten Verhaltens befasst**. Der Begriff ist insofern nicht eindeutig abgrenzbar, als es bereits **an einer genauen Definition von [Intelligenz](#) mangelt**. Dennoch wird er in Forschung und Entwicklung verwendet.
- **Intelligenz**: Die Fähigkeit **insbesondere** durch abstraktes logisches Denken Probleme zu lösen und zweckmäßig zu handeln
- Regelbasierte Methoden (Wenn-Dann.....) - Expertensysteme
- Maschinelles Lernen – Deep Learning
  - Überwachtes maschinelles Lernen
  - Nicht überwachtes maschinelles Lernen
- „Narrow“ AI – „General“ AI





# Bilderkennung und Künstliche Intelligenz

Ganz links: das Acht-mal-Acht-Pixel-Ausgangsbild.  
Vorletzte Spalte: das Original in 32 mal 32 Pixeln. Ganz rechts die von Googles KI generierte Version.  
[© Google Brain](#)



.....gelernt aus 200000 Fotos von Prominenten

Mai 2017

# Profiling, Prediction

- **Daten sammeln** („Big Data“) und **interpretieren**
- **Vergleichen** und **vorhersagen** (Krankheitsverlauf, Verhalten etc. )
  - Predictive policing („minority report“)
  - Amazon bietet Produkte an
  - Krankheitsverlauf (my patient – like my patient)
  - Vorlieben des Gastes.....
  - etc.



# Wissen aus Daten? - Welche Daten? – Beispiel KAGes

- Zum Ambulanzbesuch bzw Krankenhausaufenthalt:
  - Demografisch
  - Sozialanamnestisch
  - Medikation
  - Diagnosen
  - Leistungen
  - Arztbriefe, OP- Berichte, Pflegedokumentation, Einzelbefunde
- Kages hat mehr....die „longitudinale Krankenakte“ als Basis – 12 bis 15 Jahre (ca. 1,2 Mio Patienten)
  - Laborparameter
  - Vertiefte Sozialanamnese
- Mengengerüste Archive Aug 2016
  - PACS-Archiv: 2.161 TB
  - Krankengeschichtenarchiv: 204 TB
  - E-Mail-Archiv: 242 TB

# Auf Basis vorhandener Texte können weitere Informationen extrahiert werden

Annotation Results for 89.xml in Z:\DataSave\CBmed\WP7\TrainingData\XML\Examples

Diagnosen:

multiple epitheliale Tumore bei Xeroderma pigmentosum  
noduläres Basalzellkarzinom Nase/Wange rechts  
noduläres Basalzellkarzinom Nasenwurzel rechts  
superfiziell Basalzellkarzioms in Assoziation mit einem  
Haarscheidenakanthom nasolabial links

V.a. hyperplastische aktinische Keratose / Handrücken links distal MCP  
III, MCP Handrücken links distal, US li distal med. (C44.3)

Therapieempfehlung:

Blopress Plus 16/12.5mg 1-0-0  
Amlodilan 5mg 1-0-1  
Dilatrend 25mg 1-0-1  
T-ASS 100mg 0-1-0  
Lansobene 30mg 1-0-0  
Simvastatin 20mg 0-0-1  
Glucophage 1000mg 1-0-1  
Dostinex 0,5mg 1x/Wo (So) 1/2 Tablette  
Berodual DA b. Bed.  
Aquatears bei Bed.

Annotation Types

<input type="checkbox"/> Abbreviation	<input type="checkbox"/> AhaUnit	<input type="checkbox"/> BodyPart	<input type="checkbox"/> Conjunction	<input type="checkbox"/> Date
<input type="checkbox"/> Diagnosis	<input type="checkbox"/> DocumentAnnotation	<input type="checkbox"/> Drug	<input type="checkbox"/> Entity	<input type="checkbox"/> GenericMetadata
<input type="checkbox"/> Group	<input type="checkbox"/> Labor	<input type="checkbox"/> LaboratoryValue	<input type="checkbox"/> LaborSection	<input checked="" type="checkbox"/> Medication
<input checked="" type="checkbox"/> MedicationSection	<input type="checkbox"/> PreNegation	<input type="checkbox"/> Regimen	<input type="checkbox"/> Segment	<input type="checkbox"/> Sentence
<input type="checkbox"/> Stem	<input type="checkbox"/> Token	<input type="checkbox"/> Ulceration		

Mode: ☒ Annotations ☐ Features

Select All Deselect All Hide Unselected

Click In Text to See Annotation Detail

Annotations

Medication

Medication ("Blopress Plus 16/12.5mg 1-0-0")

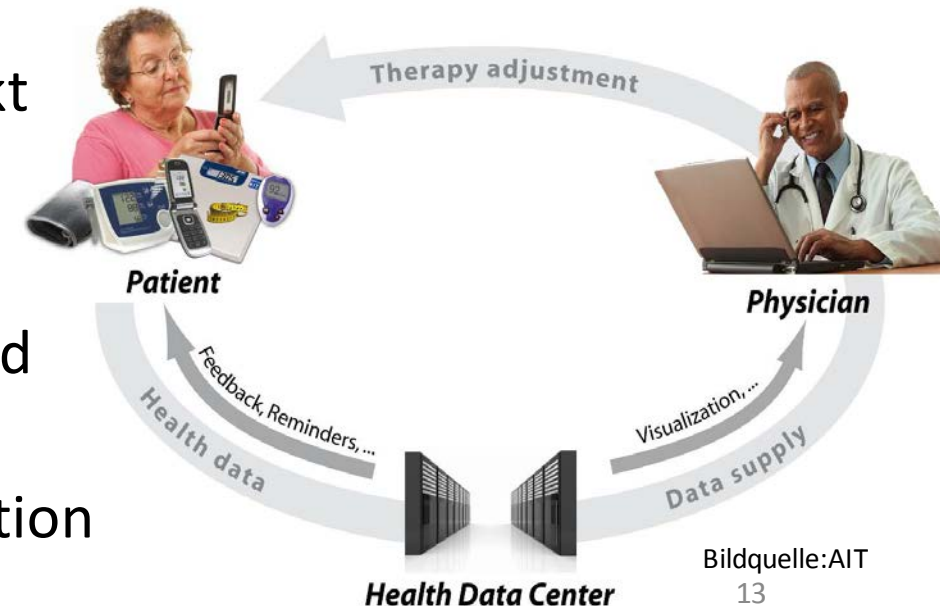
- begin = 409
- end = 438
- componentId = MedicationDetectorAE
- confidence = 0.0

drug = Drug ("Blopress Plus")

- begin = 409
- end = 422
- componentId = ConceptAnnotator
- confidence = 0.0
- dictCanon = Candesartan und Diuretika
- endowingSpan = Sentence ("Diagnosen:mul")
- partialMatch = false
- matchedText = blopress plus
- matchedTerm = Blopress Plus
- matchedVariant = Blopress Plus
- matchedTokens = FSArray
- matchedAnnotations = FSArray
- mappingMode = original
- mappingFuzzynessScore = 0.0
- uniqueID = abdamed\_flat\_2012:ABDM0124
- source = abdamed\_flat\_2012
- compound = Candesartan und Diuretika
- API = null
- regimen = 1-0-0
- unit =
- dose = 12.5

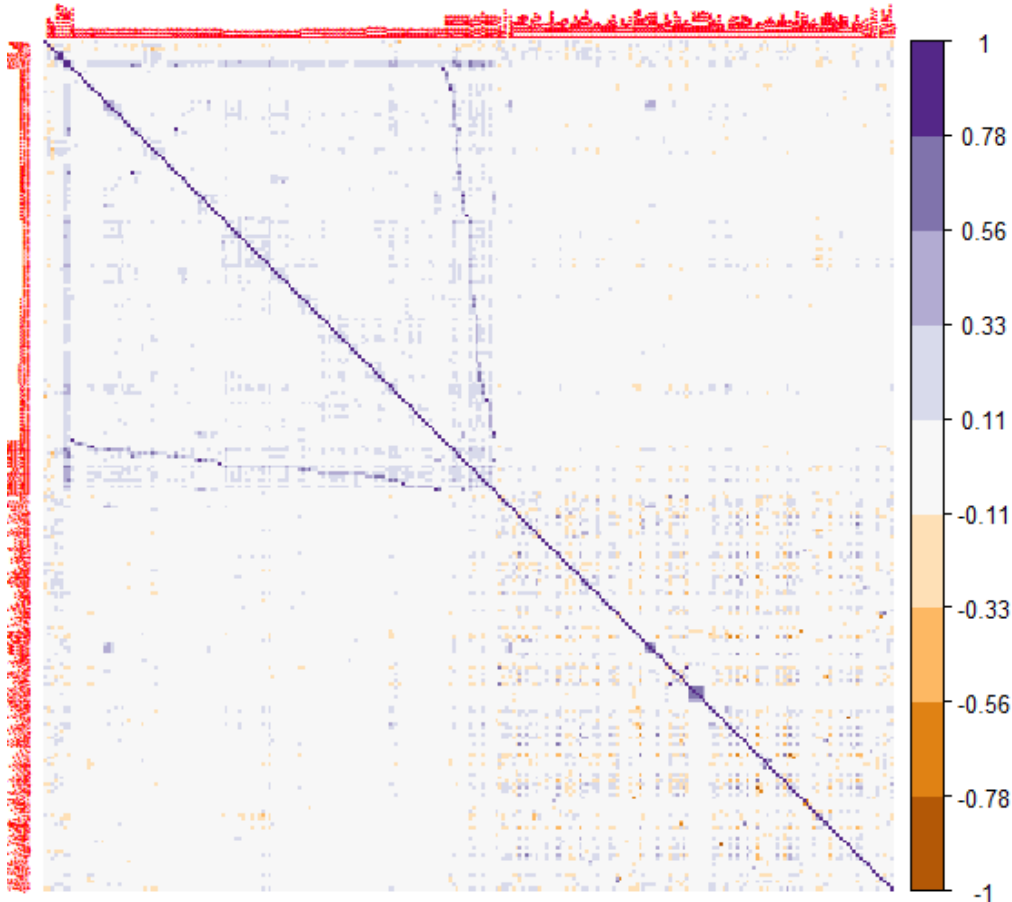
# Neue Geschäftsmodelle und Datenquellen – Was online geht wird auch online gemacht werden?

- Kontinuierlicher Kanal Arzt-Patient (z.B. **Telemonitoring** durch Hausarzt) vs.
- „**Direktvertrieb an Patienten**“ – z.B. Dermatologisches Bild an „fremden“ Arzt oder „see a doctor now“, z.B. DoctorOnDemand, American Well etc.
- Spezialambulanz im Krankenhaus – Patient erleichtert Nachsorge mit späterer strukturierter Übernahme durch Niedergelassene Ärzte – „**virtuelle Hausbesuche**“
- Zukunft?: Arztbesuch z.T. durch **online Konsultationen** ersetzt, Arzthelfer nehmen am „Health-Point im Supermarkt Blut ab“, in Videokabine Arztgespräch.....
- **Telenotarzt** verbessert Notfallmedizin
- **Telefonservice** und **Telearzt (TEWEB)** erleichtert Zugang und ermöglicht sinnvolle Patientensteuerung
- **Medikamentendispenser** schließen den Kreis der eMedikation





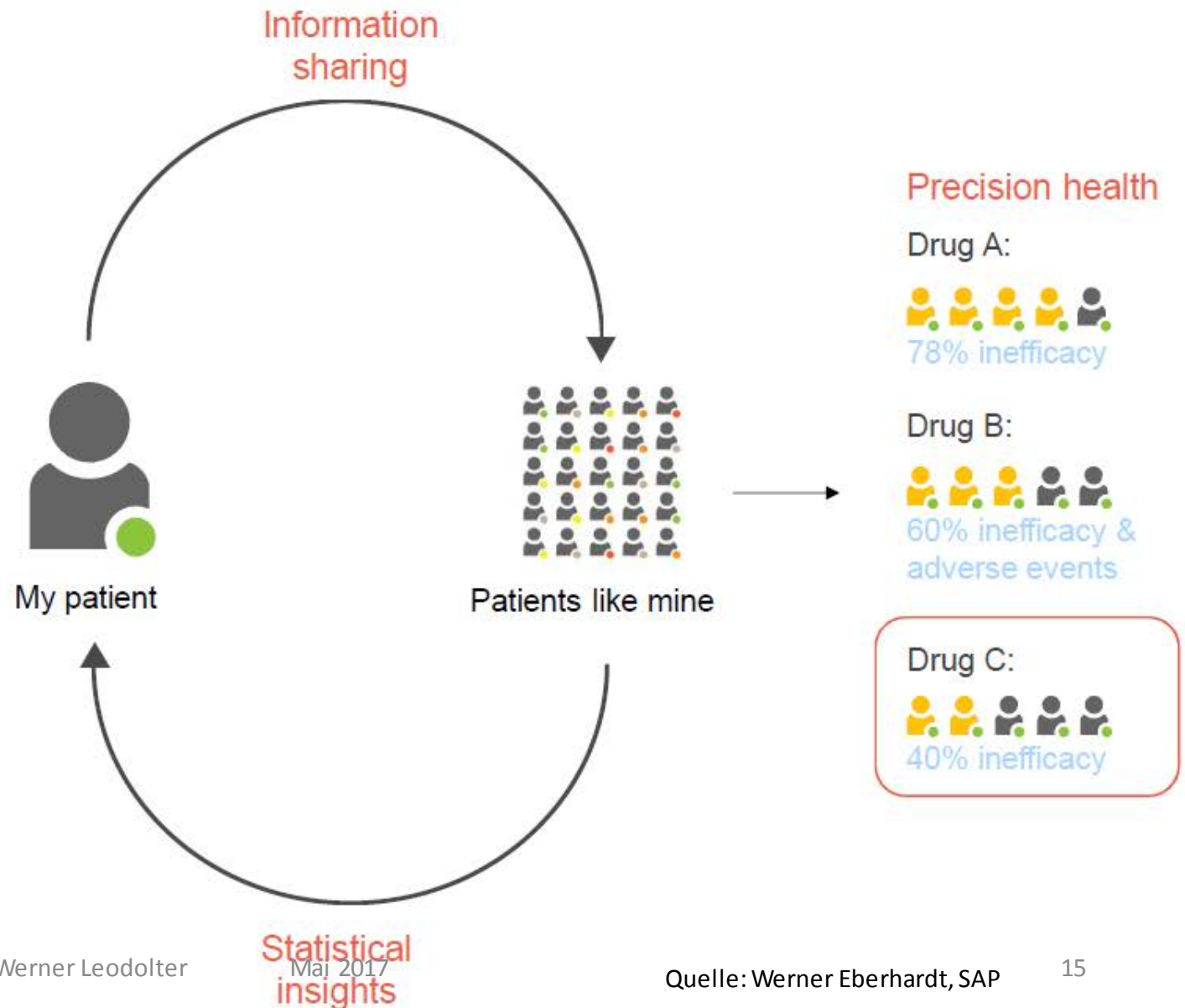
# Preparing statistic modeling and knowledge detection



- The statistical model incorporates more than 300 variables - growing
- A view of the „heatmap“ gives an impression of complexity and promises many interesting hypotheses to be evaluated
- Detect „**digital biomarkers**“?

# Close the knowledge loop back to clinical practice

“Patients like mine” comparing individual patients with large populations.



# Clinical decision support (CDS)

- **CDS is a health information technology component** that
  - provides clinicians, staff, patients or other individuals with knowledge and person-specific information,
  - **intelligently filtered** or presented **at appropriate times**,
  - to enhance health and health care.
- CDS encompasses a **variety of tools** to enhance decision making in the clinical workflow. (HealthIT.gov, 2014) These tools
  - include **computerized alerts** and
  - **reminders to care providers and patients;**
  - clinical **guidelines**;
  - condition-specific **order sets**;
  - **focused patient data reports and summaries;**
  - Documentation **templates**;
  - **diagnostic support; and**
  - **contextually relevant reference information,** among other tools



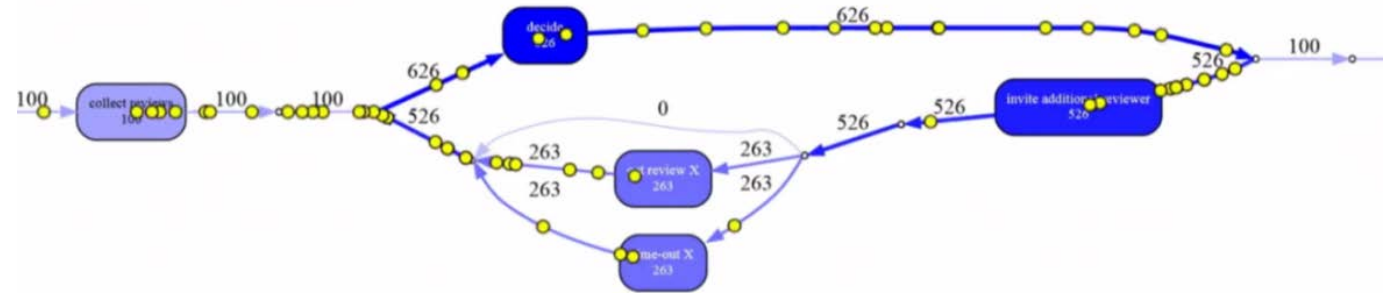
# Kontextsensitiver Zugang zu umfangreichen Krankenakten

The screenshot displays a web-based patient record interface. At the top, a navigation bar includes a search bar and a user profile for 'B. Fischer'. The main header section features a patient profile for 'Michael Huber' (DOB: 03.10.1951, 65 years old, 1.78 cm, 75 kg) and a list of 'ALLERGIEN UND RISIKEN' (Penicillin, Kontrastmittel, Blutverdünner, Herzschrittmacher, (1) weitere). Below this, a horizontal menu lists various medical categories: DIAGNOSEN (281), ZEITLEISTE, MEDIKATION (11), BEFUNDE (4), VOR-OPERATIONEN (5), STAMMDATEN, and RISIKOFAKTOREN (5). The main content area is divided into two columns: 'ONKOLOGIE' and 'ANDERE FACHBEREICHE'. A vertical timeline labeled 'Heute' (Today) shows a series of medical events with dates and ICD codes. The 'ONKOLOGIE' column lists conditions such as 'Subkutaner Tumor Nasenrücken' (ICD 10: D48.7, 28.12.2016), 'Sarkoidose der Lymphknoten' (ICD 10: D86.1, 27.07.2015), and 'Hodgkin-Krankheit [Lymphogranulomatose]' (ICD 10: C81.3, 03.10.2015). The 'ANDERE FACHBEREICHE' column lists conditions such as 'Akute Cholezystitis' (ICD 10: K81.0, 22.04.2016), 'Bandscheibenprotrusion LWS' (ICD 10: M51.26, 02.03.2016), and 'Lumbago' (ICD 10: M54.5, 12.02.2016).

Category	Condition	ICD 10 Code	Date
ONKOLOGIE	Subkutaner Tumor Nasenrücken	D48.7	28.12.2016
	Sekundäre und nicht näher bezeichnete bösartige Neubildung der Lymphknoten	C77	21.11.2016
	Hodgkin-Krankheit [Lymphogranulomatose]	C81.3	03.10.2015
	Neubildung unsicheren oder unbekannten V...	D48.0	15.08.2015
	Sarkoidose der Lymphknoten	D86.1	27.07.2015
ANDERE FACHBEREICHE	Akute Cholezystitis	K81.0	22.04.2016
	Bandscheibenprotrusion LWS	M51.26	02.03.2016
	Lumbago	M54.5	12.02.2016
	Gastrointestinale Blutung, nicht näher b...	K92.2	16.11.2015
	Lumbago	XW200	12.02.2015

# Zahlreiche Nutzungsszenarien bei KAGes und CBMed in Arbeit

- Process Mining (Kolon-Karzinom)
- Delir-Prognose
- „Vermeidbare“ Wiederaufnahmen
- Diagnostik unterstützen – Prognose von Komorbiditäten



## KAGes - Diagnosenfinder

Minimale Häufigkeit der Diagnose Kombination

Minimale LIT

Alter: 61 Jahre

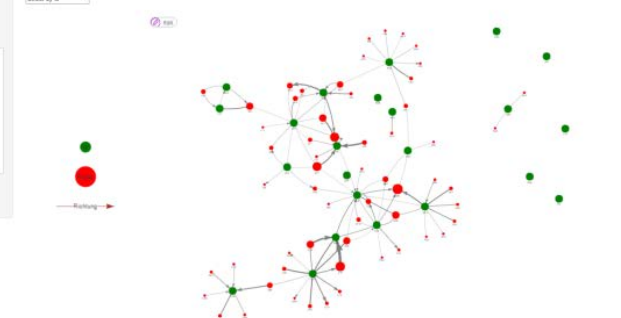
Alter:  Geschlecht:

Bekannte Diagnosen

**Berechnen!**

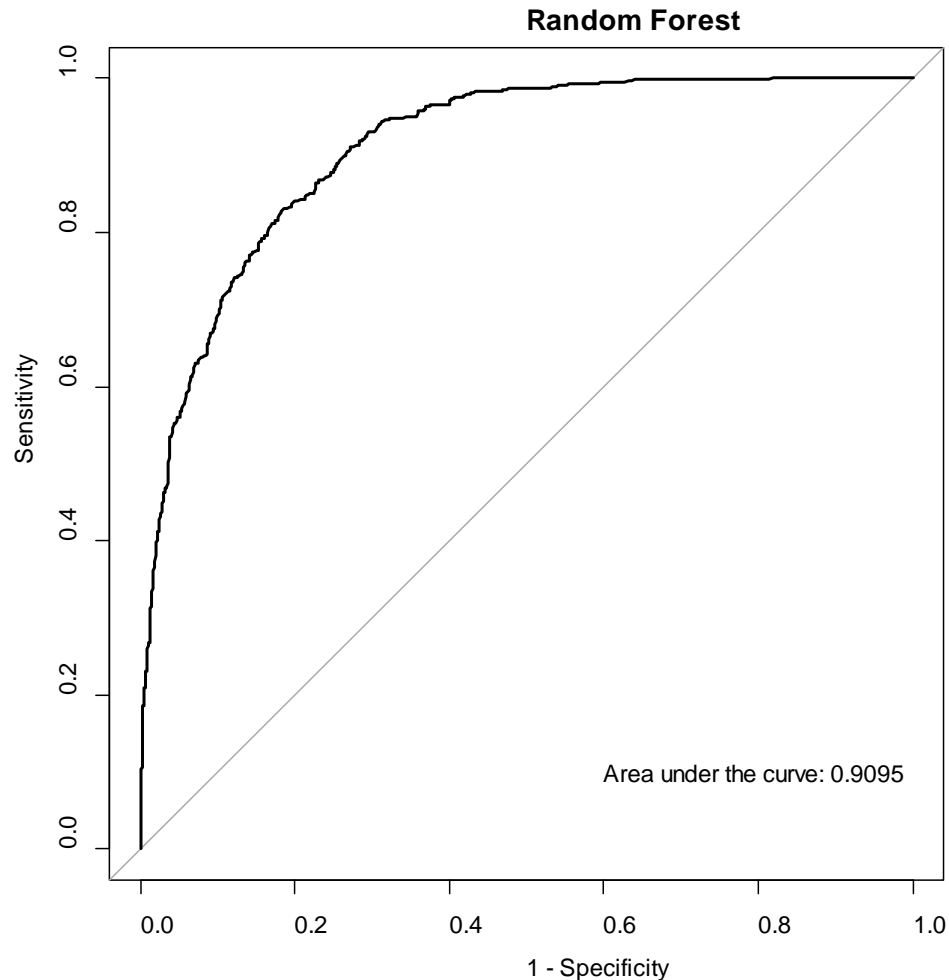
## Mögliche zusätzliche Diagnosen?

Diagnose	Stadium	Beschreibung Richtige Diagnose	LIT	Lithium	PSI	PSI	Häufigkeit gesamtes Aufbau
1	N08	Primär insulinabhängiger Diabetes mellitus	8.81	12.08	94.8%	6.8%	842
2	N08	Nicht näher bezeichnete Diabetes mellitus	8.81	8.48	70.8%	4.7%	938
3	I03	Rheumatische Mitralklappenkrankheit	5.87	5.87	4.4%	52.4%	583
4	I03	Offenhalten der Nachhut bei anderen klassifizierten Krankheiten	4.78	4.78	5.7%	33.8%	1085
5	I03	Komplikationen durch Prostata, Implantate oder Transplantate im Harn und in den Gefäßen	4.78	7.15	12.8%	32%	1233





# Entwickelt ein Patient ein Delir oder nicht? Kann man aus den Daten für die Zukunft lernen?



Reference		
Prediction	NO	Y
NO	1145	163
Y	200	394

Accuracy : 0.8091  
95% CI : (0.7908, 0.8266)

Sensitivity : 0.7074  
Specificity : 0.8513

'Positive' Class : Y

Am Test-Set wird das zuvor trainierte Modell angewendet. Nun errechnet das Modell für jeden Patienten eine Prognose. Dies wird mit der tatsächlichen verglichen.

# Die Begründung wird dann z.B. per Pop-Up geliefert



**Michael Huber**  
03.10.1951 (65 Jahre), 1,78 cm, 75 kg

**ALLERGIEN UND RISIKEN**  
Penicilin, Kontrastmittel,  
Blutverdünner, Herzschrittmacher,  
(1) weitere

ZULETZT AKTUALISIERT

BEFUNDE Neurologie 28.10.16	BILDER Radiologie 28.10.16	DOKUMENTE Radiologie 28.10.16
LABOR WERTE Virologie 28.10.16	MEDIKAMENTE Methicillin 28.10.16	

DIAGNOSEN (281)   ZEITLEISTE   MEDIKATION (11)   BEFUNDE (4)   VOR-OPERATIONEN (5)   STAMMDATEN   **RISIKOFAKTOREN (5)**

**Penicilin**  
erfasst am: 12.05.2012

**Kontrastmittel**  
erfasst am: 25.01.2011

**Blutverdünner**  
erfasst am: 02.09.2009

**Herzschrittmacher**  
erfasst am: 27.08.2009

**Sturzgefahr**  
erfasst am: 24.07.2009

Delir  
Stark erhöhtes Risiko



## Ursachen des erhöhten Risikos: X

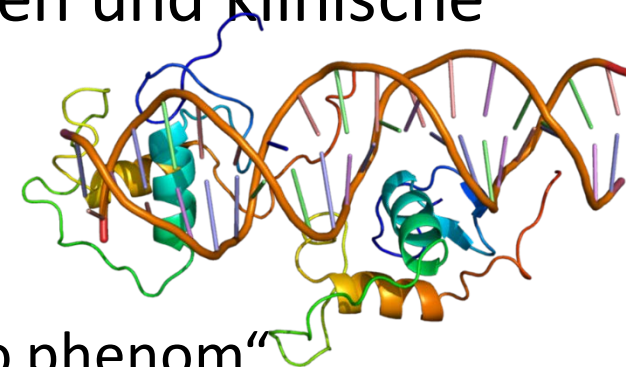
CRP ++  
Alter des Patienten  
Eingeschränkte Gehfähigkeit  
Respiratorische Insuffizienz  
...

Später ansehen

Guidelines

# ...es kommt noch mehr.....

- Lückenschluss mit **elektronischer Fieberkurve** – Prozessdaten und klinische Daten werden weitgehend vollständig sein
- **Bioinformatik** („Bio-IT“)
  - NGS – Genomsequenzierung
  - Proteomik und Integration in „proteogenomics“, “from genome to phenom“
  - Virtual research
  - Integration Biomedical devices and mobile devices (wearables, sensors)
  - Etc.
  - Forderungen: Scalability, governance (incl. security), discoverability
  - Forderungen: Kommunikation und Zusammenarbeit ermöglichen
  - Dazu notwendig: Visualisierung, Qualitätssicherung, Supercomputing, Cloud? „cloud biology“, Archivierung, Kontextualisierung, advanced analytics, clinical trial mgmt.
  - → **digital biomarker** development
- **Literatur** – kontextbezogener Zugang



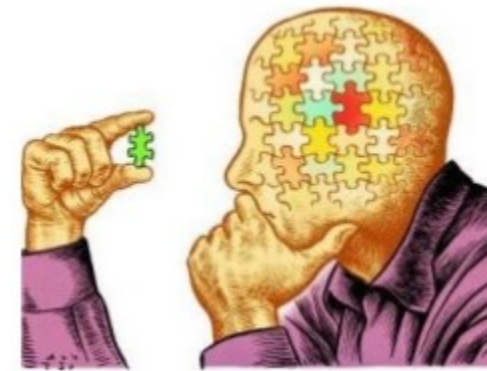
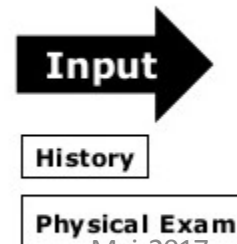


# Virtuelle und erweiterte Realität (VR,AR) incl. Simulation und Animation



# Ärzte ermächtigen und unterstützen....

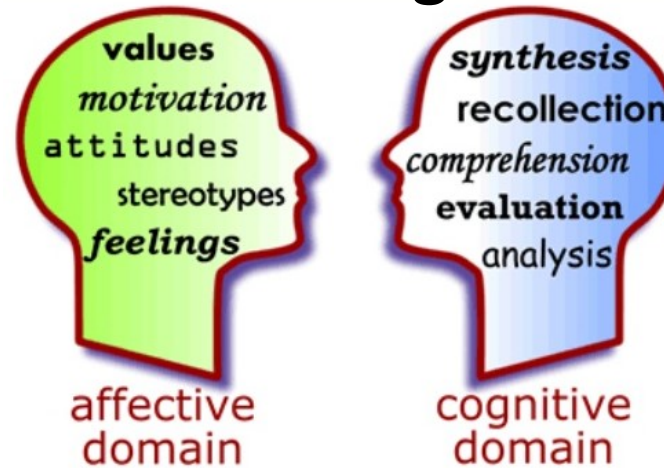
- **Kontextbezogener Überblick** über Krankenakte und
- **kontextbezogener Zugang** zu medizinischem Wissen, zu Guidelines, EBM, EBN etc. - **Decision support**
  - Algorithmus ersetzt Erfahrung? – Ja teilweise entsteht neues Medizinwissen
  - Personalisierte Medizin (Alter, Genomik..)
  - Wird jemand gegen Algorithmus entscheiden? – Gespür für Gesamtsituation? Patientenpräferenz?
  - Wie Gespür entwickeln und ohne Computer gute Entscheidungen treffen – Simulatoren?
  - Prediction?
- **Kontextsensitiv** generierte **User interfaces**  
.....beim „clinical reasoning“



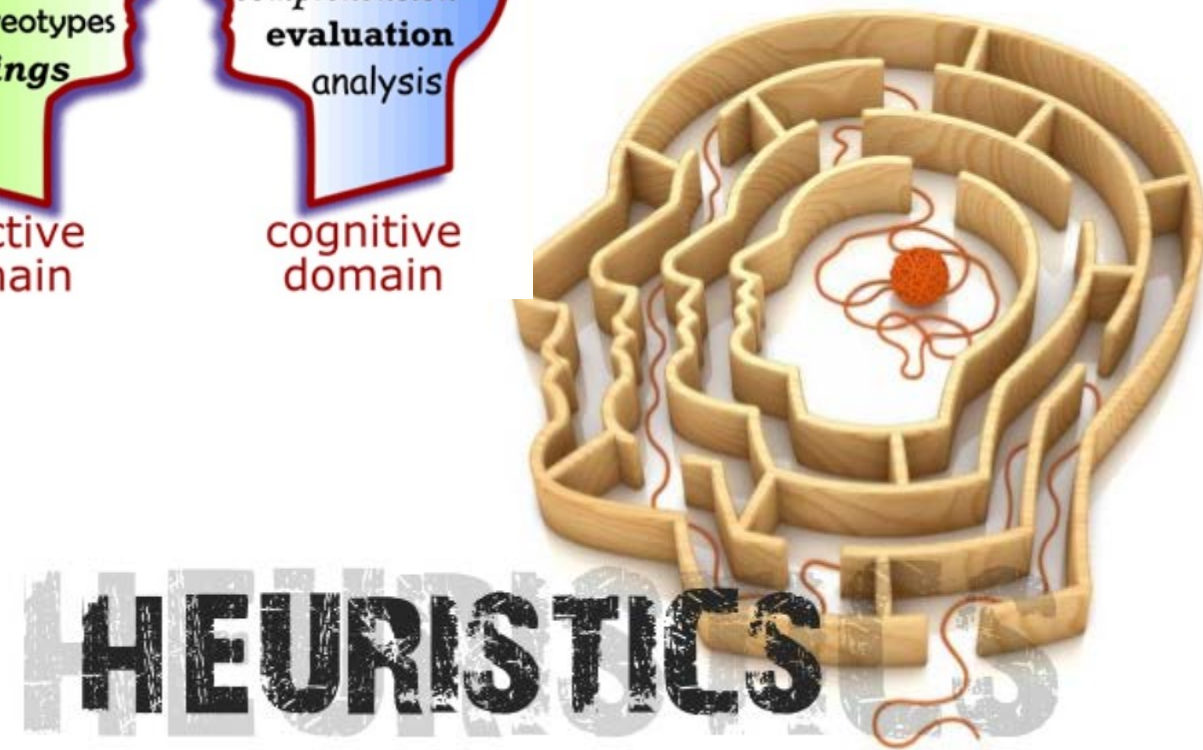


# Some factors impacting Clinical Reasoning

- **Dual process theory** — fast, intuitive system 1, and slow, analytic system 2 processes—are responsible for **human reasoning** and **decision making** (Kahneman 2011).
- **Heuristic** — mental shortcuts — unconsciously employed — may lead to errors.
- **Human factors (or ergonomics)** — interactions among humans and other elements of a system - **usability**



Word cloud centered around 'Usability' and 'UX'. Other words include: Frustration, Nutzererlebnis, User test, Expertenanalyse, Informationsarchitektur, Konzeption, Personas, Navigation, Interaktionsdesign, Interaktion, Design, Feldstudie, and Nutzerforschung.



# Train and Improve Clinical Reasoning

- Among the strategies proposed to improve clinical reasoning, education and training are **instruction and practice** on
  - **generating and refining a differential diagnosis,**
  - developing an **appreciation of how diagnostic errors occur** and of the **strategies to mitigate** them,
    - **engaging in metacognition and debiasing strategies,** and
    - **fostering intuition** and
    - **progressive problem solving**
- **Simulation of clinical decisions** including decision proposals that make no sense – Trainees have to detect them evaluating all proposals



Mai 2017





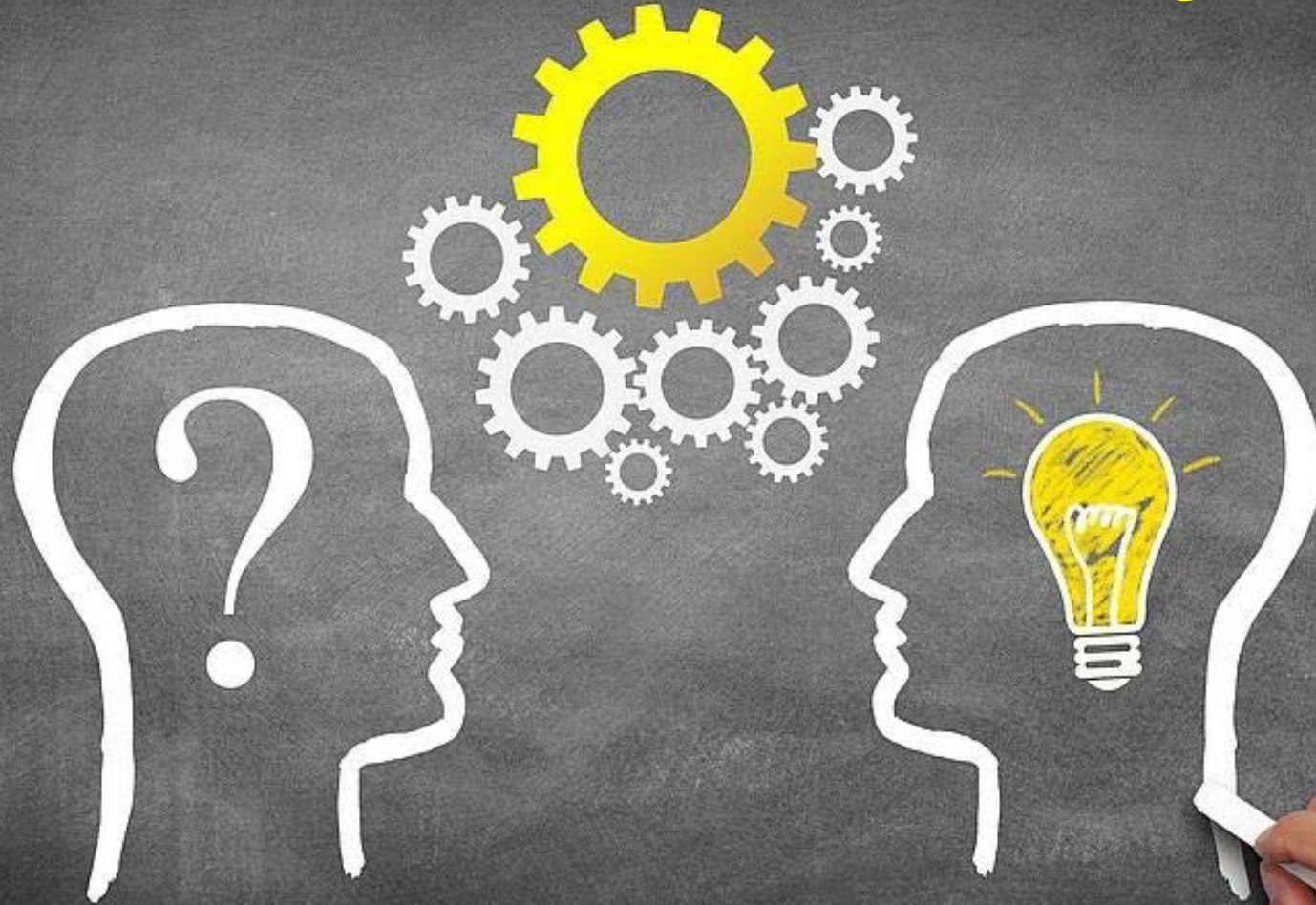
# Mensch + Maschine

**Entscheidungen und  
Handlungen** in  
Organisation(seinheiten)  
entstehen aus  
**organisatorisch bewussten**  
und **unbewussten**  
Prozessen

in

**Kombination** mit  
**Menschlicher** Intelligenz,  
Prägungen, Vorurteilen etc.  
(**Unterbewusstsein** des  
Einzelnen)

...Mensch und Maschine intelligent vernetzen



...Hybride Intelligenz

# Affective Computing

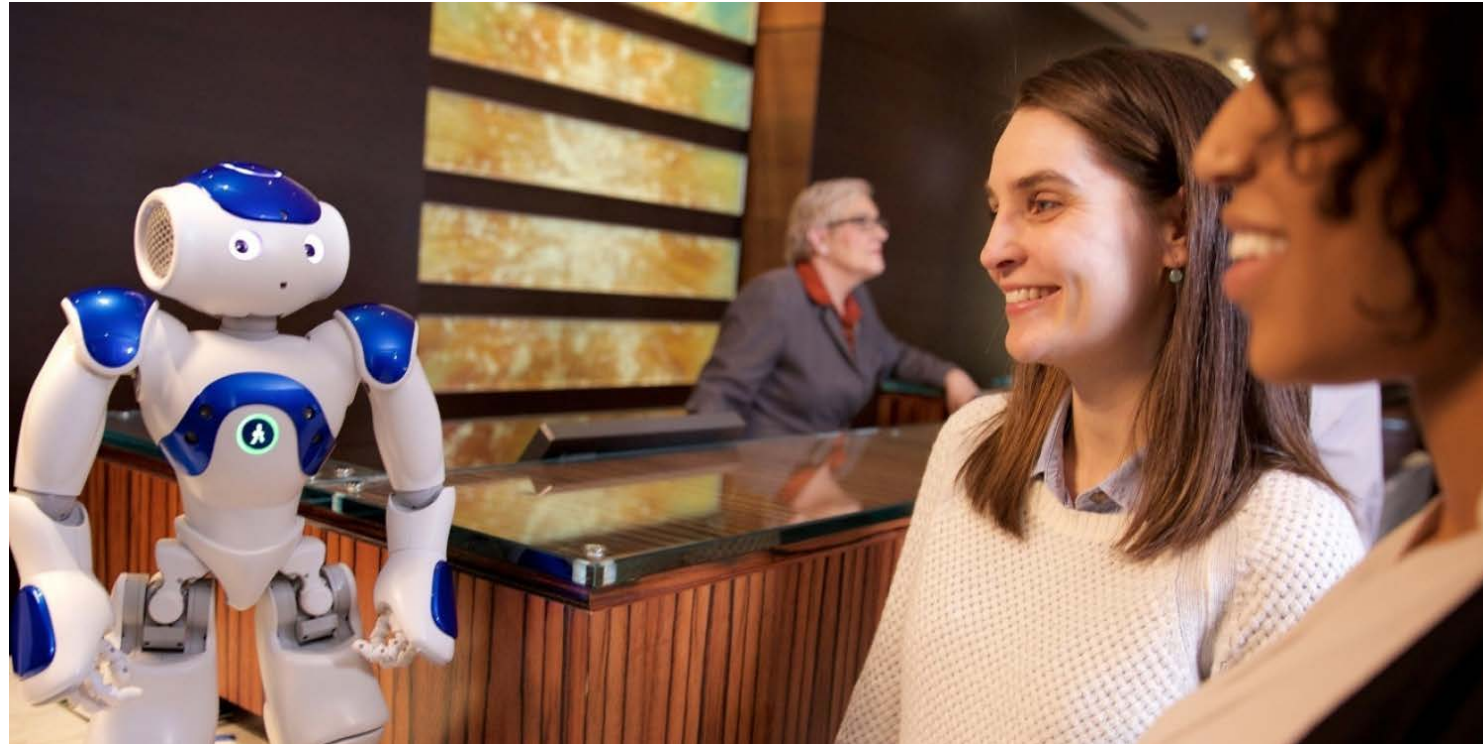
- Der „empfindsame“ und „empathische“ Roboter, z.B. Paro, der Therapieroboter
- Auch facebook erkennt Haltungen, Stimmungen – social graph – „Echokammern“
- Chatbots können aus Stimmanalyse Stimmungen erkennen und entsprechend reagieren





# Cognitive Computing.... Serviceroboter in Hotels

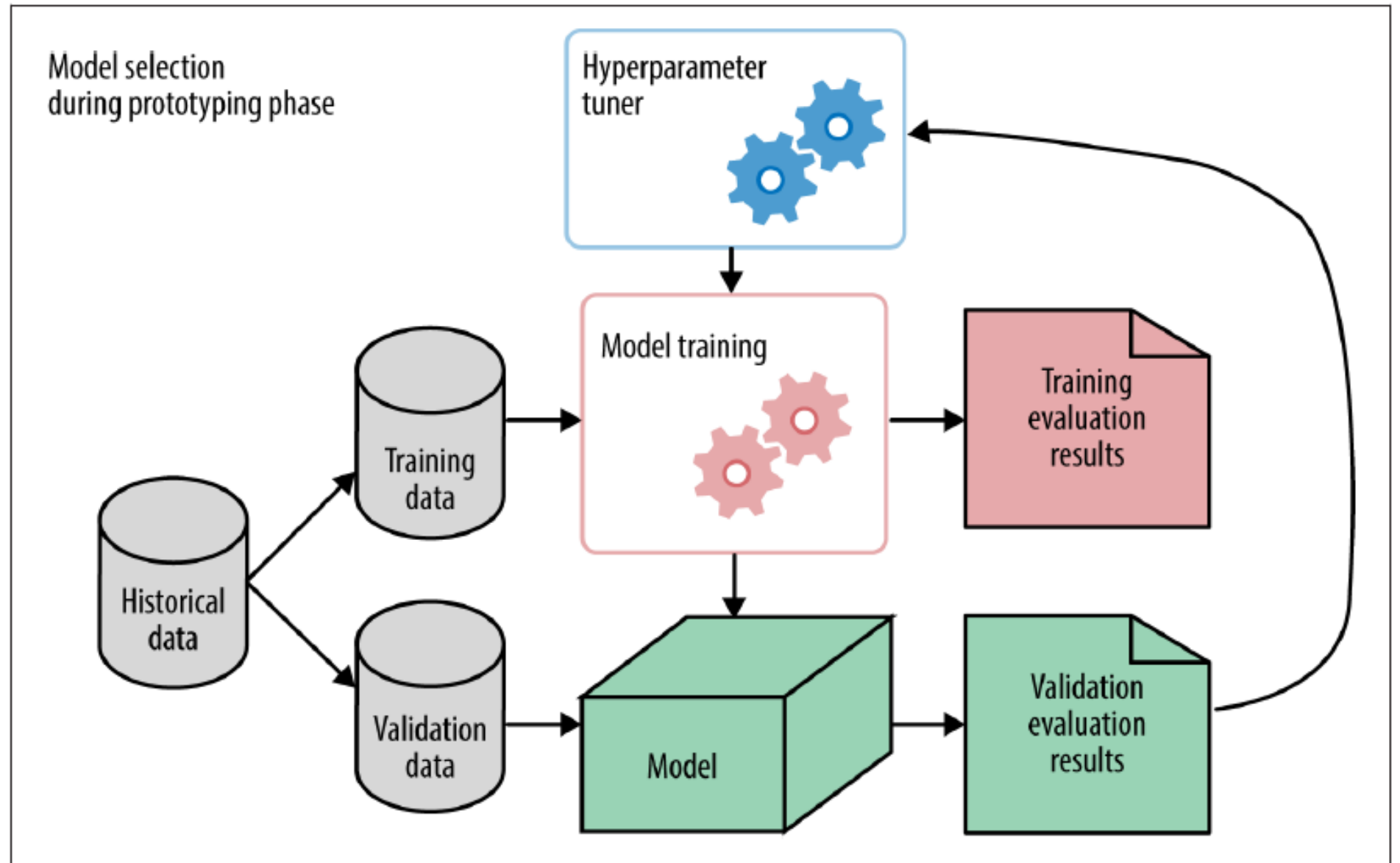
Die Gäste eines Hilton-Hotels in Virginia werden von einem ganz besonderen **Concierge** begrüßt: Connie ist ein lernfähiger humanoider Roboter, der auf IBMs Künstlicher Intelligenz Watson basiert. .... in **Asien** längst **Alltag**





# Wie Maschinen lernen

In Anlehnung an Alice  
Zheng, *Evaluating  
Machine Learning  
Models*, 2015 O'Reilly  
Media, Inc.



*Figure 3-1. The prototyping phase of building a machine learning model*

# Das Prinzip beim (überwachten) maschinellen Lernen

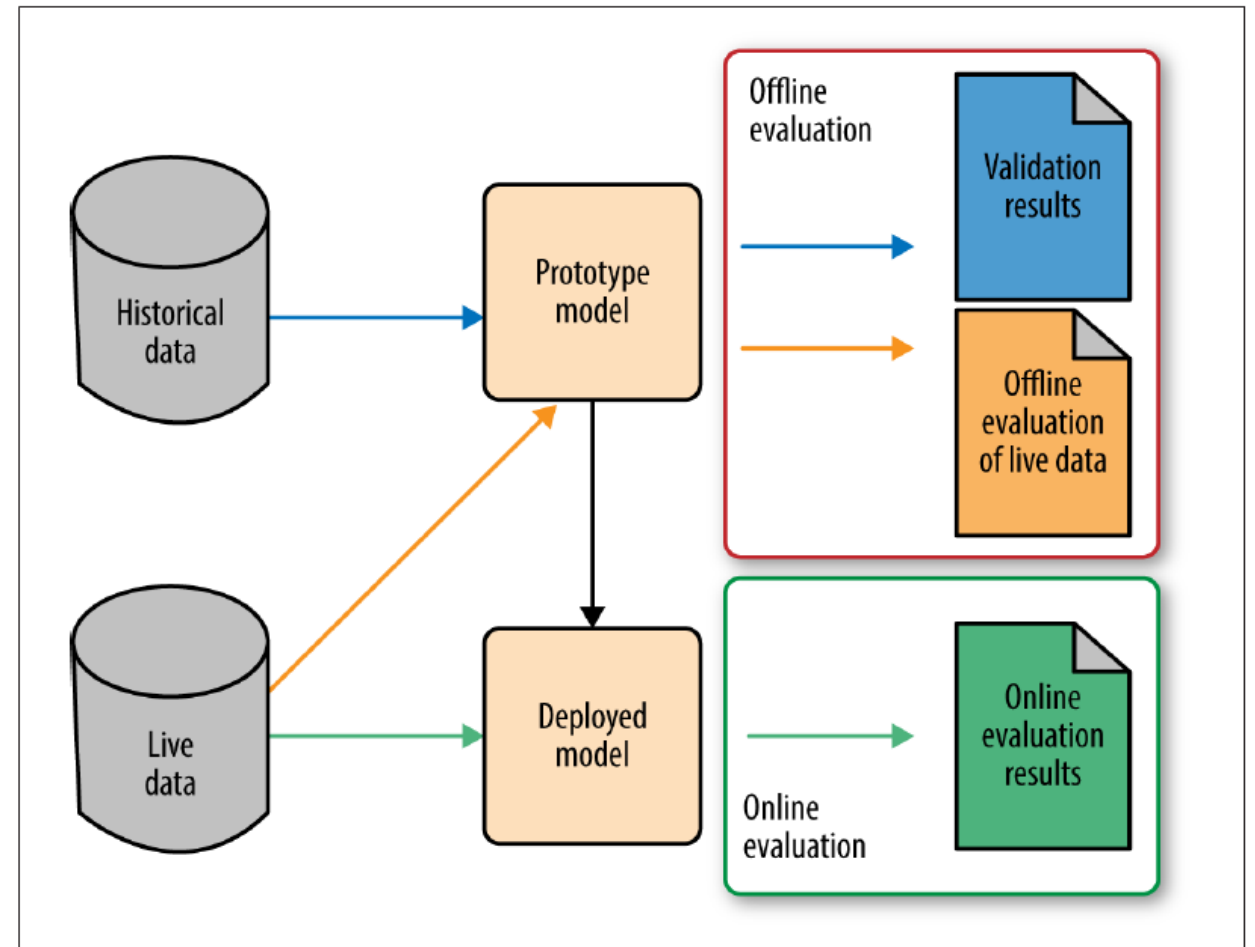
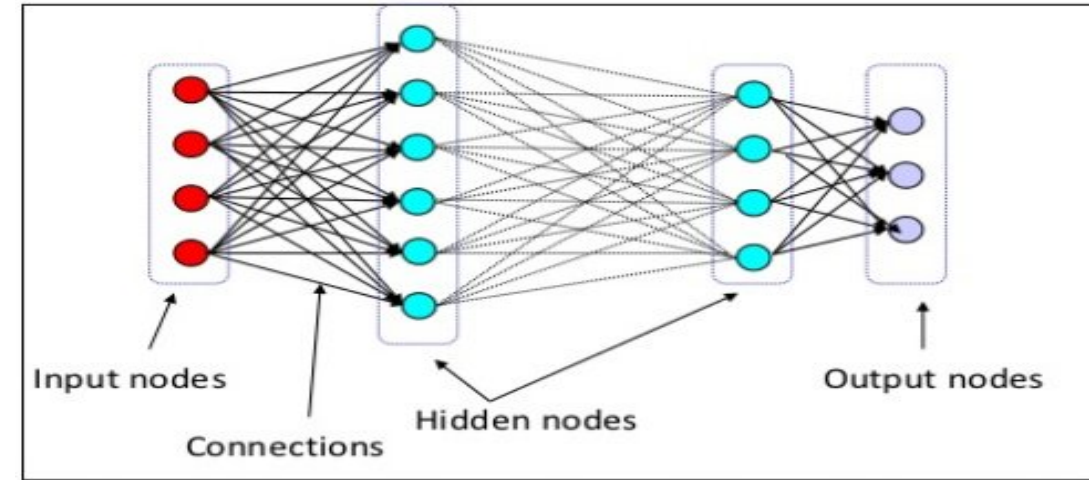


Figure 1-1. Machine learning model development and evaluation workflow

In Anlehnung an Alice Zheng, *Evaluating Machine Learning Models*, 2015 O'Reilly Media, Inc.

# Maschinelles Lernen – Deep Learning

- Überwachtes Lernen
- **Nicht überwachtes Lernen**
- Reinforcement Learning (mit Ziel, das belohnt wird – Incentives für die „Maschine“)



- Neurowissenschaften und Machine Learning verschränken sich (neuronale Netze etc.)
- **Deep Learning** bezeichnet eine Klasse von Optimierungsmethoden auf Basis künstlicher neuronaler Netze, die zahlreiche Zwischenlagen (engl. hidden layers) zwischen Eingabeschicht und Ausgabeschicht haben und dadurch eine umfangreiche innere Struktur aufweisen.
- Compliance zu **Medizinproduktegesetz?**

# Dynamische Entwicklungen stehen uns bevor....

- Wie **zentral/dezentral** werden die AI- Ressourcen sein (wie “Watson”?, wie unser Gehirn? Verteilt?)
- [Google](#) hat seinen **Code** für deep learning software TensorFlow **freigegeben**
- **AI** einer Software zuzufügen wird **sehr einfach** sein.
- **“Smart Things”** sind ebenfalls bereits leicht konfigurierbar und integrierbar (IoT) → “digital twins”
- Neue Möglichkeiten der Simulation mit **“digital twins”**
- **Kontext-sensitiver Zugang zu Informations- und Wissensquellen** und damit neue Möglichkeiten für **Training** und **Simulatoren** stärken die **menschliche Vorstellungskraft**

# ➔ zunehmend digitale Repräsentation der Welt

- Digitale **Zwillinge** von....

- People - Menschen (Gäste, Mitarbeiter und andere Entscheider)
- Things (IoT)
- Organisationen und Geschäftsmodelle

Der „virtuelle Patient“  
„precision“ medicine  
„stratifizierte“ Medizin  
„personalisierte“ Medizin

- Digitale **Werkzeuge**

- Virtuelle und erweiterte Realität
- Digitale Assistenten
- Entscheidungsunterstützungssysteme
- Künstliche Intelligenz
- Roboter
- Blockchain
- etc.





# → „Hybride Intelligenzen“ verändern Organisationen

Je mehr man Entscheidungen automatisiert – umso mehr ist das Unterbewusstsein der Organisation zu beachten

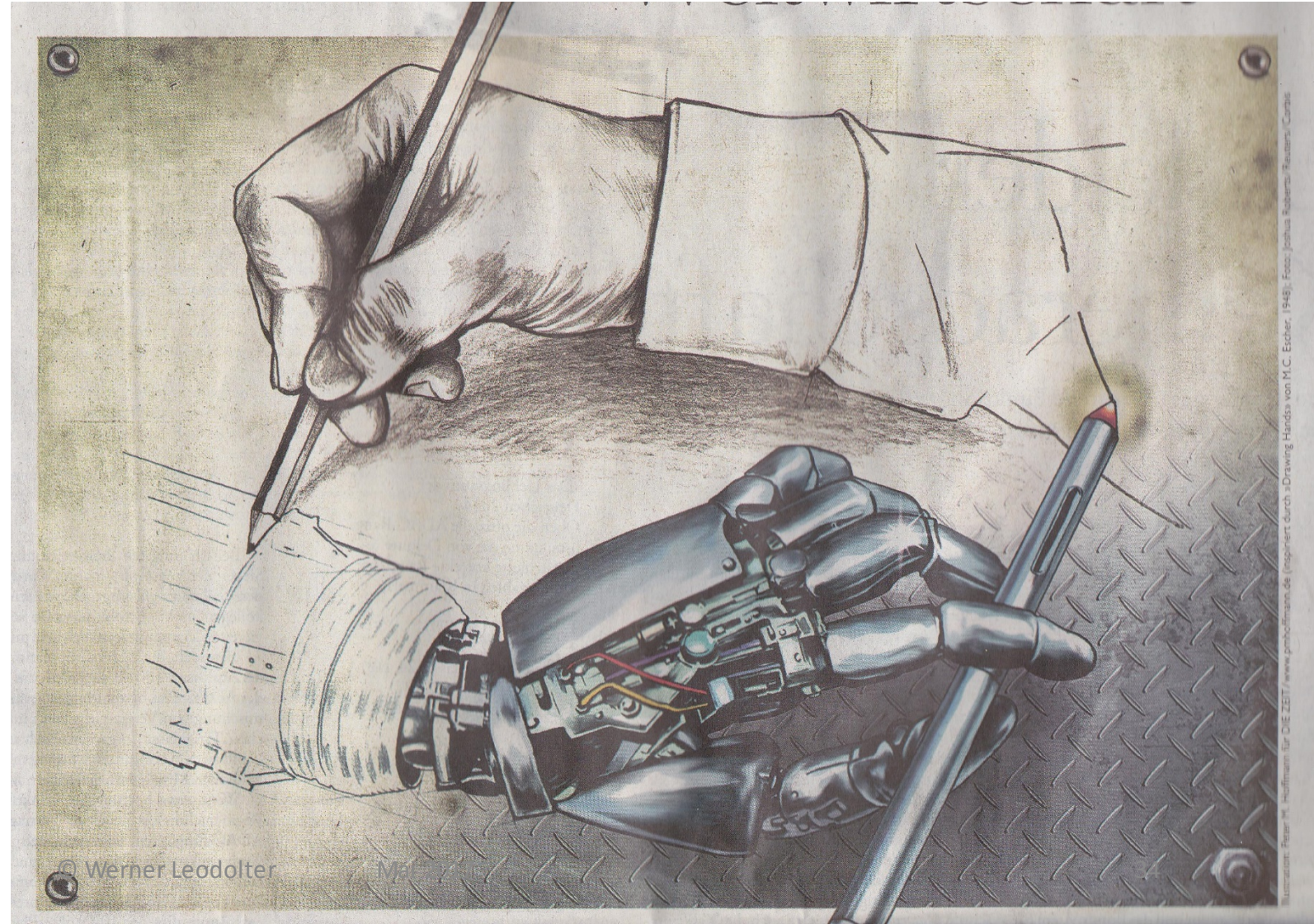
*We shape our tools and  
then our tools shape us.*

Robert K. Logan: Understanding new media

Zukünftig werden  
autonome Systeme

**Wissen aus  
Erfahrung  
generieren**

Illustration aus  
DIE ZEIT  
13.2.2014





Aber.....

„Everytime I  
knew all the  
answers, they  
changed all the  
questions“

.....die Ungewissheit wird  
bleiben



Ab Juli 2017:

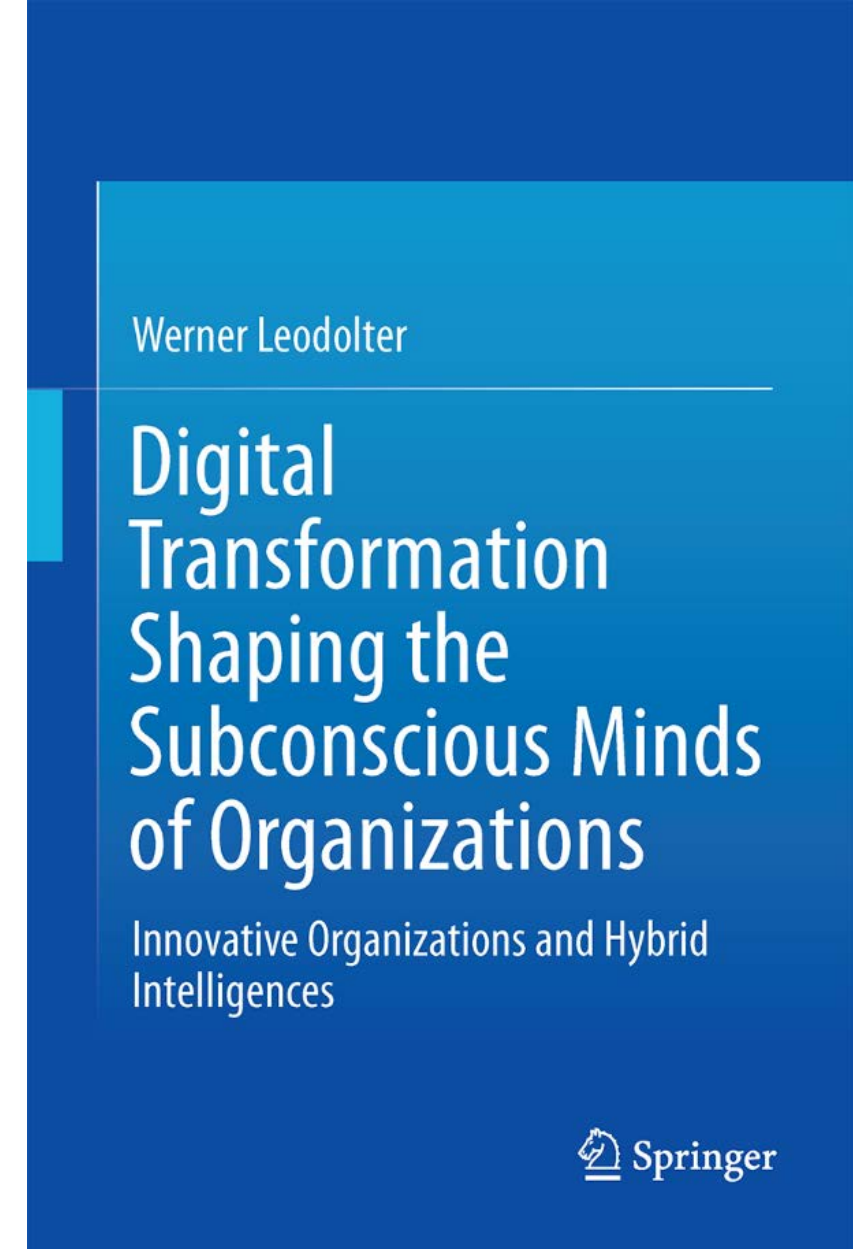


[Springer-Verlag](http://www.springer.com)

# .....zum Nachlesen

[Redneragentur](http://www.redneragentur.com) Topspeaker

Kontakt:  
werner.leodolter@aon.at



<http://www.springer.com/in/book/9783319536170>