



DANIEL SONNTAG (DFKI)

KÜNSTLICHE INTELLIGENZ IN DER MEDIZIN: DAS KLINISCHE DATENINTELLIGENZ PROJEKT



SIEMENS

CHARITÉ
UNIVERSITÄTSMEDIZIN BERLIN

Institut für
FrauenGesundheit
(IFG*)

DFKI
Deutsches
Forschungszentrum
für Künstliche
Intelligenz GmbH

Fraunhofer
IIS

FAU
FRIEDRICH-ALEXANDER
UNIVERSITÄT
ERLANGEN-NÜRNBERG

averbis
medical language technology

Mit Mitteln des
Bundesministeriums für
Wirtschaft und Energie
Technologie Programm
“Smart Data”

 Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

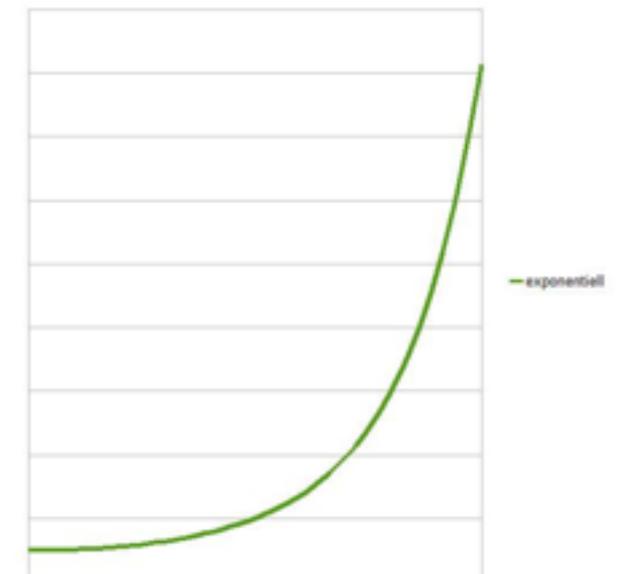
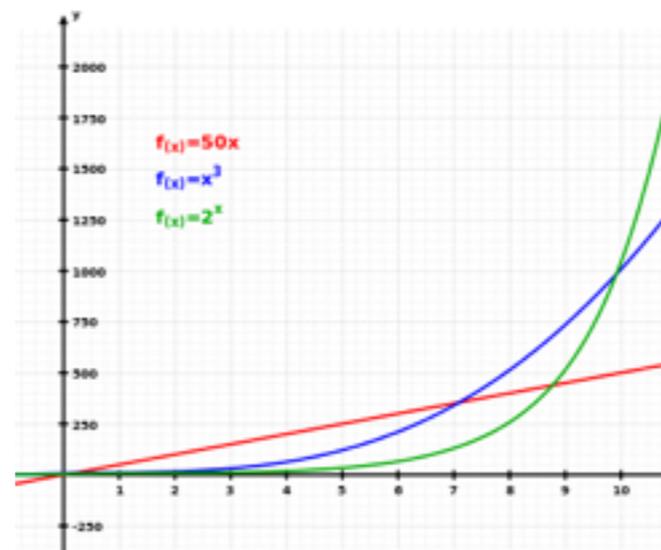
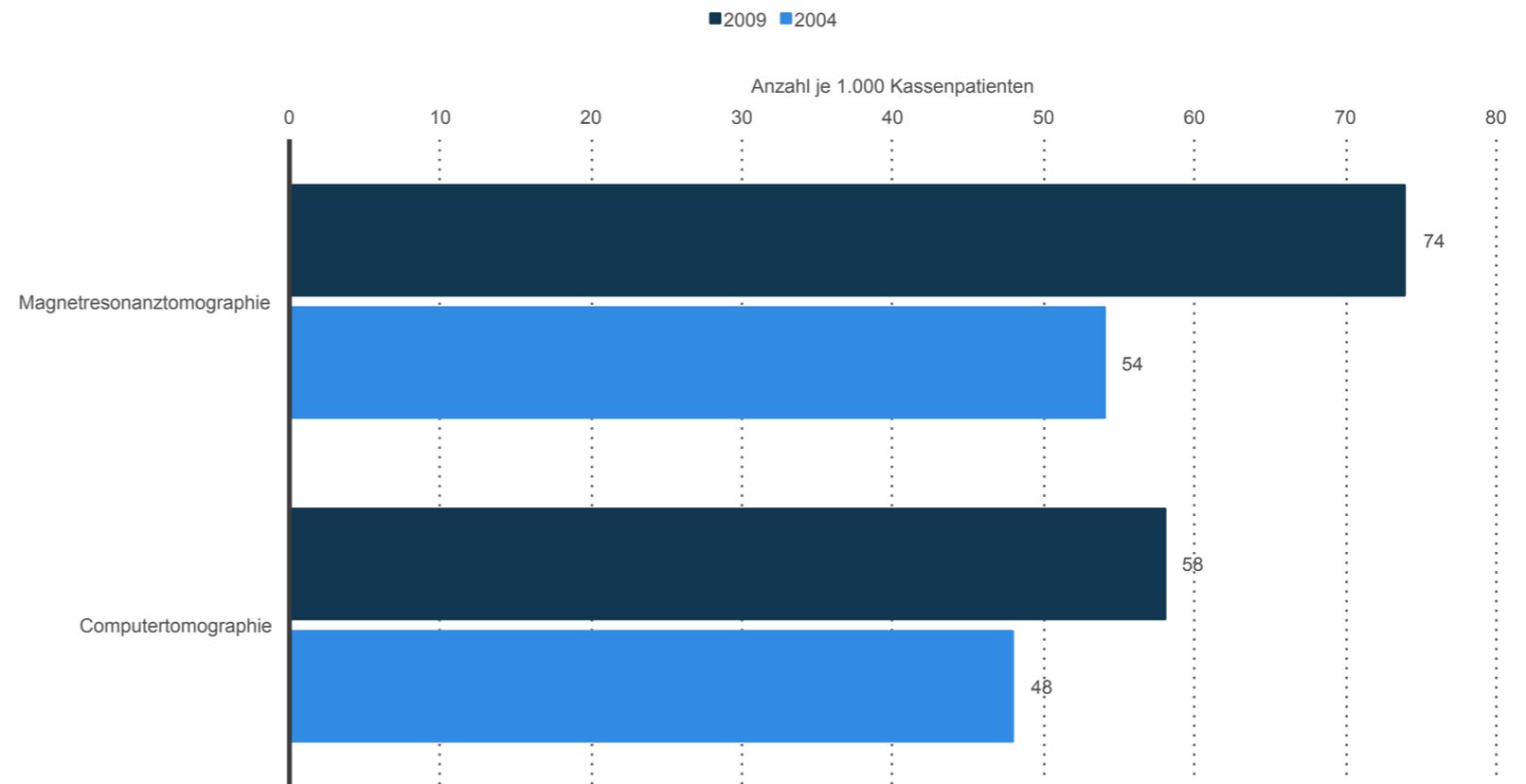
BERICHTE ZUR DIGITALEN TRANSFORMATION

- ▶ <http://www.faz.net/asv/zukunft-der-digitalen-medizin/der-digitale-gesundheitsbaum-14159724.html>
- ▶ "Wir verfügen über eine Flut an gesundheitsbezogenen, strukturierten und vor allem unstrukturierten Daten, sogenannte Big Data."
- ▶ "Die Herausforderung liegt neben der Datensicherheit darin, diese Daten zu analysieren, Muster und Korrelationen zu erkennen und sie zu interpretieren."
- ▶ "Neue interdisziplinäre Fachgebiete wie „Data Science“ sind am Entstehen."
- ▶ "Revolutionär ist nicht die schiere Menge an Daten, sondern dass die Wissenschaft zunehmend mit diesen Daten arbeiten kann."
 - ▶ Nicht die schiere Menge an Daten: Nicht ganz korrekt!

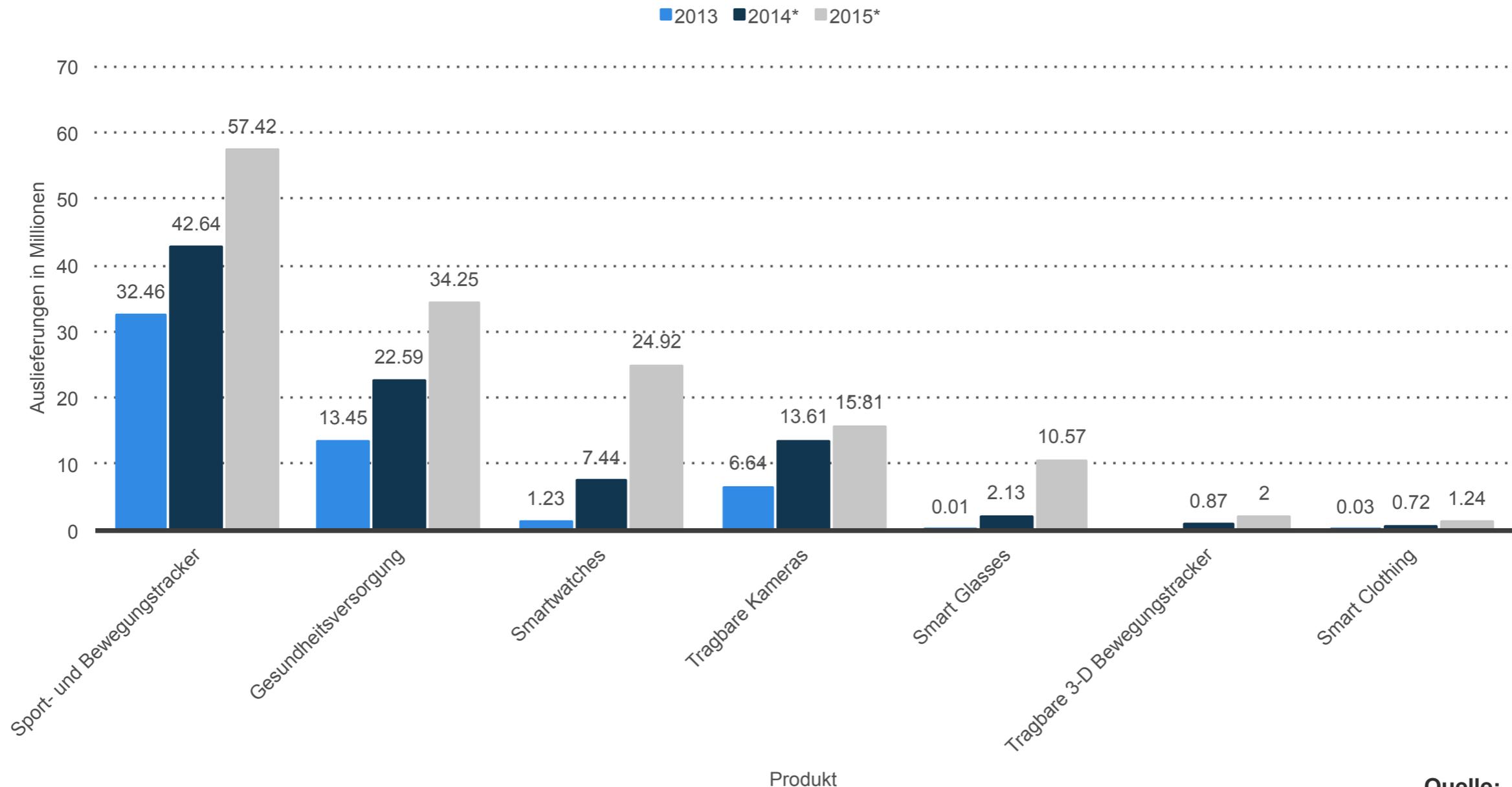
BIG DATA: LINEAR UND EXPONENTIELL

ANZAHL DER UNTERSUCHUNGEN MIT BILDGEBENDEN VERFAHREN IN DEUTSCHLAND 2004 UND 2009 (JE 1.000 KASSENPATIENTEN)

- ▶ Untersuchungen wie Röntgen, CT, MRT, Blutuntersuchungen oder Dialyse erzeugen eine große Menge an heterogenen Daten.
- ▶ Zusammen mit den ärztlichen Berichten, den persönlichen Patientendaten, seinem historischen Krankheitsverlauf und den Kosten für diese Behandlungen.
- ▶ Ähnlichkeitsanalysen von Patientendaten abzuleiten produziert enorm viel Zusatzdaten.
- ▶ OMICS
- ▶ Das Next Generation Sequencing (NGS)
- ▶ Biomarkerexplosion (als Maximalversion die Analyse der Gesamtheit von Genen)
- ▶ tragbare Digital Health- und Wellness-Produkte



AUSLIEFERUNGEN AUSGEWÄHLTER TRAGBARER DIGITAL HEALTH- UND WELLNESS-PRODUKTE IN DEN JAHREN VON 2013 BIS 2015 (IN MILLIONEN, WELTWEIT): KAMERAS UND SENSOREN PRODUZIEREN DATENSTRÖME MIT HOHEM DURCHSATZ



Quelle:
ABI Research

PERSONAL

GESUNDHEITSAUSGABEN
 2014
 328,0 MRD. €
ÄRZTINNEN/ÄRZTE
 2014
 364 000
KRANKENHAUSPATIENTEN
 2015
 19,2 MILL.
RAUCHER
 2013
 24,5 %
ÜBERGEWICHTIGE
 2013
 52,4 %
PFLEGEBEDÜRFTIGE
 2013
 2,6 MILL.
**SCHWANGERSCHAFTS-
 ABBRÜCHE**
 2015
 99 237
HÄUFIGSTE TODESURSACHEN
HERZ-KREISLAUF
 2014
 338 056
KREBS
 2014
 223 758



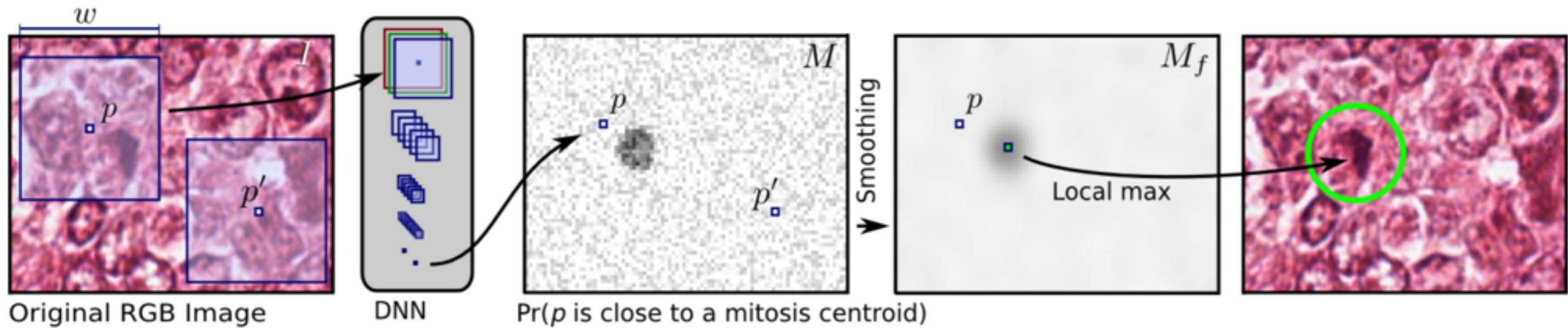
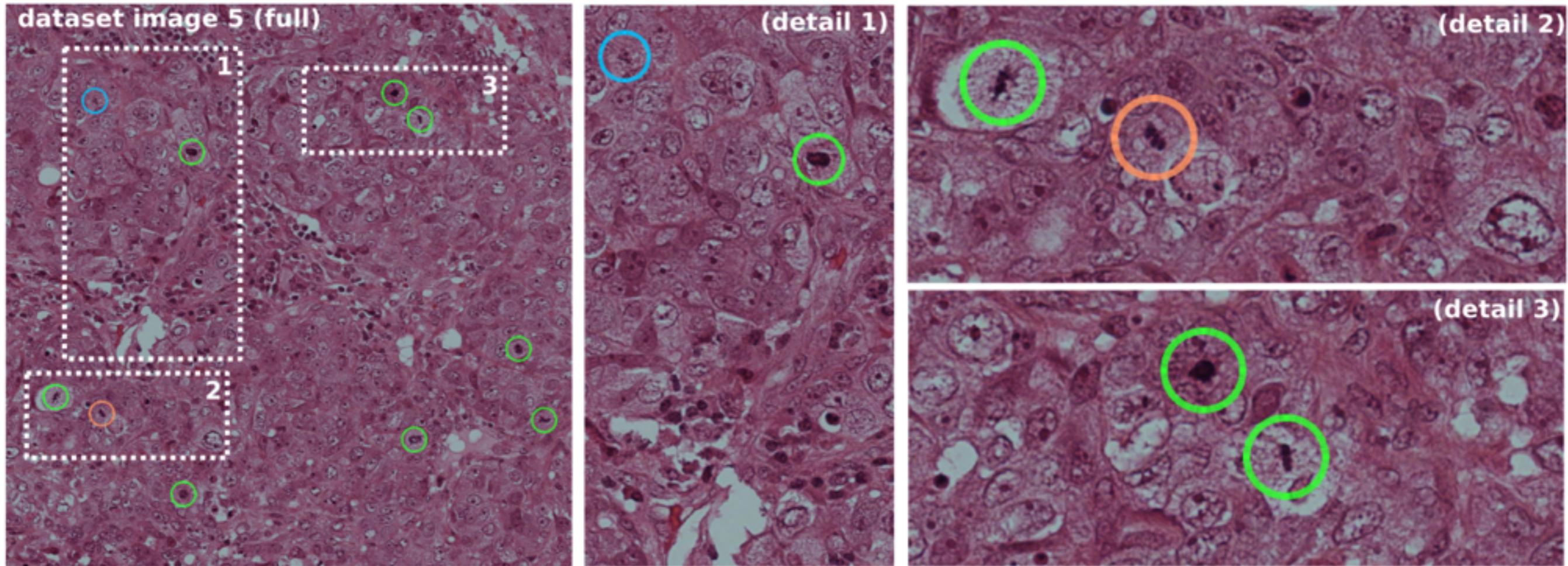
TECHNOLOGIEN

- ▶ Super-Human Computing, Deep Learning, MRI
- ▶ Datenintelligenz und personalisierte Medizin (Big Data)
- ▶ integrierte Entscheidungsunterstützung
- ▶ Emotionserkennung, Erkennung von Depression und Demenz
- ▶ multimodale, Multisensor-Systeme
- ▶ intelligenter persönlicher Assistent (IPA)
- ▶ EEG, EMG und ECG, Kinect, quantified self
- ▶ Alltagsintelligenz, kognitive Assistenz
- ▶ Mensch-Umgebungs-Interaktion in der Medizin
- ▶ Sensor-motorische, kognitive, emotionale und soziale Intelligenz

MEDIZINISCHE DIAGNOSE

- ▶ ist im Grunde ein Daten- und Daten-Interpretationsproblems:
 - ▶ medizinische Bilder
 - ▶ Labortests
 - ▶ Patientenhistorien
- ▶ weitere Datensätze zur Diagnose und Intervention
- ▶ In den letzten Jahren hab es große Erfolge im Bereich des maschinellen Lernens (Deep Learning), die zeigen, dass Computer große Mengen medizinischer Daten effizient und effektiv verarbeiten können und subtile Muster finden.
- ▶ Vielleicht die wichtigste Neuerung der letzten 20 Jahre.

MITOSIS DETECTION (CIRESAN, SCHMIDHUBER ET AL, 2013)



AUSWEITUNG DER ANWENDUNGSFELDER

- ▶ holistische Patientensicht
- ▶ Bilddaten
- ▶ Gendaten
- ▶ Labordaten
- ▶ Textdaten
- ▶ neue Lernverfahren
- ▶ Integrierte Entscheidungshilfe
- ▶ Beispiele aus dem KDI Projekt: http://www.dfki.de/MedicalCPS/?page_id=8

DIGITALISIERUNG ZUM ERREICHEN DER VISION

Digitalisierung

mHealth

- Smart Devices
- Smart Sensors



pPA, PatientsLikeMe

Klinische Datenexplosion

- ePA; Bilddaten
- Vom Labor in die Klinik
- Biomarkerexplosion
- OMICS, NGS



Kommunikation

- *Health Information Exchange*
- Care.Data UK
- Erkennung seltener aber schwerwiegender Probleme
- Epidemienfrüherkennung
- KV; Register



Prävention, Vorsorge, Immunisierung, Lebensstil
Nie krank werden



Frühe Intervention, Screening
Nie Symptome bekommen



Best-mögliche Behandlung
Gesundheit schnellstmöglich wiederherstellen



Best-mögliche Nachsorge
Nie wieder krank werden



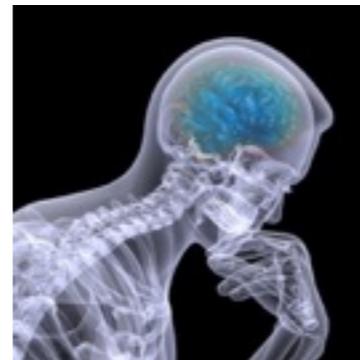
AUS SMART DATA NUTZEN ZIEHEN

Detaillierteres
Wissen über jeden Patienten
(Mehr Dimensionen)



- Gezielte Versorgung
- Personalisierte Medizin

Informationen
von vielen Patienten
(Mehr Instanzen)



- Ableitung Medizinischer Zusammenhänge aus den Daten
- Modellierung
- Prädiktive Modelle

Verwalten, Managen
und Kommunizieren



- Informationen für unterschiedliche *Stakeholder*
 - Am Krankenbett: für diesen Patienten, zu diesem Zeitpunkt
 - Patienten: generell, personalisiert
 - *Policy makers*

KLINISCHE DATENINTELLIGENZ (KDI): KLINIKFOKUSSIERTE MODELLIERUNG

ePA: Strukturierte Informationen; Annotationen zu unstrukturierten Informationen



- Medizinische Terminologien und Ontologien, Semantik
- Leitfäden



- Medizinische Berichte und Arztbriefe
- Literatur



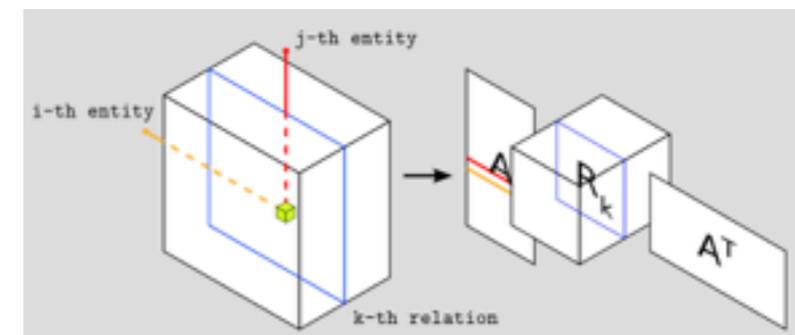
- Radiologie
- Pathologie



Forschungsdatenbank



Statistisches Modell der Forschungsdatenbank



USE CASES UND UMSETZUNG

Alle Daten von allen Patienten

- Über alle Abteilungsgrenzen
- Von dutzenden von Quellen

Mammakarzinom

- Detaillierte Daten zu einem Problem
- Mit Radiologie und Pathologie
- Mit Genomik

Nephrologie

- Longitudinale Daten von bis zu 20 J.
- Inklusive Nebenwirkungen, Lebensdauer

Klinische Studien

- Reichhaltige Daten über Klinikgrenzen

App Infrastruktur

- Offene Multi-Vendor Systeme

Geschäftsmodelle

- Aufsetzen und Management von Smart Data Infrastrukturen: für Kliniken; über Klinikgrenzen; National/EU; Monitoring Infrastruktur/mHealth, *Communities*, Portale
- Datenbroker; Datenmarktplatz
- Entscheidungsunterstützung
- Rekrutierung
- Neue Sensorik

Datensicherheit; Datenschutz;
Legal

- Patienteneinwilligung
- Sichere Auswertung
- Transparenz
- Veröffentlichung meiner Daten
- Medizinproduktegesetz?
- Anonymisierung

TBASE CHARITÉ



The screenshot shows a patient record for Barbara Friesinger (born 27.12.1952). The interface includes a navigation menu on the left with options like 'Stammdaten', 'Fest.Med.Daten', 'Ärzte', 'Diagnose', 'Verlauf', 'Labor', 'Medikation', 'Untersuchungen', 'Krankenhaus', 'Transplantationen', and 'Rejektionen'. The main area displays a table of medical events:

Datum	Diagnose	Art:	ICD10:
12.04.2001	Ascites - s.a. Ascites oder s.a. Bauchwassersucht	Entlassung	
12.01.2001	Hydrocele vaginalis testis	ambulant	M43.2
12.01.2002	Therapeutische Maßnahmen: Hydrocelex-OP	ambulant	ICPM: S-611
07.10.1991	Osteopathie cranial		
01.01.1987			

Below the table, the text reads: **TBase - die Patientenakte**
Die Komplettlösung für Klinik, Forschung und Qualitätssicherung

- ▶ Langzeitverläufe für Forschung & klinische Routine
- ▶ seit 1999 im klinischen Routinebetrieb
- ▶ 3.945 Patienten (NTx & Warteliste)
- ▶ 500.000 Laborfälle mit 9,5 Millionen Befunden
- ▶ 140.000 Untersuchungsbefunde (Pathologie, Radiologie, Mikrobiologie, Virologie)
- ▶ 230.000 Medikationen
- ▶ Transplantations- and Spenderdaten,
- ▶ Daten zu Hospitalisierungen, Verlaufsdaten....

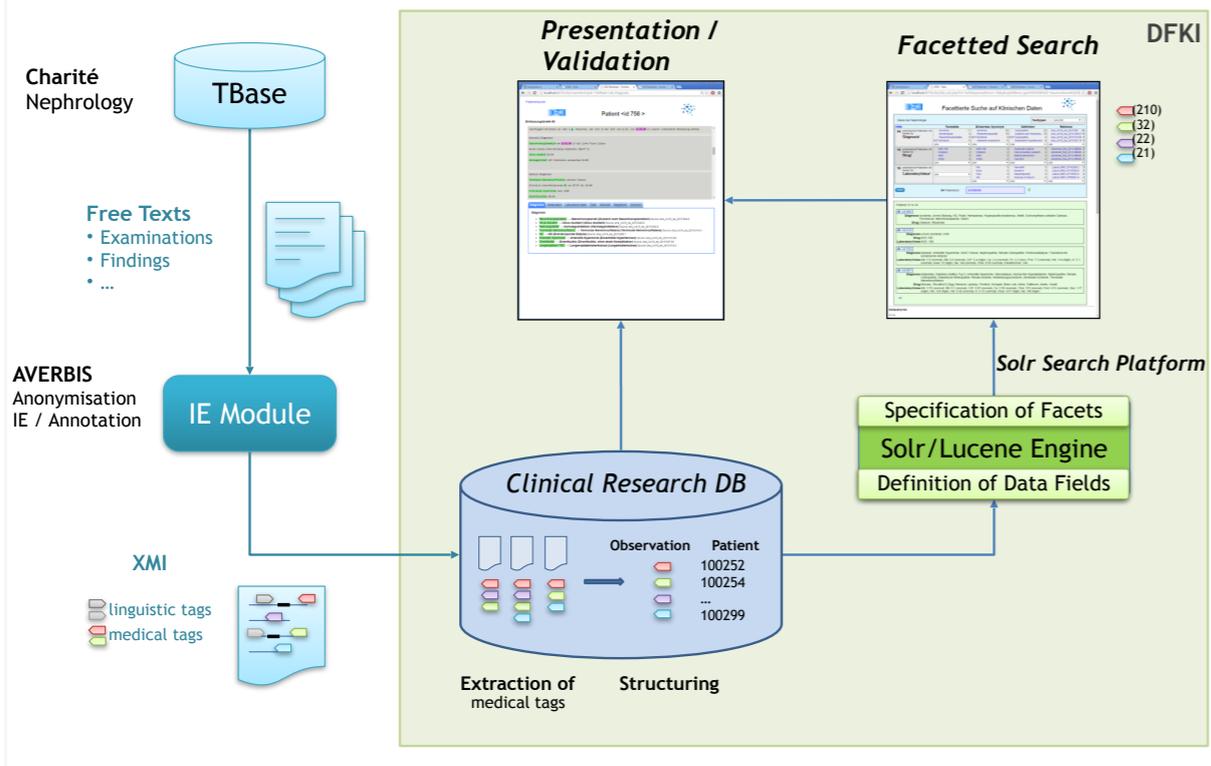


Mobile

TBase / SAP HANA

FACETTIERTE SUCHE

System Architecture



"Unused big data"

The screenshot shows a web application interface for patient search. The browser address bar shows localhost:8070/12b2/start.html?pid=1426#. The page title is "Patient Search" and the patient ID is "Patient <id 1426 >". The main content area displays "Untersuchungen 10000" and a faceted search interface with counts: (210), (32), (22), and (21). Below the search interface is a detailed medical report for a patient with ID 1426, dated 12.11.2001. The report includes a "Befund:" section with a postoperative control finding and a "Diagnosis:" section with several medical conditions and their sources.

Befund:

1. postoperative Kontrolle nach NTX.

Nierentransplantat im rechten Unterbauch, Volumen 100 cm³. Parenchyssaum nicht verschälert und von regelrechter Echogenität mit gut abgrenzbaren Markkegeln. NBKS geschlossen, kein Konkrementnachweis. Dopplersonographisch zeigt sich eine gute Durchblutung mit RI = 0,61 bis 0,7, gemessen an mehreren Segmentarterien. Im Bereich der arteriellen Anastomose kein Nachweis einer Stenose; vmax hier 80 cm/s. Im Nierenhilus unauffälliges arterielles Spektrum. Guter venöser Abstrom.

Ergebnis:

Morphologisch unauffälliges Nierentransplantat mit guter Durchblutung. Kein Anhalt für Nierenarterienstenose. Keine freie Flüssigkeit, kein perirenales Hämatom.

Diagnosis:

- Nierentransplantat → Nierentransplantat (Zustand nach Nierentransplantation) Source: aha_icd10_de_2015:Z94.0
- postoperative Kontrolle → Postoperative Kontrolle (Nachuntersuchung nach chirurgischem Eingriff wegen anderer Krankheitszustände) Source: aha_icd10_de_2015:Z09.0
- Nierentransplantat → Nierentransplantat (Zustand nach Nierentransplantation) Source: aha_icd10_de_2015:Z94.0
- Nierentransplantat (negated_ 'unauffälliges' 6349) → Nierentransplantat (Zustand nach Nierentransplantation) Source: aha_icd10_de_2015:Z94.0
- Nierenarterienstenose (negated_ 'Kein Anhalt für' 6410) → Nierenarterienstenose (Nierenarteriosklerose) Source: aha_icd10_de_2015:I70.1
- perirenales Hämatom (negated_ 'kein' 6481) → Perirenales Hämatom (Prellung und Hämatom der Niere) Source: aha_icd10_de_2015:S37.01

The Clinical Data Intelligence Project

**Daniel Sonntag, Volker Tresp,
Sonja Zillner, Alexander Cavallaro,
Matthias Hammon, André Reis, Peter
A. Fasching, Martin Sedlmayr, et al.**

Informatik-Spektrum

Organ der Gesellschaft für Informatik
e.V. und mit ihr assoziierter
Organisationen

ISSN 0170-6012

Informatik Spektrum
DOI 10.1007/s00287-015-0913-x



 Springer

**ONLINE
FIRST**

Research database

Data allocation

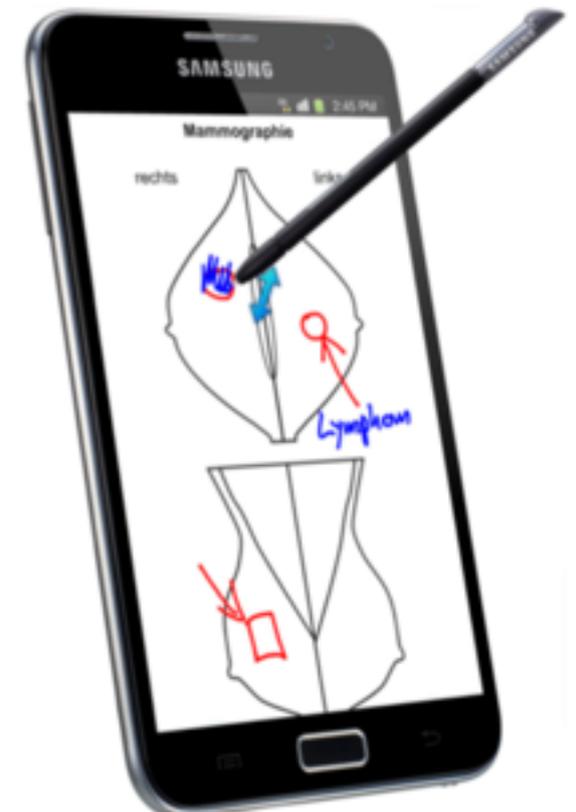
Semantic annotation

Semantic data model and intelligent access

Data analytics

Integrated decision support

The image shows a handwritten medical report for a mammography examination. The report includes fields for 'Größe', 'Verkalkung', 'Spezialfälle', 'Lokalisation (cm v. Mamille / h)', 'Dichtetyp', 'Herdbefund', 'Verkalkung', 'Architekturströrung', 'Spezialfälle', 'Lokalisation (cm v. Mamille / h)', 'BI-RADS*', 'Beurteilung', 'Empfehlung', and 'Datum'. The report is filled with handwritten notes and diagrams, including a central diagram of a breast with a red circle and a red arrow pointing to a specific area. The text 'Halenbalk' and 'Lymphon' are written in blue ink.



WARUM STEHT TROTZ KI NICHT DAS ZEITALTER DER AUTOMATISIERTEN MEDIZIN BEVOR?

- ▶ Die große Chance liegt in einer neuartigen Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine.
- ▶ Intelligente Systeme können Patienten besser durch den Gesundheitsdschungel führen,
 - ▶ Computer den Mediziner*innen zur Hand gehen und die Therapie deutlich verbessern – weil sie beispielsweise Wechselwirkungen von Medikamenten besser im Blick haben oder die aktuelle Studienlage durchforsten können.
 - ▶ Gleichzeitig können KI-Systeme die große Menge anfallender Daten aus Forschung und klinischer Praxis analysieren sowie der Suche nach neuen Wirkstoffen und wirksameren Therapien einen Schub geben.
- ▶ Welche technologischen Voraussetzungen müssen erfüllt sein, damit KI-Systeme dieses Potential entfalten können?
 - ▶ Beispiele aus dem KDI Projekt: http://www.dfki.de/MedicalCPS/?page_id=8
 - ▶ Beispiele aus dem THESEUS Medico Projekt: http://www.dfki.de/MedicalCPS/?page_id=91

KLINISCHE DATEN, QUANTIFIED SELF, ELEKTRONISCHE PATIENTENAKTE, TELEMEDIZIN, AAL++

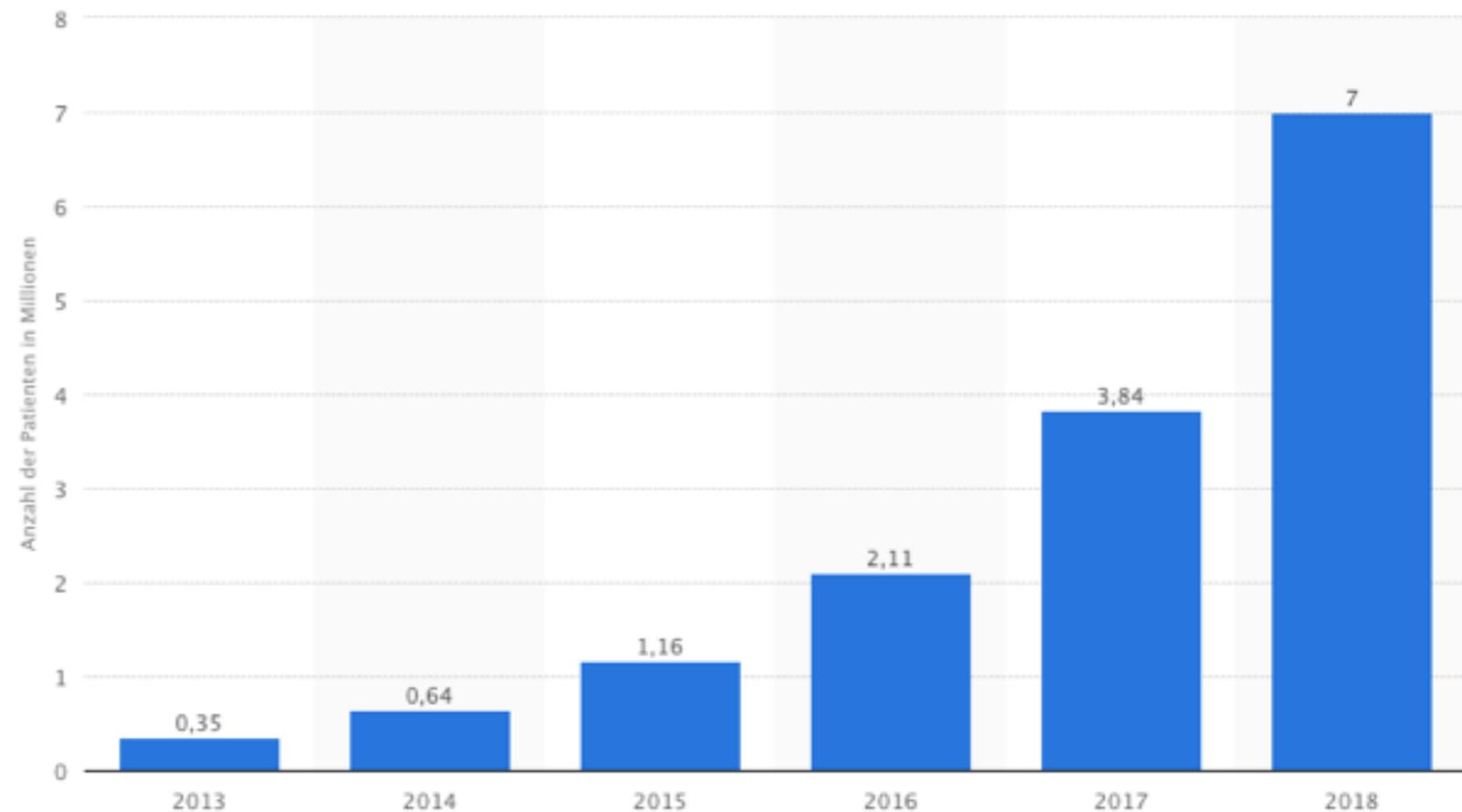


PARTIZIPATIVE FORSCHUNG UND CROWDPOWER

- ▶ <http://www.faz.net/asv/zukunft-der-digitalen-medizin/der-digitale-gesundheitsbaum-14159724.html>
- ▶ "Der Ansatz partizipativer Forschung misst dem Patienten als „Citizen Scientist“ eine neue Rolle in der medizinischen Forschung zu. Ausgerüstet mit neuen Technologien, vernetzt in großen Communitys und der Möglichkeit, die eigenen medizinischen Daten ins Netz einzuspeisen, tragen Patienten bereits heute maßgeblich zu Qualität und Umfang medizinischer Forschung bei. Das Potential der Beteiligung von Patienten an Innovation und gemeinsamer Wertschöpfung wird zunehmend ersichtlich."
- ▶ "Crowdpower beschreibt, wie sich die Gesundheitsforschung aufgrund der technologiebasierten Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft, Firmen und Gesundheitskonsumenten verändert und wie dadurch Krankheiten möglicherweise frühzeitiger festgestellt, besser behandelt oder sogar verhindert werden können."

PROGNOSE ZUR WELTWEITEN ANZAHL VON TELEMEDIZIN-PATIENTEN IN DEN JAHREN VON 2013 BIS 2018 (IN MILLIONEN)

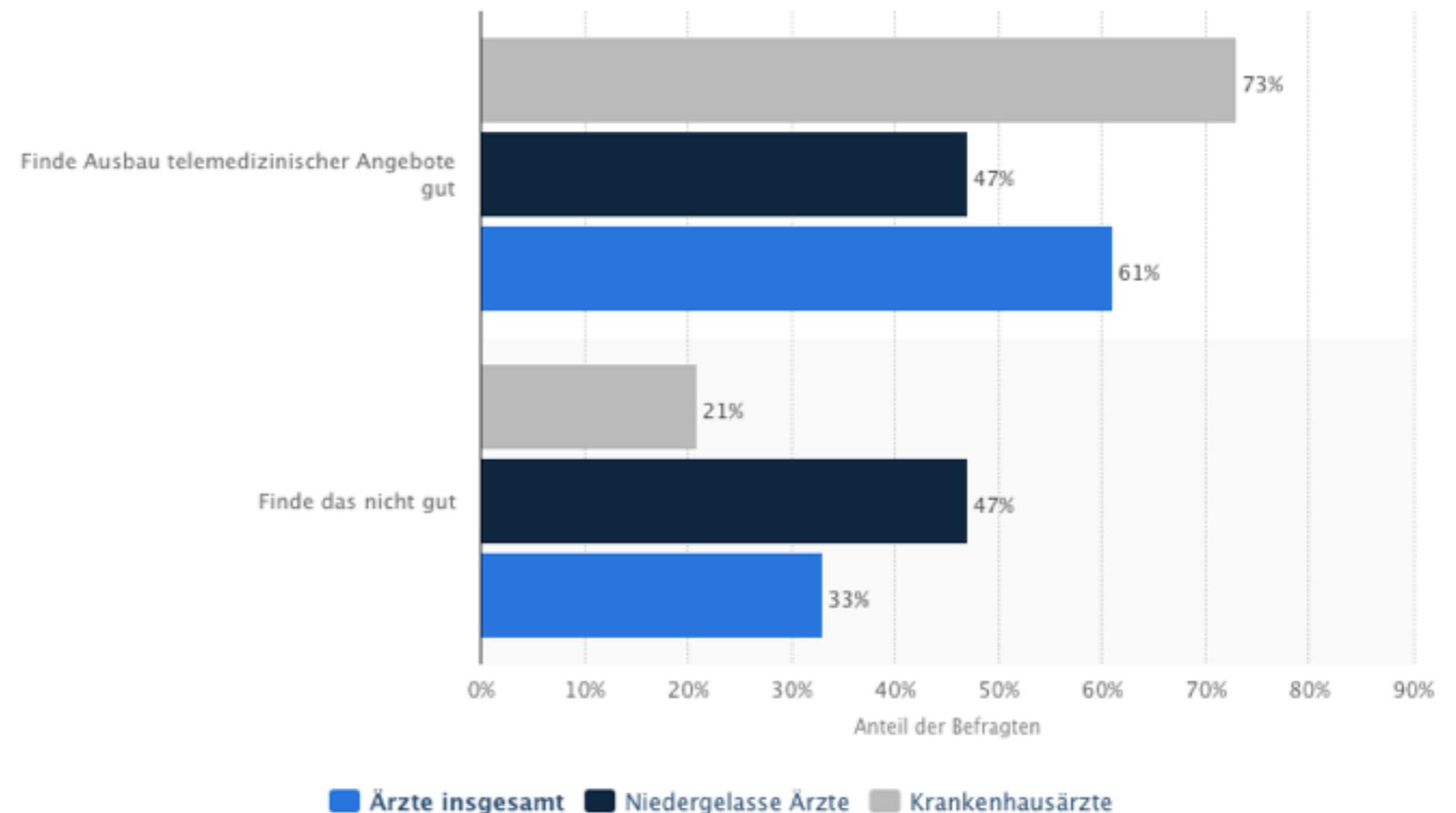
- ▶ Telemedizin als die gemeinsame Nutzung von medizinischen Geräten und Kommunikationstechnologien zur Überwachung und Behandlung von Krankheiten und Symptomen beschrieben.
- ▶ Die Werte für die einzelnen Jahre wurden auf Basis einer jährlichen Wachstumsrate (CAGR) von 82,06 Prozent berechnet.



Quelle:
IHS

ÄRZTEUMFRAGE ZUM AUSBAU TELEMEDIZINISCHER MAßNAHMEN IN DEUTSCHLAND AUS DEM JAHR 2016

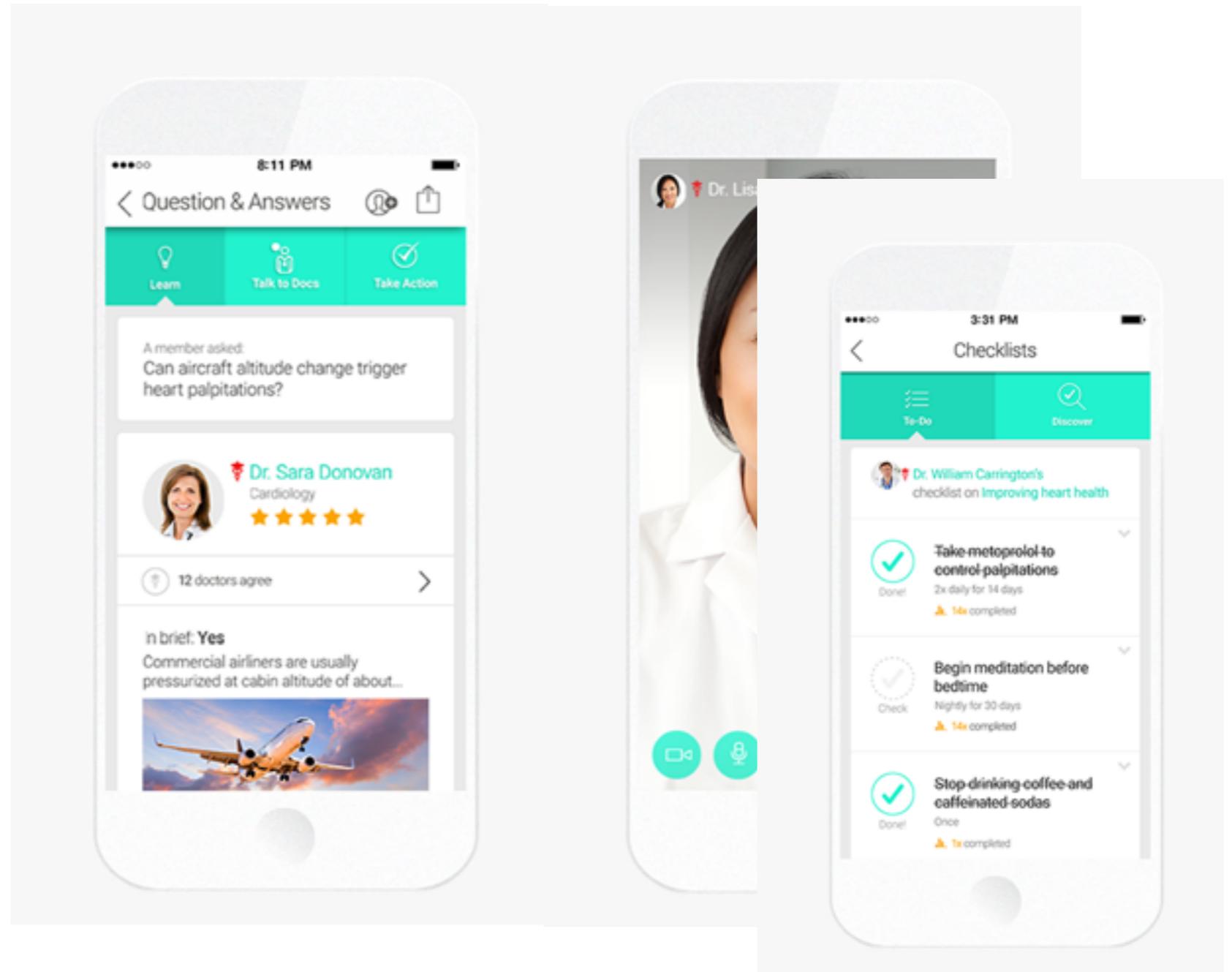
- ▶ "Das sogenannte E-Health-Gesetz* sieht vor, dass Diagnose und Therapie in Zukunft verstärkt über Telemedizin möglich sein sollen. Finden Sie es grundsätzlich gut, dass telemedizinische Angebote ausgebaut werden, oder finden Sie das nicht gut?"
- ▶ * Bei der Regelung handelt es sich um das eHealth-Gesetz, das vorsieht, Gesundheitseinrichtungen bis 2018 an die Telematik-Infrastruktur anzuschließen. Am 4. Dezember 2015 wurde das Gesetz im Bundestag beschlossen.



Quelle:
MLP

HEALTHTAP OFFERS SERVICE FOR SEEING A DOCTOR

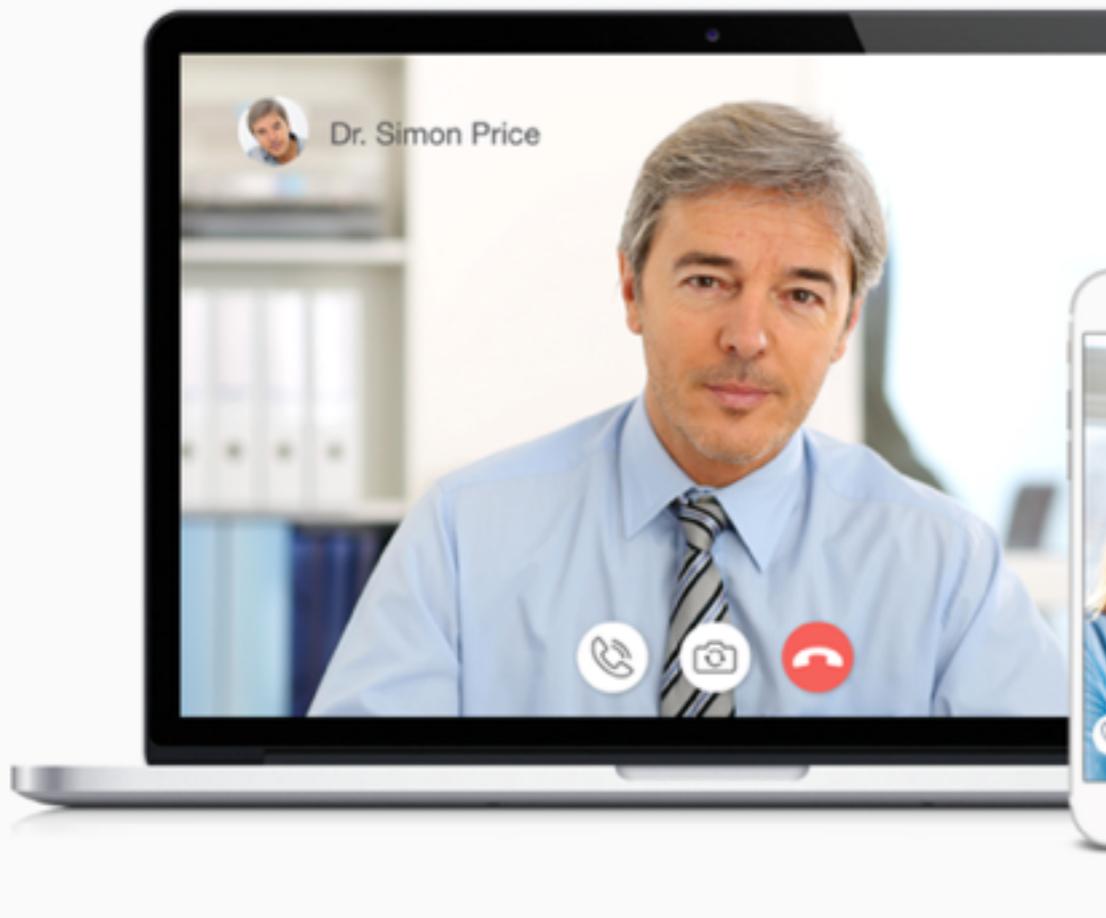
- ▶ Would you pay \$99 a month for the ability to text or video conference with a doctor any time you wanted? HealthTap is betting that American consumers will with its new service, Prime, being rolled out today.
- ▶ HealthTap is best known for its question and answer website, where consumers can submit questions limited to 150 characters, answered by a pool of 60,000 doctors from across the U.S. That service has 10 million active users and is free with no ads. Prime is how HealthTap could start making money.



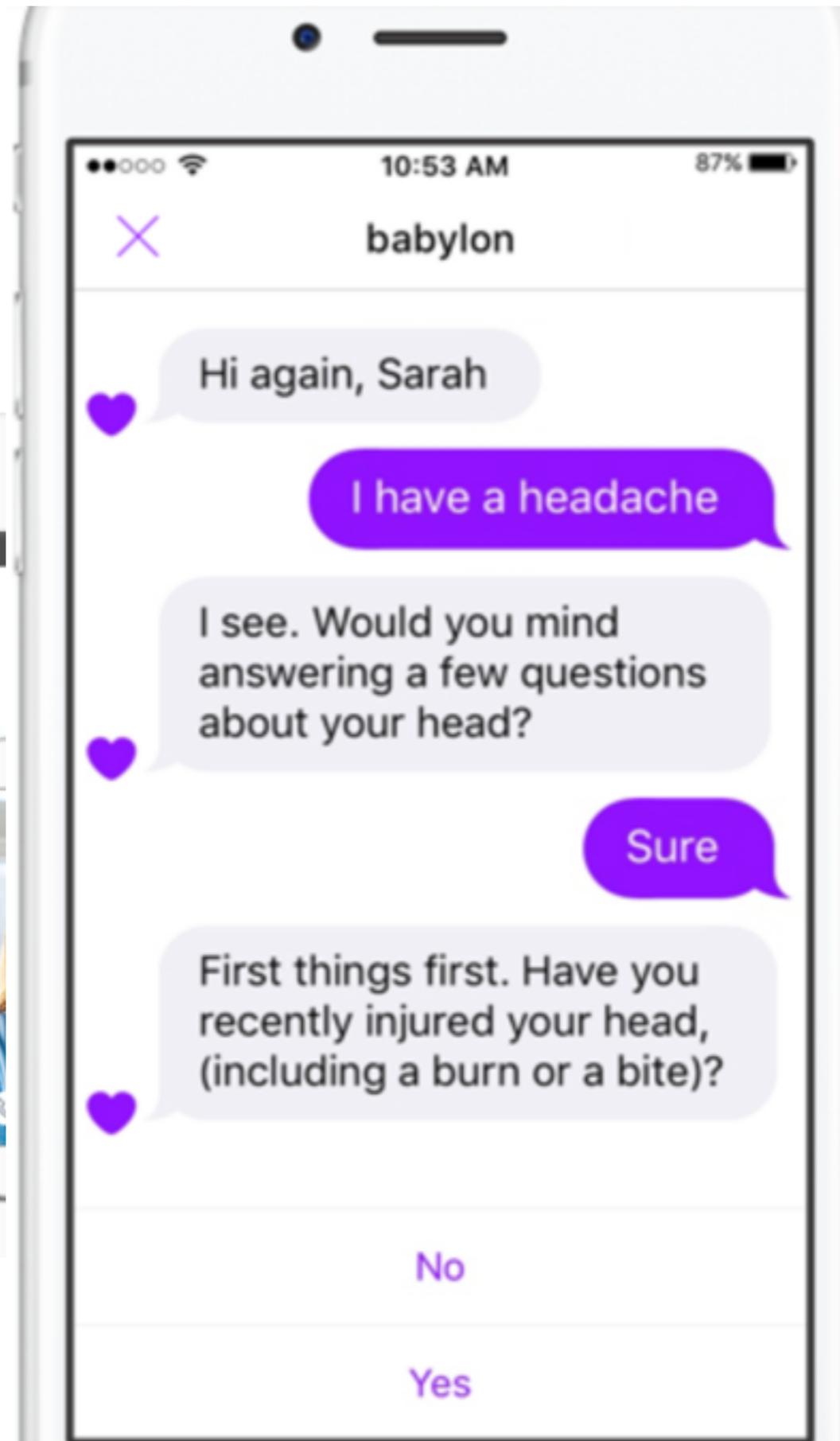
ONLINE SERVICES ZUR CONSULTATION (KEINE DIAGNOSEERSTELLUNG) - BIG DATA LIEFERANTEN

BABYLON

Sensitiv
aber nicht
spezifisch.



Automatisierung!



at Pricing About us

Doctor line

ed and you don't want
talk face to face with a
ver you are.

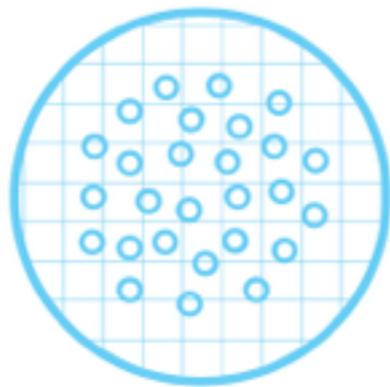
PATIENTS LIKE ME

By actively involving people in their own care, we're changing lives...

Sounds great, but how does it work? Let's break it down:



People like you share symptoms, treatment info, and health outcomes.



PatientsLikeMe turns that into millions of data points about disease...



...and aggregates and organizes the data to reveal new insights.



We share back what we've learned with everyone – that's our **give data, get data** philosophy.



Then, we share the patient experience with the industry so they can develop better products, services, and care.

PATIENTASSIST

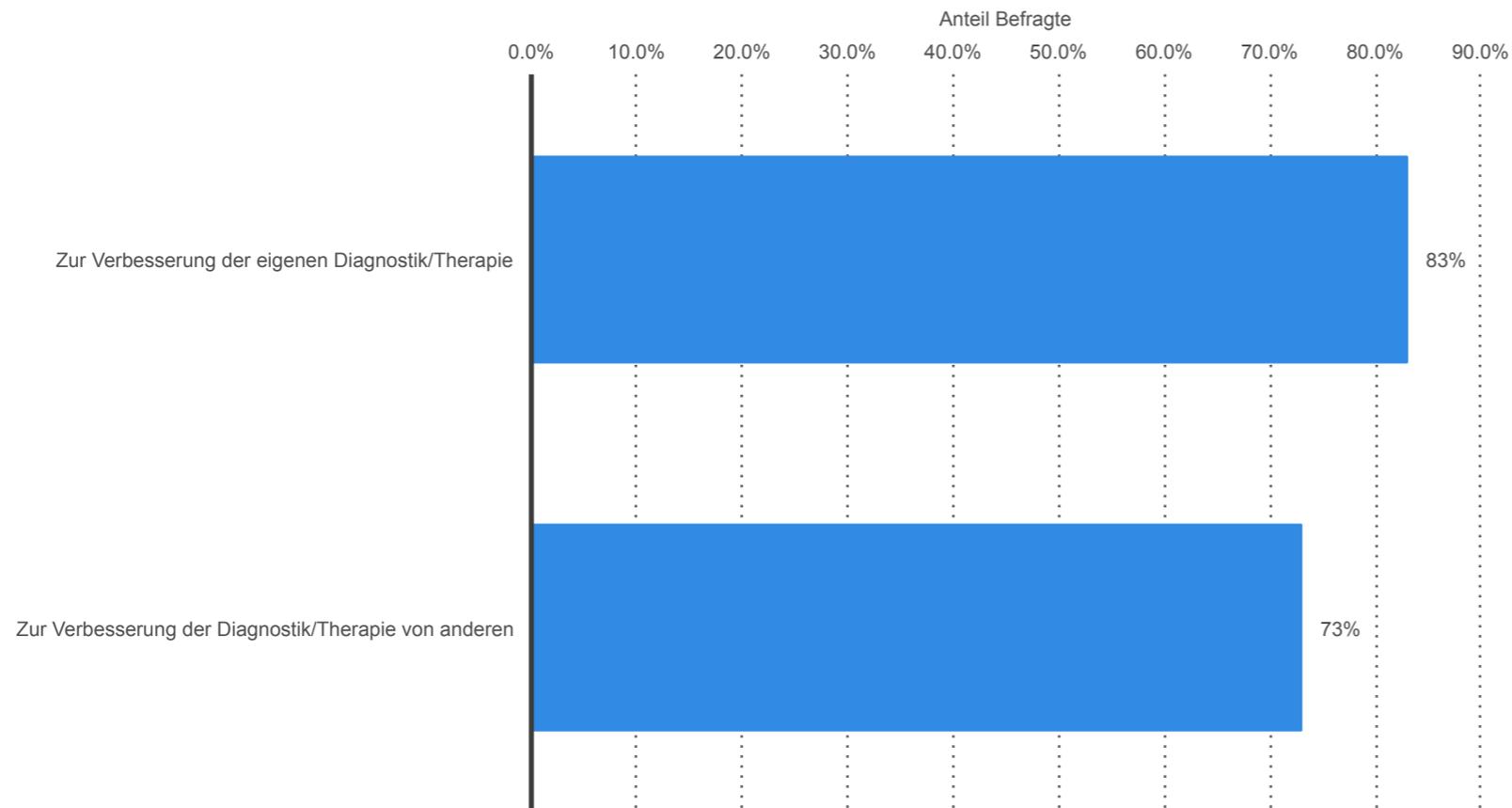
The advertisement features a yellow background with a woman on a phone and a speech bubble that says "Sicher. Flexibel. Mobil." (Safe. Flexible. Mobile.). A "NEU" (New) badge is also present. In the top right corner, there is a button that says "Laden im App Store".

The central focus is on several mobile devices displaying the app's interface:

- Top Left iPhone:** Shows a "Menü" (Menu) screen with six icons: ERKRANKUNG (Illness), TAGEBUCH (Journal), MEDIKAMENTE (Medicines), KRANKENAKTE (Medical Record), KALENDER (Calendar), and ANALYSE (Analysis).
- Top Center Watch:** Displays a mood check screen: "Wie ist Ihr Allgemeinbefinden?" (How is your general well-being?) with a sad face icon and a "Fertig" (Done) button.
- Top Right iPhone:** Shows a mood tracking screen for "Heute" (Today) with a calendar grid and a "STIMMUNG" (Mood) section with buttons for "Morgens" (Morning), "Mittags" (Midday), and "Abends" (Evening). It includes a grid of smiley face icons.
- Bottom Center Watch:** Shows a medication reminder: "ERINNERUNG" (Reminder) with the text "Einnahme fällig ACC Acut 09:00 h, 3x1 Tbl. vor dem Essen" (Intake due ACC Acut 09:00 h, 3x1 Tbl. before eating) and a "Fertig" button.
- Bottom Right iPhone:** Shows a user profile screen for "PatientAssist" with a male avatar and a speech bubble saying "Hallo Chris" (Hello Chris).

On the far right, there is a vertical yellow bar with a white cross icon and a blue section at the bottom.

US-UMFRAGE ZUR BEREITSCHAFT, PERSÖNLICHE PATIENTENDATEN ZU TEILEN, UM DIE THERAPIECHANCEN VON SICH UND ANDEREN ZU ERHÖHEN, IM JAHR 2015

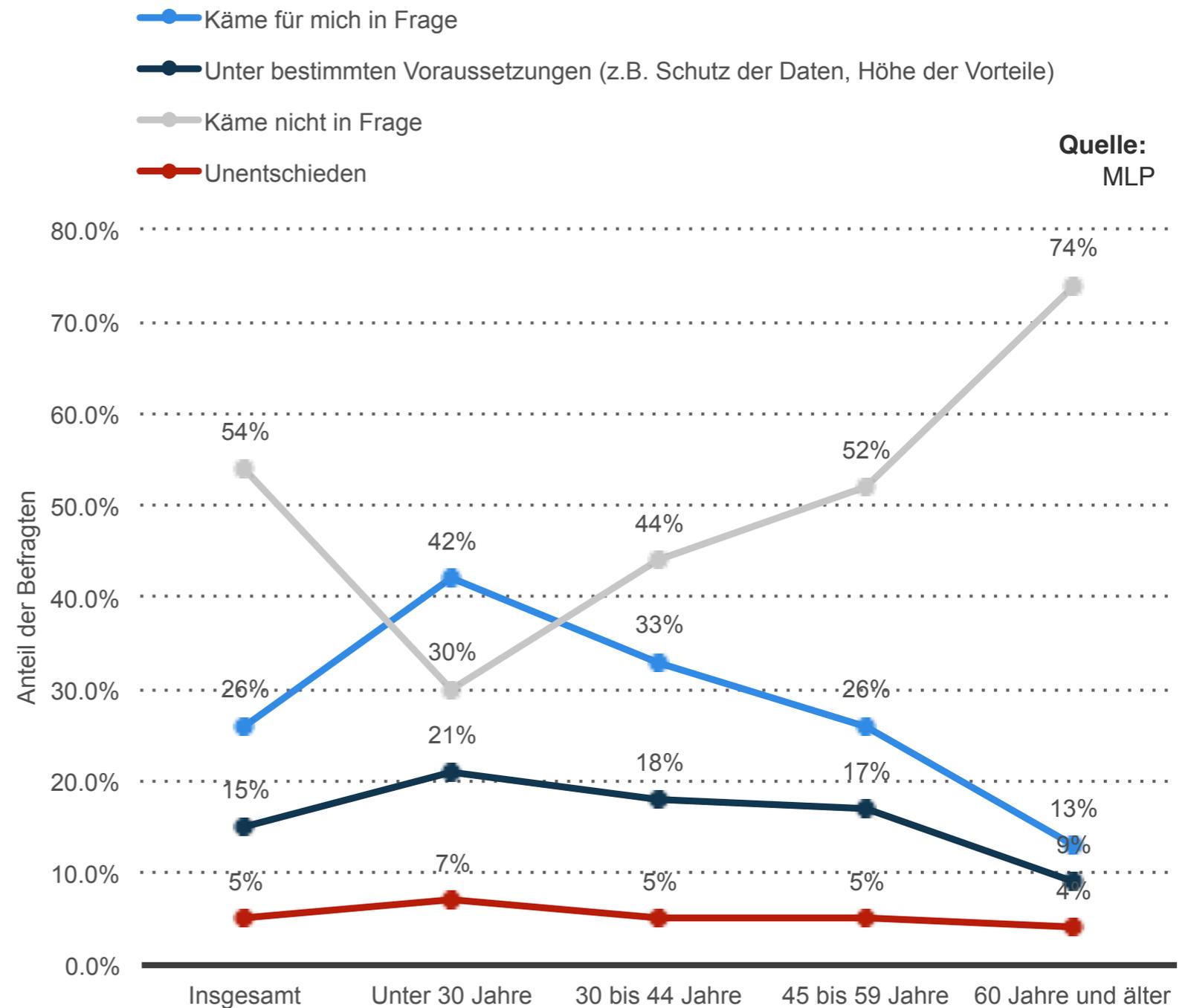


Informationen zur Statistik

Quelle	PwC
Erheber	PwC
Erhebungszeitraum	2015
Region	USA
Anzahl der Befragten	1,000
Altersgruppe	ab 18 Jahre
Besondere Eigenschaften	<i>n.a.</i>
Veröffentlichung durch	PwC
Veröffentlichungsdatum	Dezember 2015
Herkunftsverweis	Top health industry issues of 2016, Seite 9
URL auf der Webseite	http://de.statista.com/statistik/daten/studie/596394/umfrage/bereitschaft-persoенliche-patientendaten-zu-teilen-um-therapiechancen-zu-erhoehen

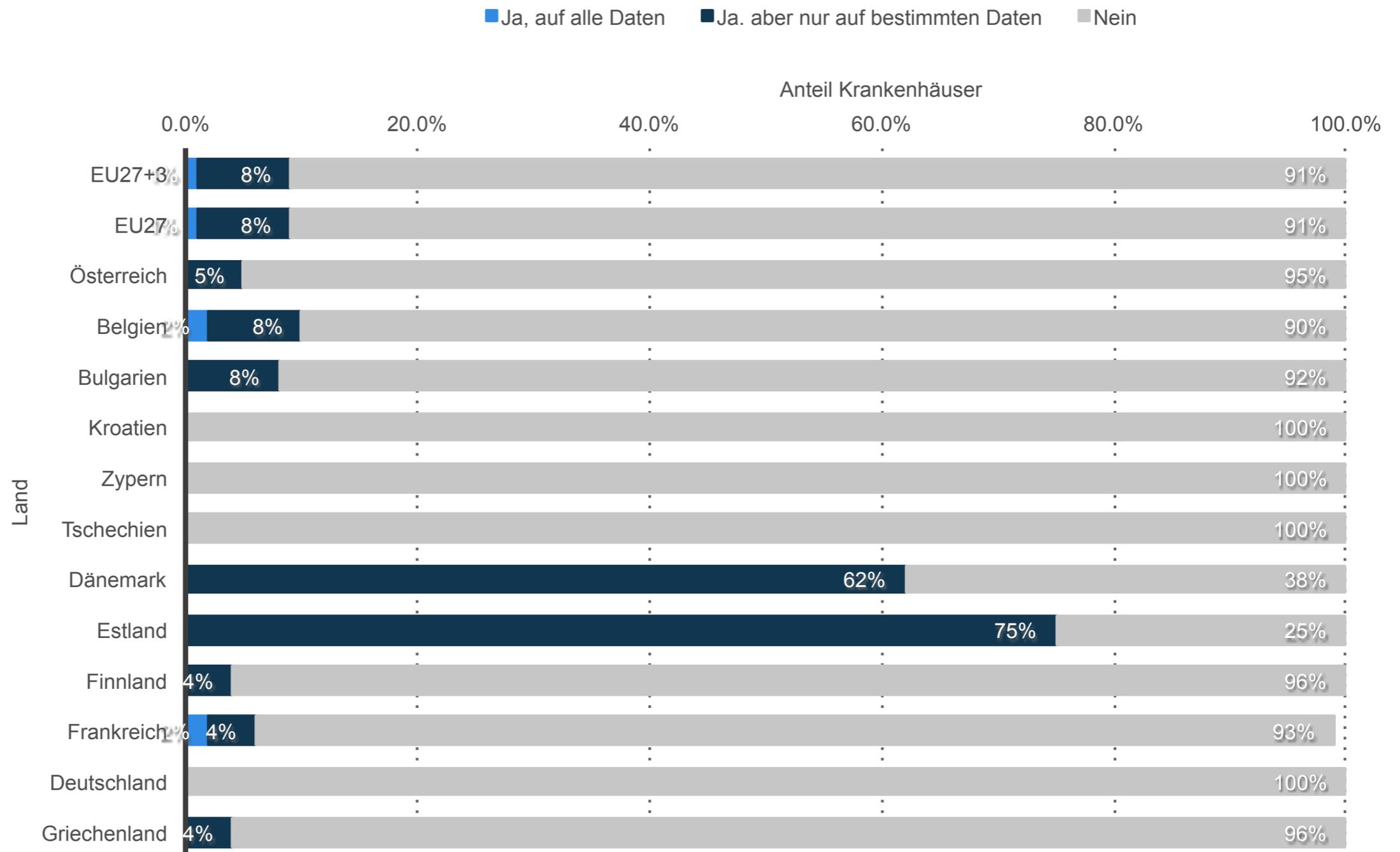
KÄME ES FÜR SIE IN FRAGE, SELBST AUFGEZEICHNETE GESUNDHEITSDATEN MIT IHRER KRANKENKASSE ZU TEILEN, WENN SIE DAFÜR EIN TEIL IHRER BETRÄGE ZURÜCKERHALTEN WÜRDEN?

- ▶ Diese Frage wurde bei der Befragung in folgendem Wortlaut gestellt: "Inzwischen können ja auch elektronische Fitness- und Gesundheitsangebote wie Fitnessarmbänder oder Apps auf dem Smartphone Gesundheitsdaten aufzeichnen, z.B. den Puls messen oder Schritte zählen. Käme es für Sie grundsätzlich in Frage, solche Gesundheitsdaten, die Sie selbst aufgezeichnet haben, Ihrer Krankenkasse zur Verfügung zu stellen, wenn Sie dafür einen Teil Ihrer Beiträge zurückerstattet bekommen würden, oder käme das für Sie nicht in Frage?"



ELEKTRONISCHE KRANKENAKTE

ANTEIL EUROPÄISCHER KRANKENHÄUSER, DIE IHREN PATIENTEN **ONLINE ZUGRIFF** AUF IHRE ELEKTRONISCHE KRANKENAKTE* GEWÄHREN, IM JAHR 2013 (AUSZUG)



*subsummiert werden: Electronic Medical Records (EMRs), Electronic Health Records (EHRs) und Electronic Patient Records (EPRs)

HERAUSFORDERUNGEN UND FAZIT

- ▶ Es bedarf solider klinischer Studien, die den Erfolg von KDI (und mobile health) mit geforderter medizinischer Evidenz liefern können.
- ▶ Basis dieser Studien ist die Bereitschaft zum Beispiel der Krankenkassen, die Investitionskosten zu tragen.
- ▶ In den letzten Jahren hat es große Erfolge im Bereich des maschinellen Lernens (Deep Learning) gegeben, die zeigen, dass Computer große Mengen medizinischer Daten effizient und effektiv verarbeiten können und subtile Muster finden. -> Bereitstellen der Datentöpfe