

Biomedizinische Messtechnik I

Prof. Wilhelm Stork

Institut für Technik der Informationsverarbeitung (ITIV)

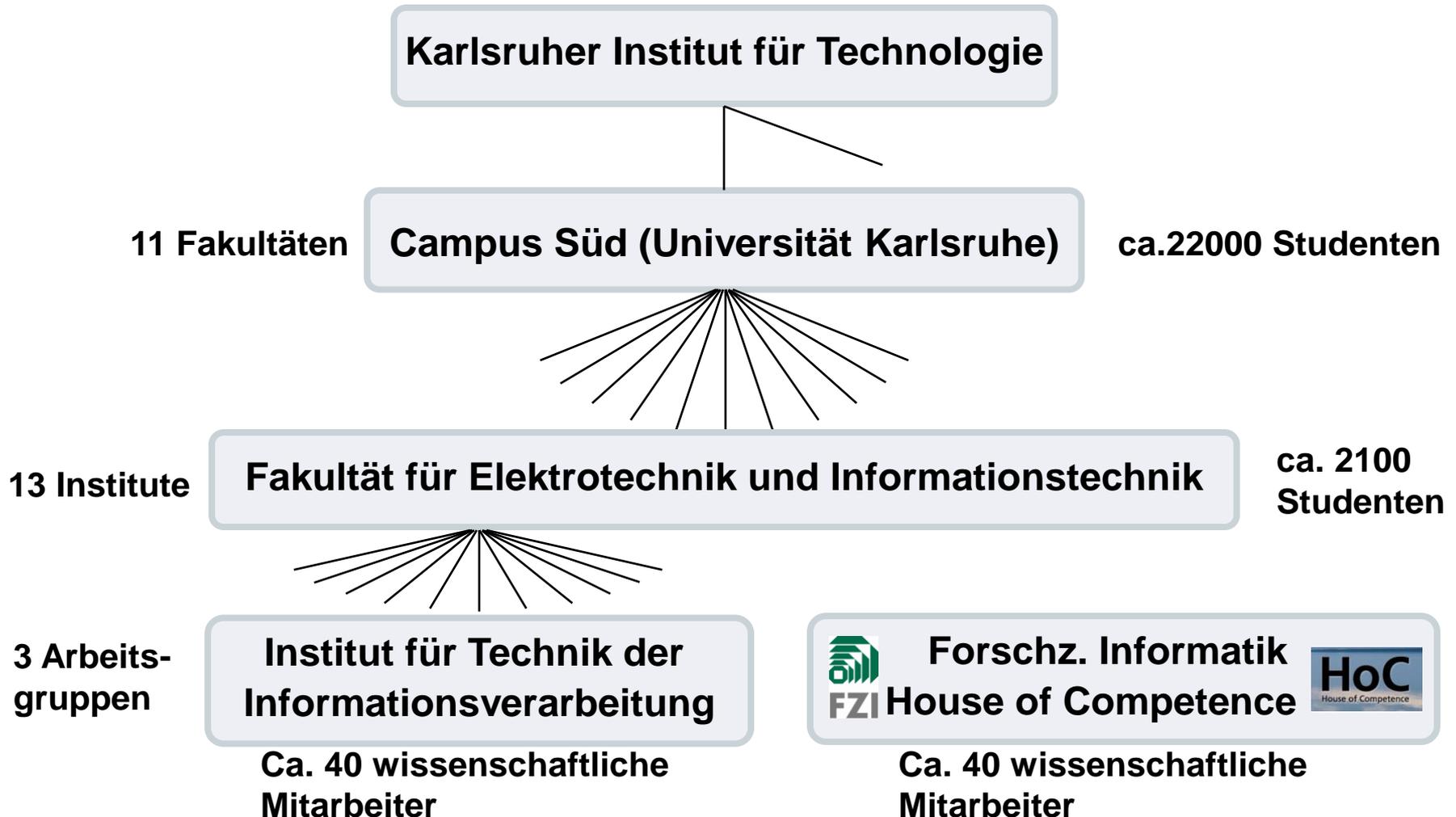


Vorlesungsunterlagen

- Den Kurs findet man unter

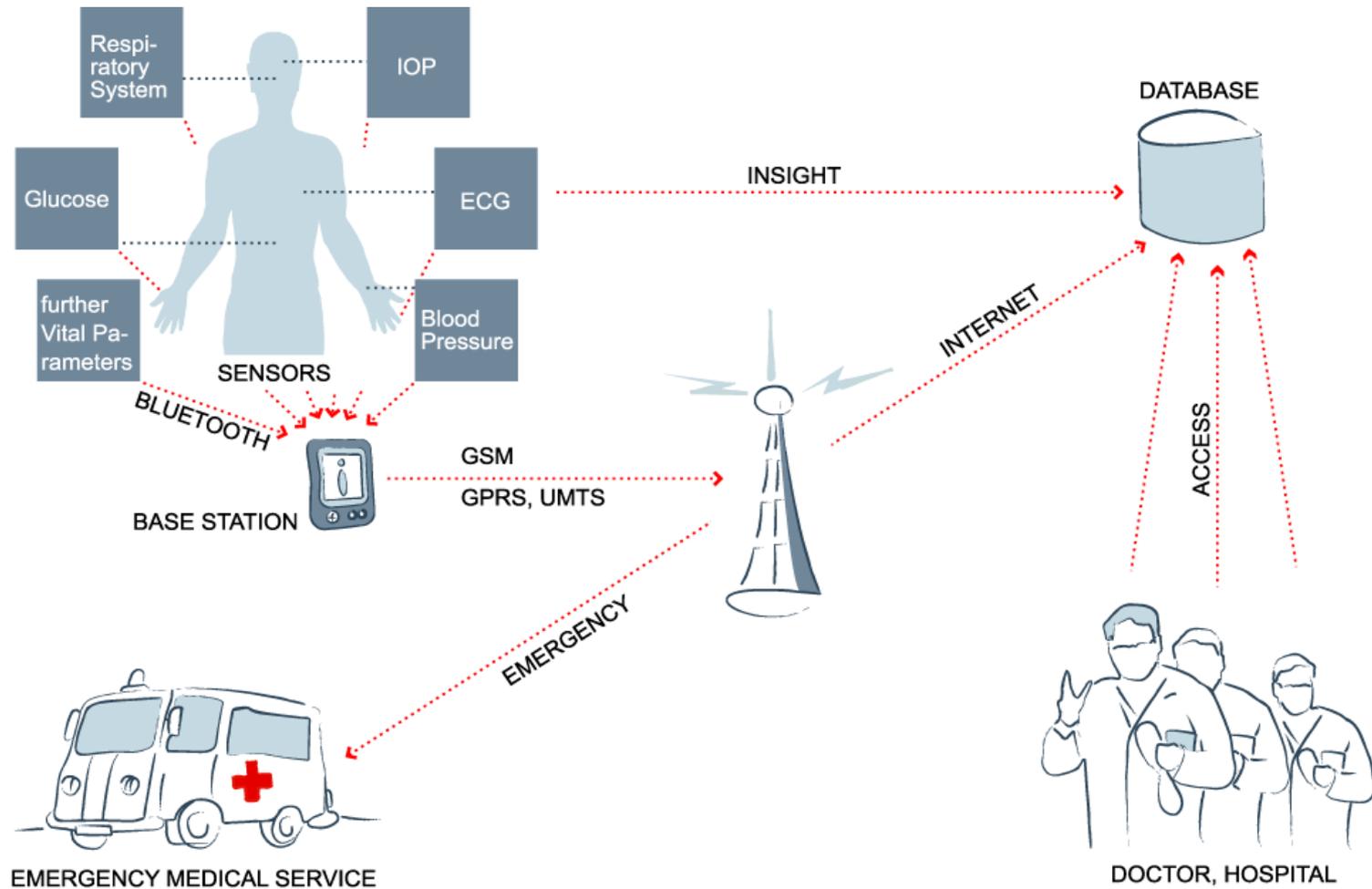
https://ilias.studium.kit.edu/goto.php?target=crs_271966.html

- Für den Zugang zu den Unterlagen wird das Passwort: **BMT-I-2013** benötigt.



Forschungsgebiet Medizintechnik: Personal Health Monitoring System (PHMon)

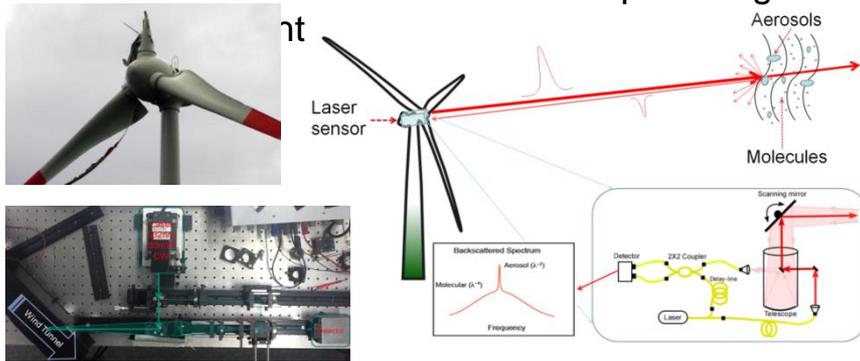
BMBF Verbundforschungsprojekt



Optics group am ITIV, Current projects

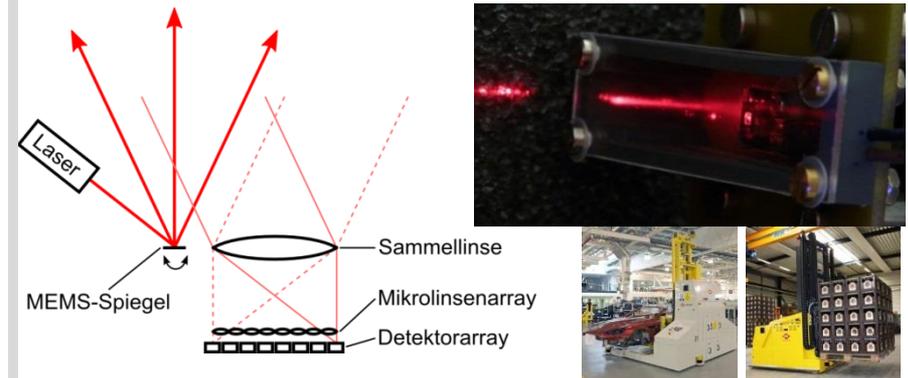
Coherent Laser Doppler Wind Profiler for the Active Control of Wind Turbines

- Laser radar system based on Doppler effect
- Predictive control of turbine blade pitch angle



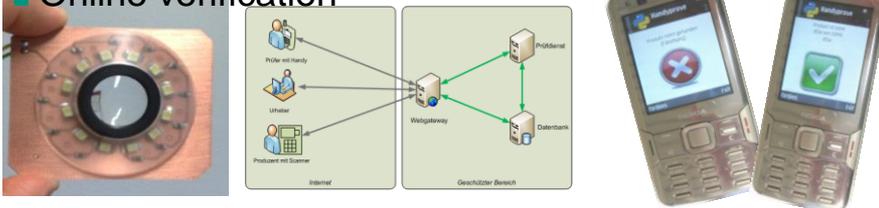
3D Laser-Rangefinder based on scanning MEMS micro mirror

- Time of flight distance measurement
- Small, low cost system
- Fast measurement



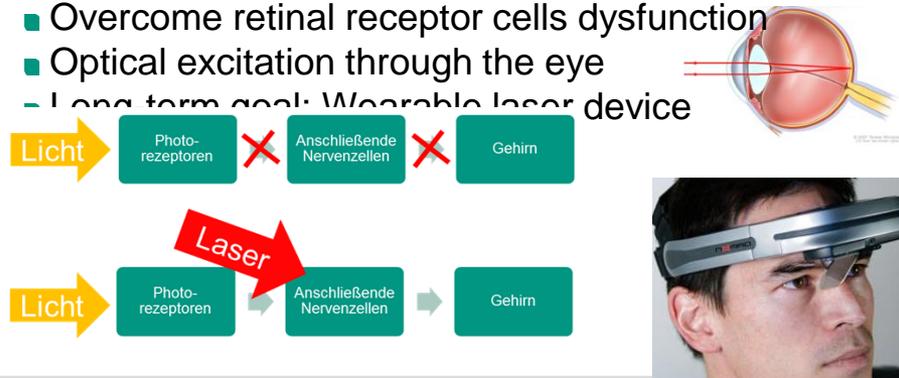
Product security using randomly distributed micro particles

- Embedded secure tags on product
- Cellphone camera with add-on optics for detecting
- Online verification



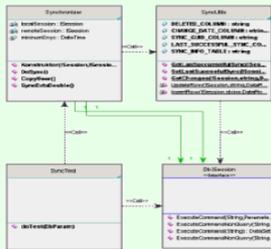
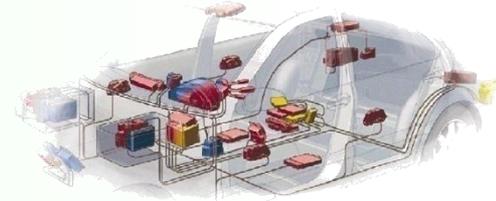
Laser excitation of retinal ganglion cells

- Overcome retinal receptor cells dysfunction
- Optical excitation through the eye
- Long term goal: Wearable laser device



Embedded Systems Design & Rapid Prototyping

- HW / SW – Entwurf für eingebettete Systeme
- Rapid Prototyping und Funktionsentwurf
- Komponenten- und Softwaretestmethoden
- Automotive, Automation, Medizintechnik



Modell-basierte Entwicklung (Methoden & Tools)

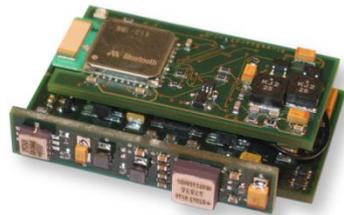
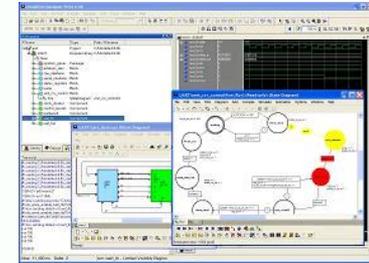
- Systems Engineering mit UML / SysML
 - Domänen-spezifische Modellierung
- Durchgängige Werkzeugketten und Toolkopplung
- Konzeptwerkzeug / Architekturentwicklung (PREvision)

Embedded Security

- Trusted Computing für eingebettete Systeme
- Vertrauenswürdige Kommunikation, Produktschutz, Softwareschutz
- Anwendungen Automotive und Automation

Rekonfigurierbare Hardware-Systeme

- Systementwurf mit FPGAs / Softcores
- Dynamisch rekonfigurierbare Systeme
- Entwurfsmethoden zum HW/SW-Codesign



Innovative Sensorik

- Mobile belastungsfreie Vitalmonitoring-Systeme
 - Smart Clothes (EKG, Blutdruck)
- Activity-Monitoring und Bewegungserfassung
- Optische Sensorik (automotive Laser-Abstandssensorik)

Selbstkonfigurierende Sensornetzwerke

- Autonome Vernetzte Sensoren
- Standardisierte Funknetzwerke (Zigbee, Bluetooth)
- Selbstkonfigurationsmechanismen
- Anwendungsentwicklung

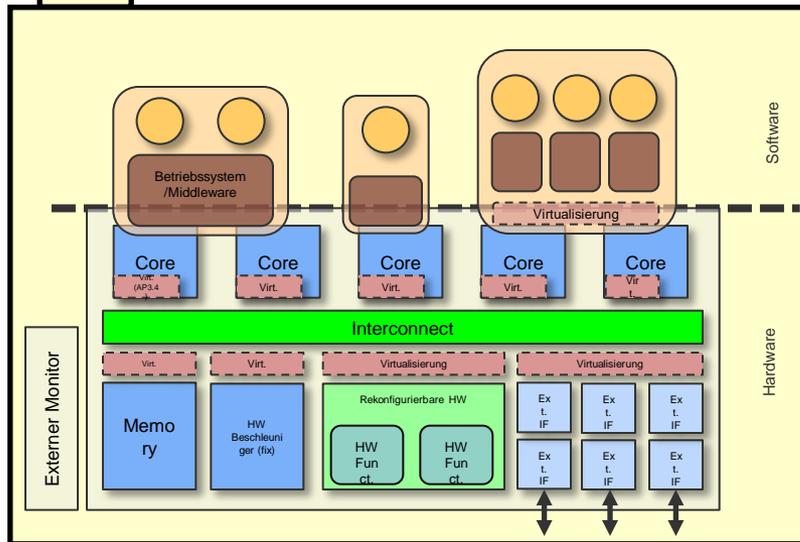


BMBF Projekt ARAMiS



Herausforderung:
Einsatz von Multicore-Systemen und Virtualisierung für sicherheitskritische Anwendungen in den Mobilitätsdomänen

Projektfokus:
Zukünftigen Einsatz von Multicore-Prozessoren und Virtualisierung in den Mobilitätsdomänen Automobil, Avionik und Bahn, insbesondere für sicherheitskritische Anwendungen.



Seminar: Eingebettete Systeme (Cyber Physical Systems)

- Umfang:
 - Recherche
Internet, Literatur, Patente, Produkte
 - Recherchetechniken
 - Quellen
 - Wo finde ich wie was
 - Handout / Ausarbeitung
strukturierte Zusammenfassung der Ergebnisse ca. 20 Seiten
 - Strukturierung
 - Dokumentaufbau
 - Vortrag:
ca. 10-15 Minuten in der Arbeitsgruppe
 - Präsentationslayout
 - Präsentationstechniken

⇒ Ideale Vorbereitung auf Studien- / Diplomarbeiten

⇒ **Anmeldung jederzeit bei mir**

Universidad de Cádiz, España

- Erasmus Socrates-Programm, <http://www.uni-karlsruhe.de/~akad/deutsch/studimaus/sokrates.html>
- Lehre:
 - Elektrotechnik, Automatisierungstechnik
 - Informatik
- Auslandssemester:
 - Studierende im Hauptstudium an den Fakultäten für Elektrotechnik und Informationstechnik, Wirtschaftswissenschaften und Informatik
 - Studienleistungen werden Anerkannt
 - Finanzielle Förderung durch die EU
- Dauer: z.B. ein Semester
- Kontakt: W. Stork



University of Western Australia, Perth

- Optical and Biomedical Engineering Laboratory (OBEL) <http://obel.ee.uwa.edu.au>
- Forschung:
 - Optische Messtechnik und Medizintechnik
 - Optische Kohärenztomografie (z.B. dynamischen Atemwegsvermessung, Hautvermessung, ...)
 - Spektroskopie (z.B. Hautkrebs-Früherkennung, ...)
- Studienarbeiten + Praktika:
 - Hardware Entwicklung (analoge Signalerfassung und Aufbereitung)
 - Softwareentwicklung (Steuerung komplexer Mess-Systeme und anschließende Signalverarbeitung)
 - Theoretische Grundlagen & Algorithmen (Hautmodellierung, Optische Messverfahren und Algorithmen zur Signalverarbeitung)
- Dauer: mind. 6 Monate empfohlen
- Kontakt: W. Stork



Inhalt

- Kapitel 1 : Allgemeine Einführung
 - Demographie und Gesundheitsökonomie
- Kapitel 2 : Messen und Messgrößen
 - Messwandler
 - Messfehler
- Kapitel 3 : Signalverarbeitung
 - Grundlagen: Information und Rauschen
 - Analog-Digital Wandlung
 - Digitale Signalverarbeitung für Sensor-Systeme
 - Informationsverarbeitung
- Kapitel 4 : Blutkreislauf
 - Fluidmechanik und Sensoren
 - Funktion des Herzens
 - Blutdruck und Blutfluss
 - Blutdruckregulation
 - Erkrankungen
- Kapitel 5 : Elektrokardiographie
 - Elektrische Eigenschaften des Gewebes
 - Elektroden
 - Schaltungstechnik
 - Ableitungen
 - Untersuchungsverfahren

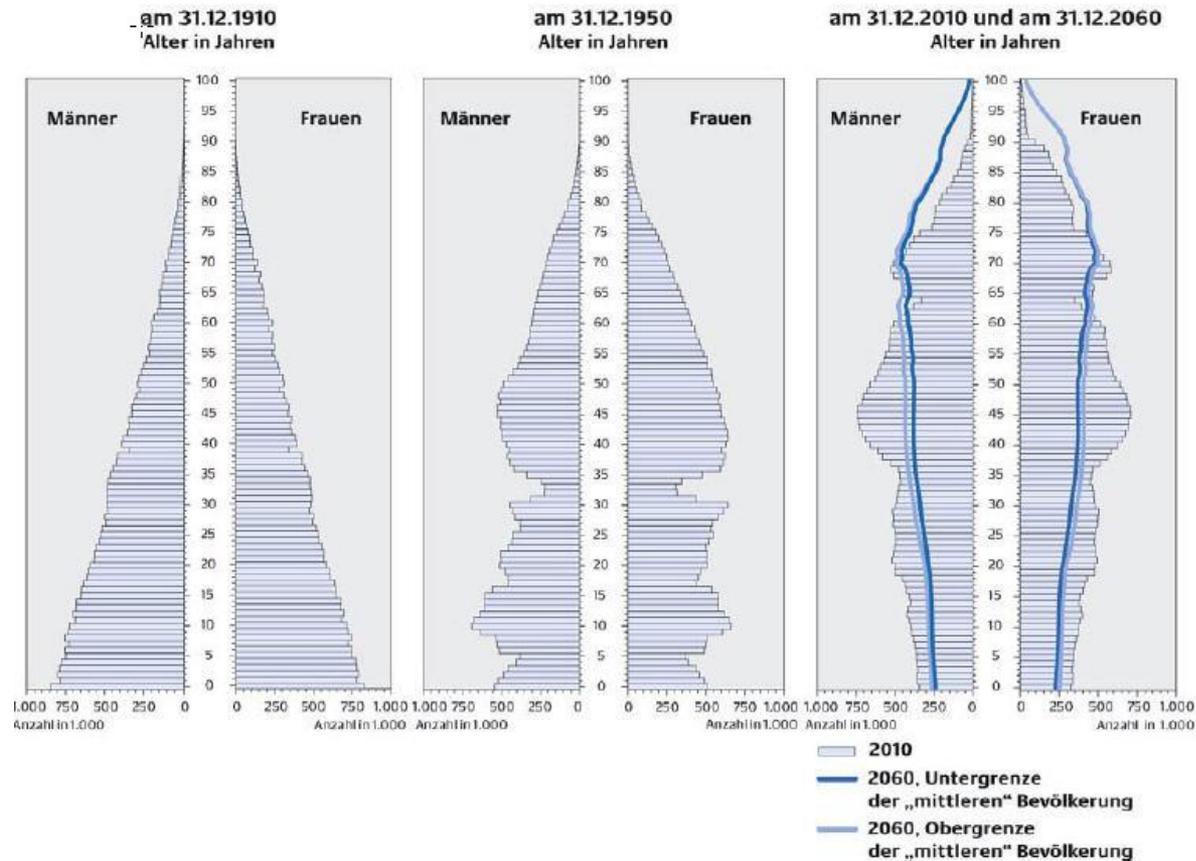
KAPITEL 1 : ALLGEMEINE EINFÜHRUNG

Das Messen

- Der Philosoph Plato (427 – 347 v. Chr.):
- „Das beste Mittel gegen Sinnestäuschungen ist das Messen, Zählen und Wägen. Dadurch wird die Herrschaft der Sinne über uns beseitigt. Wir richten uns nicht mehr nach dem sinnlichen Eindruck der Größe, der Zahl, des Gewichts der Gegenstände, sondern berechnen, messen und wägen sie. Und das ist Sache der Denkkraft, Sache des Geistes in uns“.
- Aus den Ergebnissen der Messungen kann man Schlussfolgerungen (Diagnosen) ziehen und wirksame Maßnahmen für die Therapie ableiten – nicht nur in der Technik.

Veränderung des Altersaufbaus 1910-2060

Abbildung 1: Altersaufbau der Bevölkerung in Deutschland, 1910, 1950, 2010 und 2060

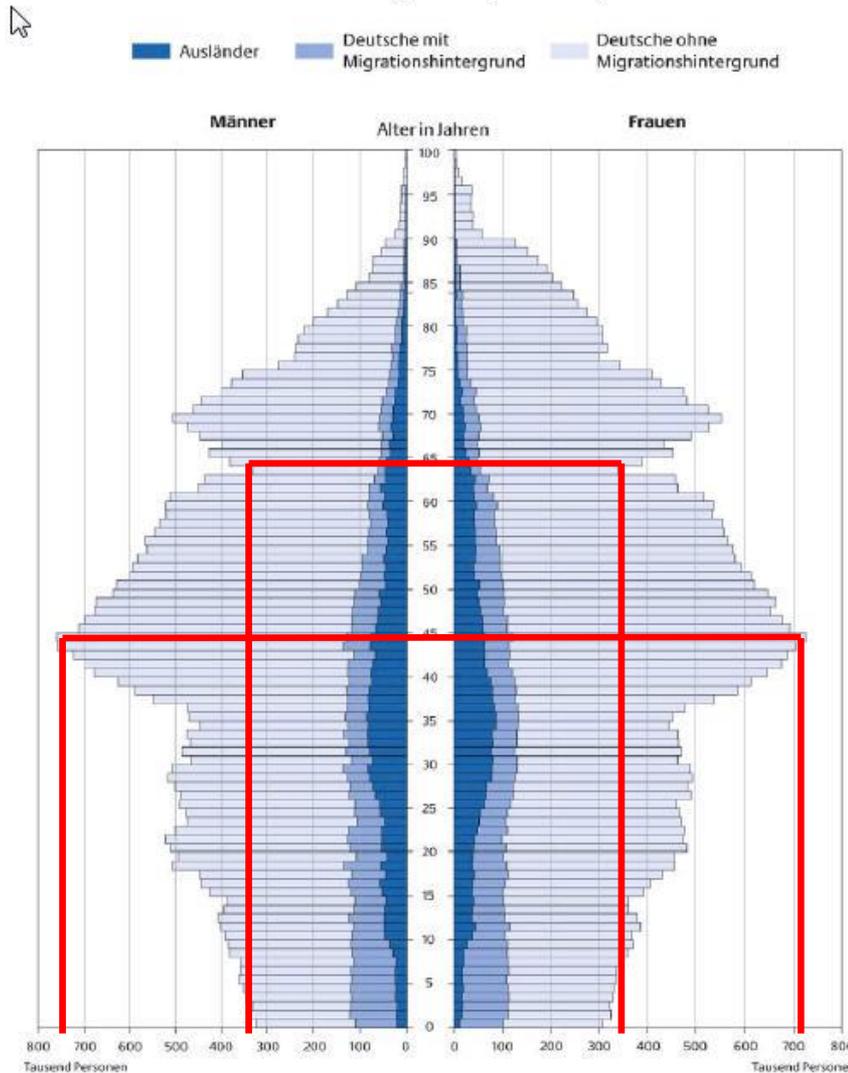


Datenquelle: Statistisches Bundesamt, für 2060:
12. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung

Altersstruktur

- Kinderanzahl heute noch halb so stark wie vor 40 Jahren
- Geburten von Ausländern gehen genauso zurück wie die der Einheimischen
- Anteil der Bevölkerung mit Migrationshintergrund nimmt zu und ist heute bei ca. 20%
- Zahl der Verrentungen wird sich in den nächsten 20 Jahren verdoppeln.

Abbildung 23: Altersaufbau der Bevölkerung in Deutschland nach Herkunft, 2009 (in 1.000)

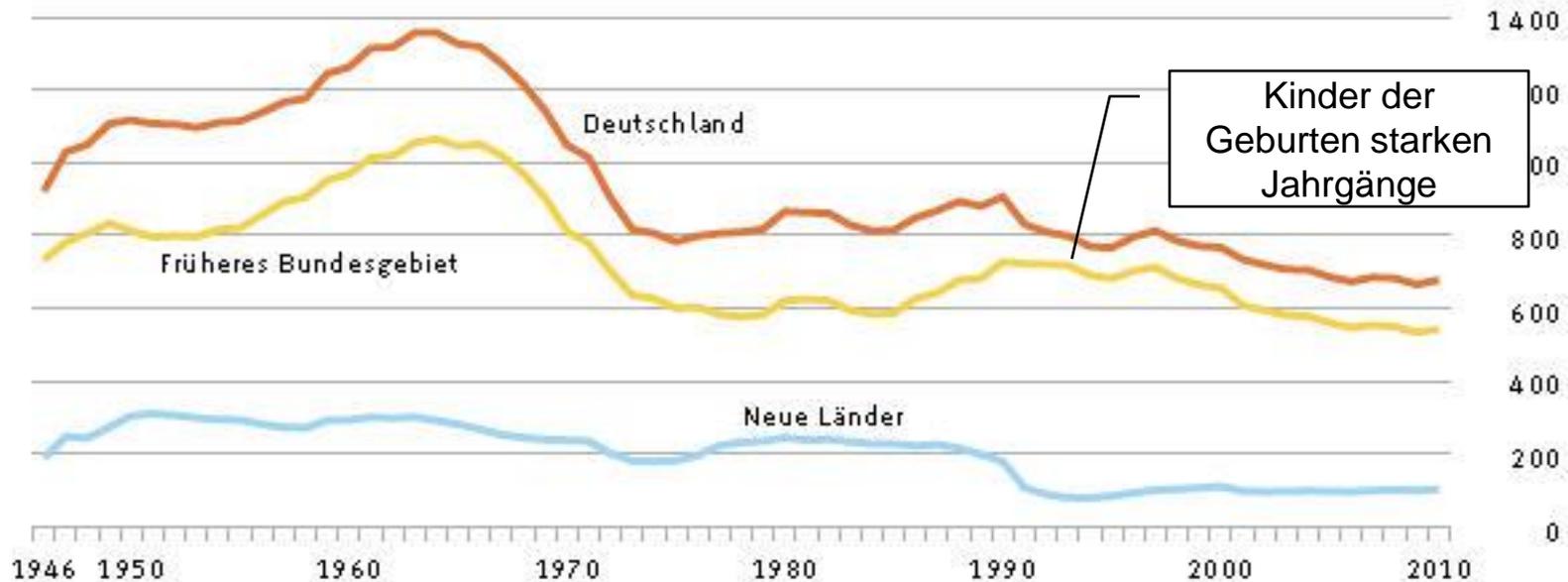


45

Quelle: Statistisches Bundesamt

Entwicklung der Geburtenzahlen 1945-2010

Geburten im Zeitverlauf
in Tausend



Seit 2001: Früheres Bundesgebiet ohne Berlin-West, neue Länder ohne Berlin-Ost.

Statistisches Bundesamt, Geburten in Deutschland, 2012

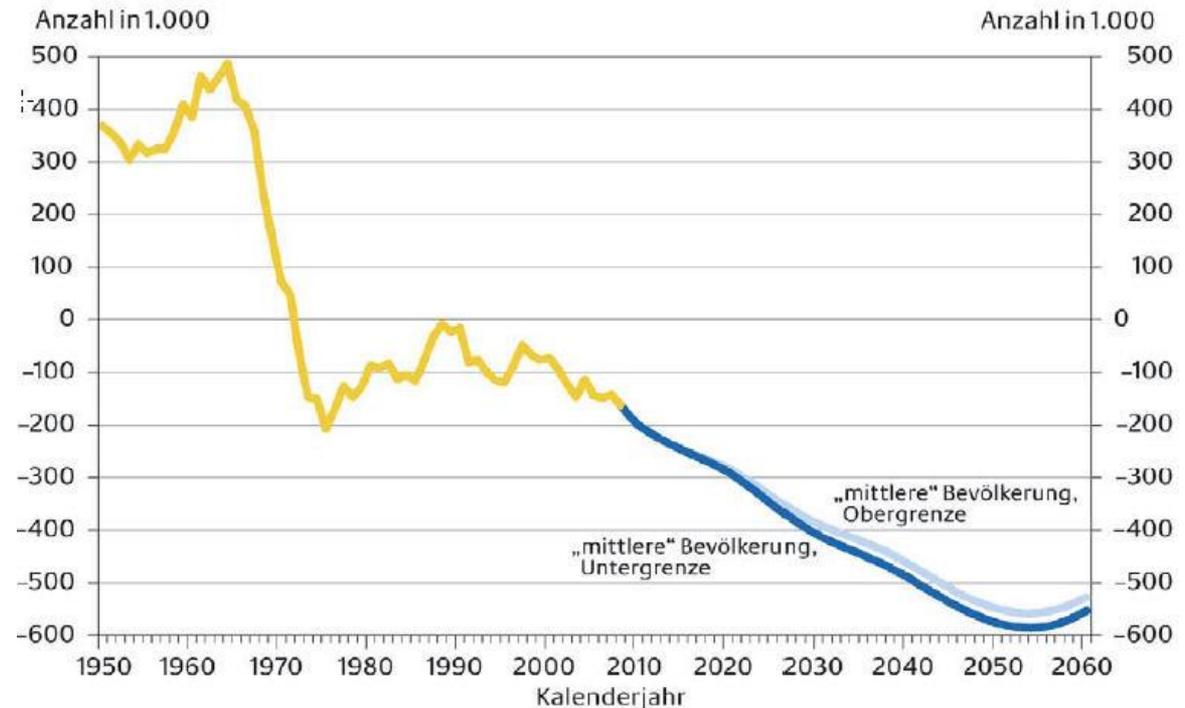
In den nächsten Jahren werden wir einen leichten Anstieg der Geburtenzahlen sehen (Enkel der Geburten starken Jahrgänge).

Dann wird die Bundesregierung sicher einen Erfolg ihrer Familienpolitik feststellen.

Differenz Geborene - Gestorbene

- Seit 1973 ist der Saldo negativ.
- Erst seit ca. 2000 wird die Entwicklung öffentlich diskutiert.
- Der Negativ Saldo von aktuell 200.000 wird in den nächsten 10 Jahren auf 300.000 ansteigen und 2050 ca. sein Maximum bei 600.000 erreichen.

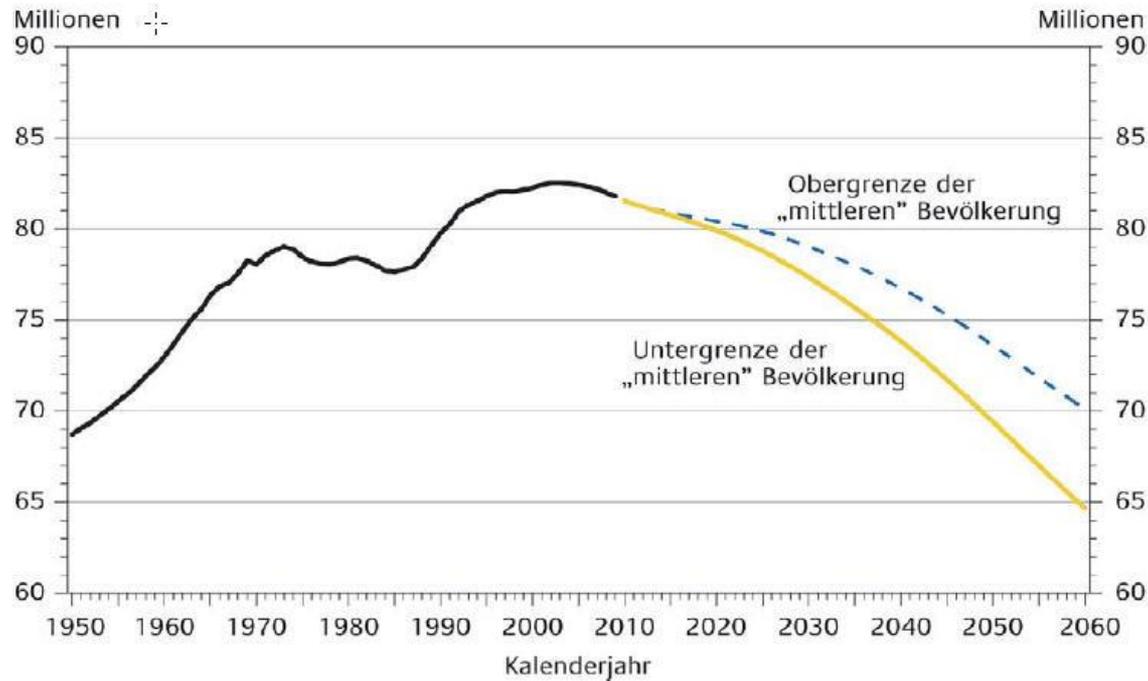
Abbildung 12: Differenz zwischen Geborenen und Gestorbenen in Deutschland, 1950–2060 (in 1.000)



Quelle: Statistisches Bundesamt,
ab 2009 Ergebnisse der 12. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung

Bevölkerungsentwicklung

Abbildung 13: Entwicklung der Bevölkerungszahl in Deutschland, 1950–2060 (in Millionen)

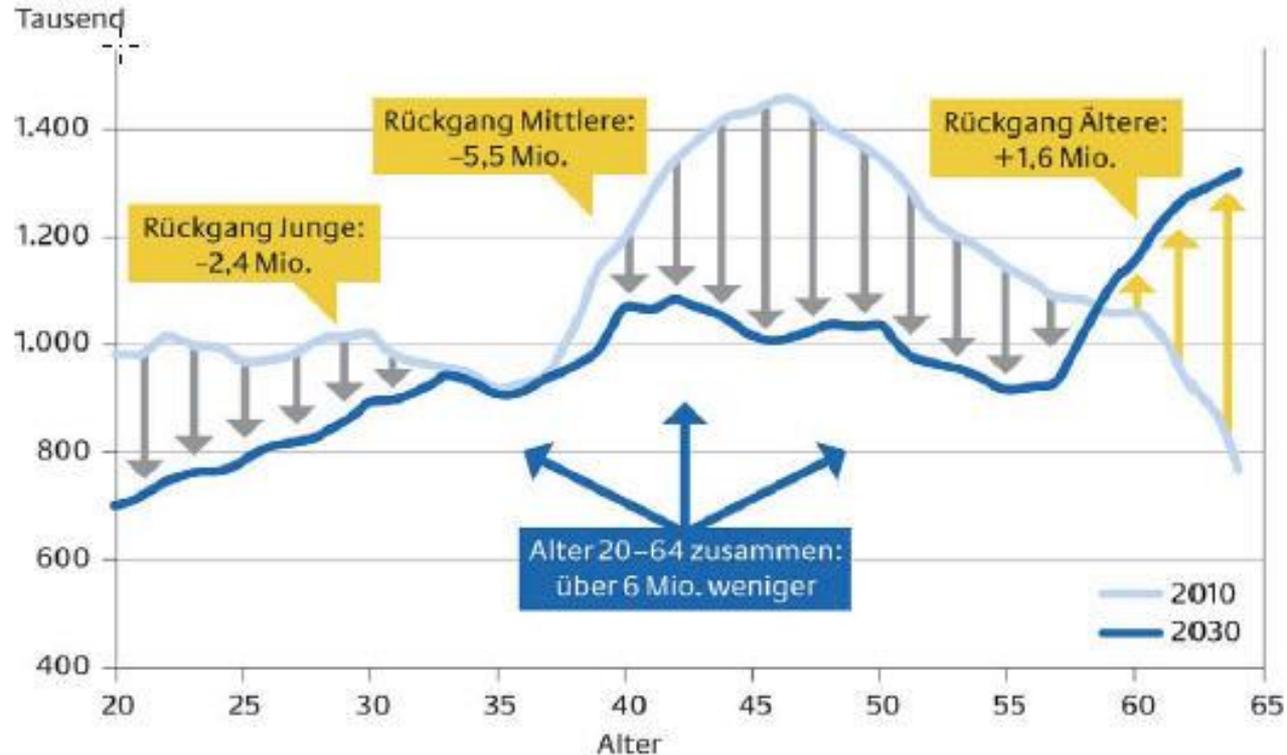


1950 bis 1989 Früheres Bundesgebiet und DDR insgesamt, ab 1990 Deutschland, ab 2009 Ergebnisse der 12. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung

Quelle: Statistisches Bundesamt,
12. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung

Rückgang der erwerbsfähigen Bevölkerung

Abbildung 27: Altersstruktur der Bevölkerung im Alter von 20 bis 64 Jahren, 2010 und 2030 (in 1.000)

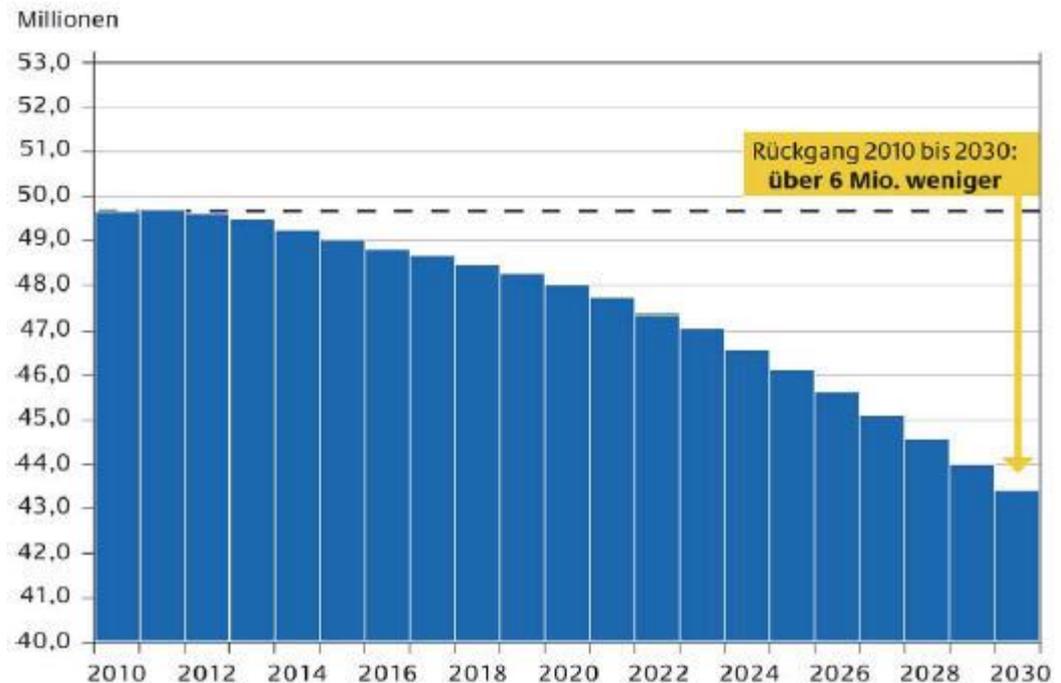


Quelle: Statistisches Bundesamt, 12. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung, Variante 1-W2

Entwicklung der Erwerbsbevölkerung

- Ab sofort Rückgang der Erwerbsbevölkerung um 200-300.000 pro Jahr
- Daran geknüpft ist ein Rückgang des Bruttoinlandsprodukts (GDP-Growth Domestic Product) um ca.10% bis 2030

Abbildung 26: Entwicklung der Bevölkerung im Alter von 20 bis 64 Jahren (in Millionen)

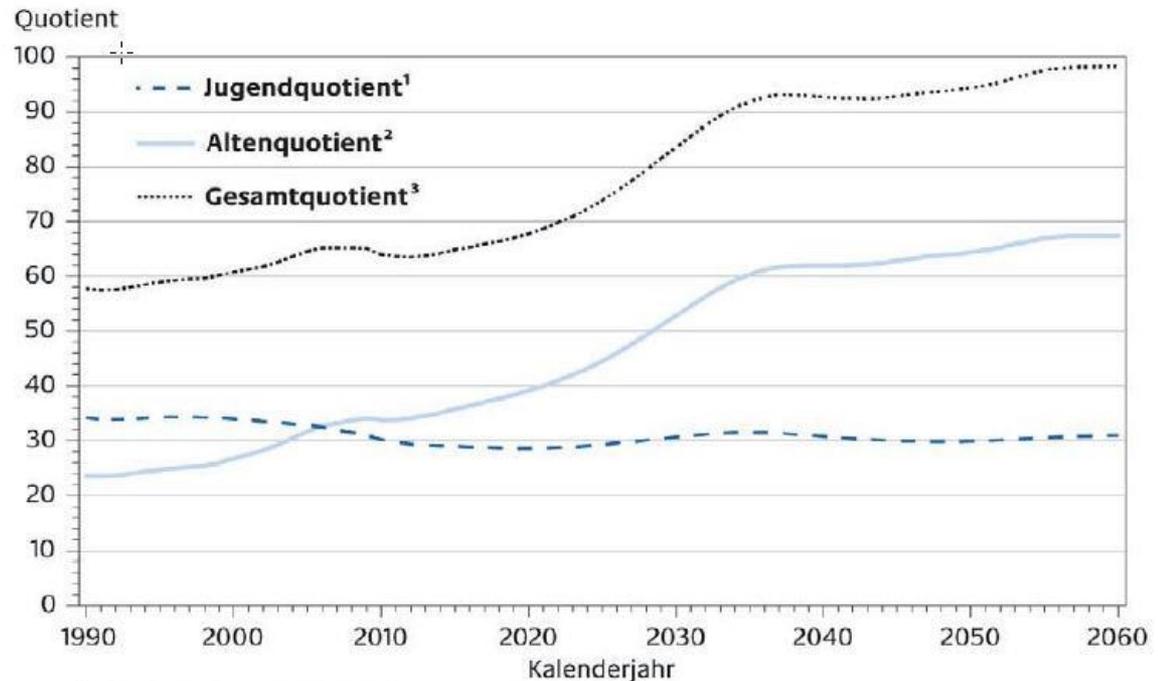


Quelle: Statistisches Bundesamt, 12. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung, Variante 1-W2

Anteil der nicht erwerbsfähigen im Verhältnis zur erwerbsfähigen Bevölkerung

- In 2010 versorgen 100 erwerbsfähige 35 Menschen über 65.
- In 2050 werden 100 erwerbsfähige bereits 70 Menschen über 65 versorgen müssen – die Anwendungen für die Alten wird also um ca. den **Faktor 2** steigen.
- Der Anteil der unter 20-jährigen wird bei ca. 20% stabil bleiben.

Abbildung 14: Jugend-, Alten- und Gesamtquotient in Deutschland*, 1990–2060



¹Unter 20-Jährige je 100 20- bis unter 65-Jährige.

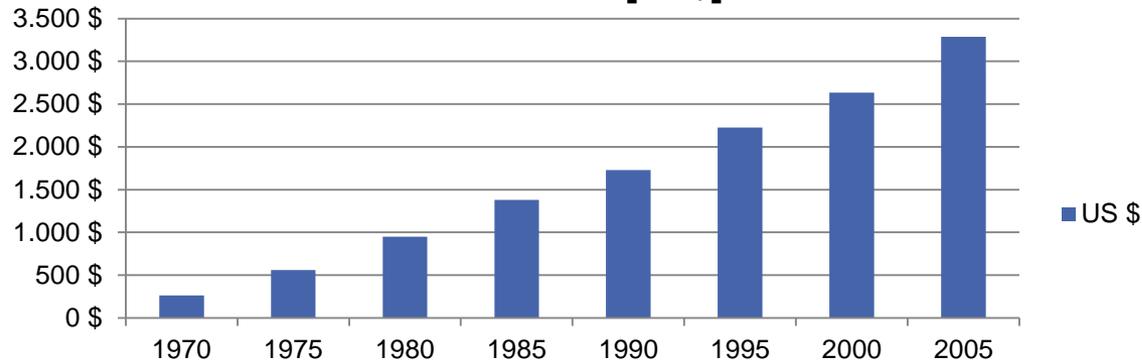
²65-Jährige und Ältere je 100 20- bis unter 65-Jährige.

³Unter 20-Jährige + 65-Jährige und Ältere je 100 20- bis unter 65-Jährige.

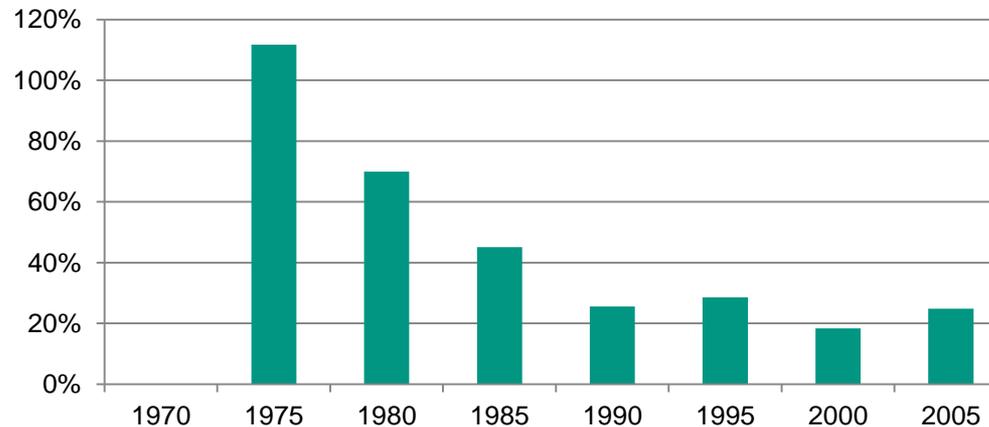
*ab 2010: Ergebnisse der 12. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung, Untergrenze der „mittleren“ Bevölkerung

Quelle: Statistisches Bundesamt;
grafische Darstellung: Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung (BiB)

Entwicklung der Gesundheitsausgaben pro Kopf in Deutschland [US\$]



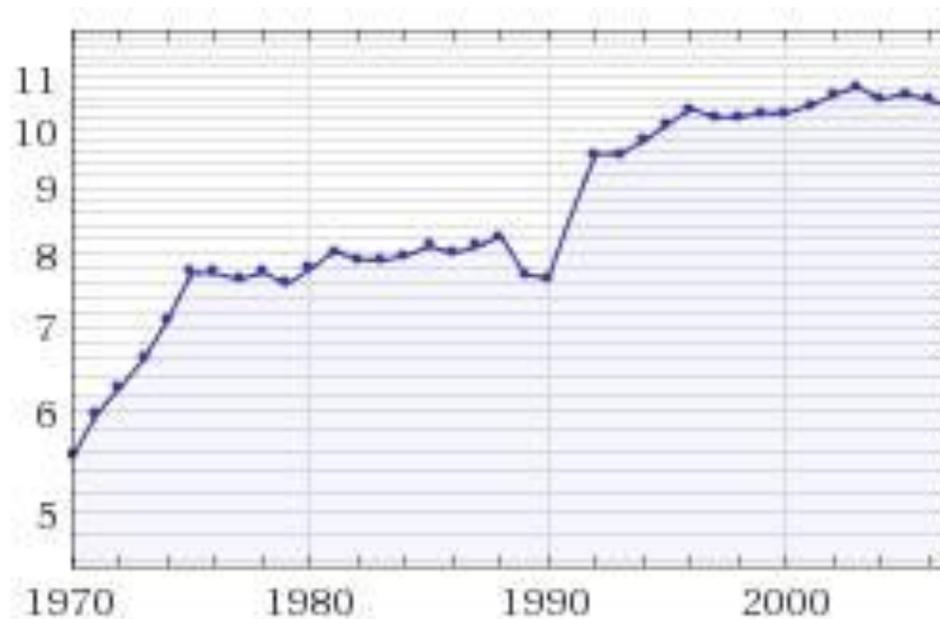
Wachstum der Gesundheitsausgaben pro Kopf je 5 Jahres Periode in Deutschland



OECD Health Data 2005

- Im Zeitraum 1975 – 2003 wuchsen die Nettolöhne um 80%
- Die Gesundheitskosten haben sich im gleichen Zeitraum versechsfacht.

Wachstum der Gesundheitskosten in Deutschland (% des GDP)



(from 1970 to 2007)

(in percent)

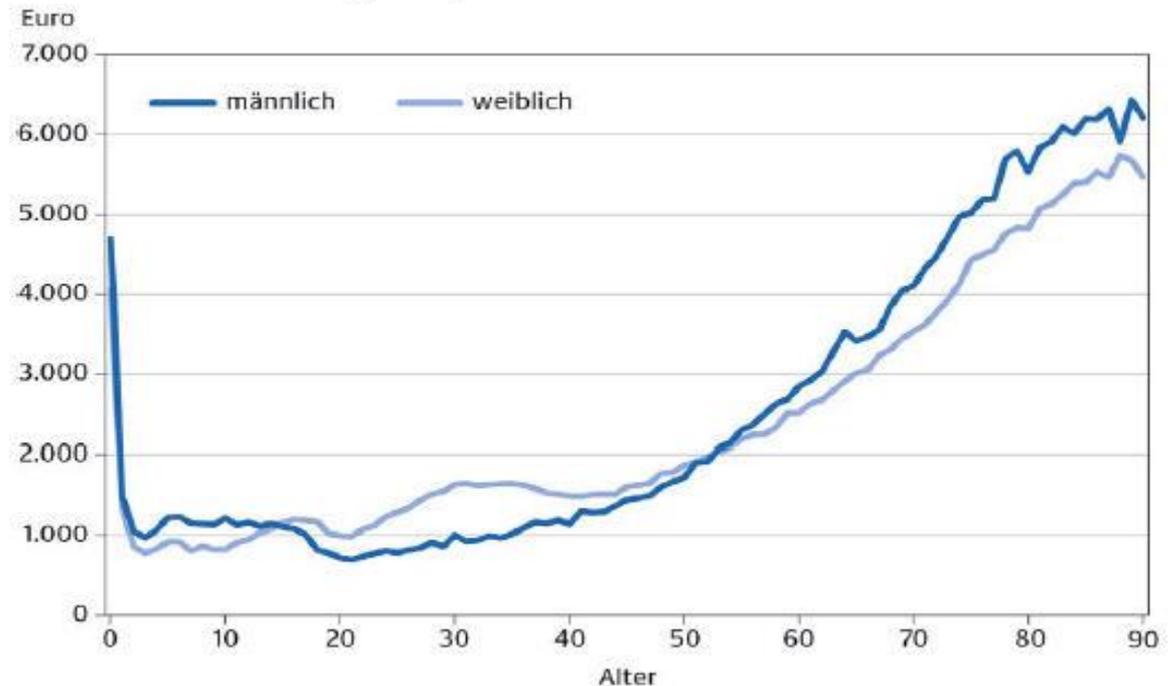
(log scale)

■ Aktuell knapp 12%

GKV Ausgaben 2009 pro Person und Lebensalter

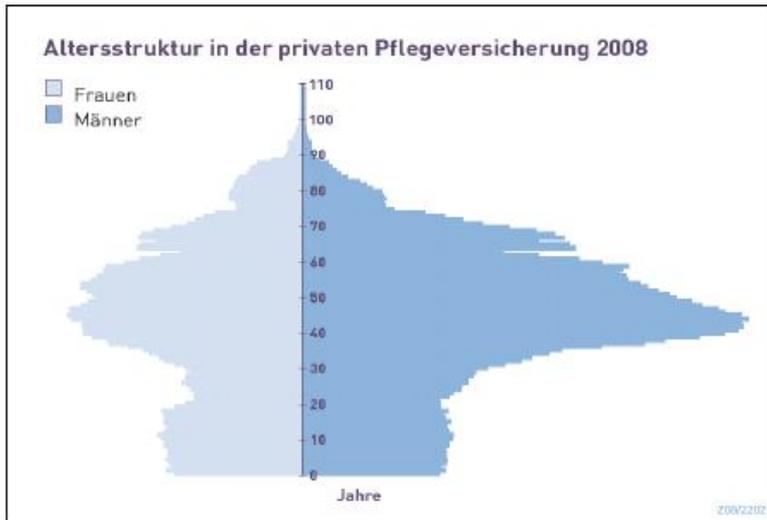
- 2009 im Mittel bei ca. 3.500 € für GKV (Gesetzliche Krankenversicherung)
- Im Alter von 10-40 Jahren ca. 1000€ pro Jahr
- Danach steigen die Aufwendungen um ca. 1000€ pro Lebensjahrzehnt.
- Die Aufwendungen für Privatpatienten liegen etwa um den Faktor 2 höher.

Abbildung 28: Alters- und geschlechtsspezifische Ausgabenprofile in der GKV im Jahr 2009



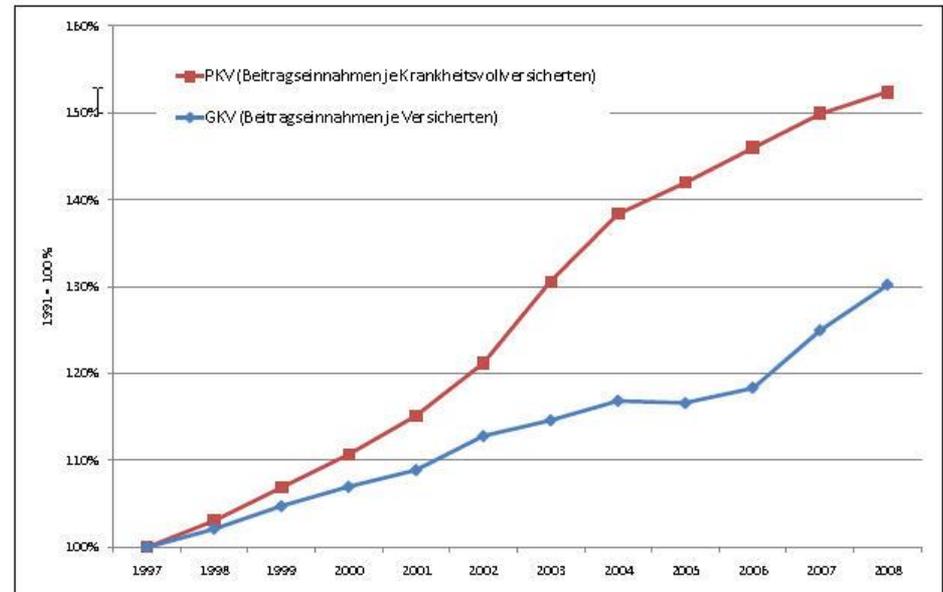
Quelle: Bundesministerium für Gesundheit
(auf Basis von Daten des Bundesversicherungsamtes für 2009)

Vergleich Private und Gesetzliche KV

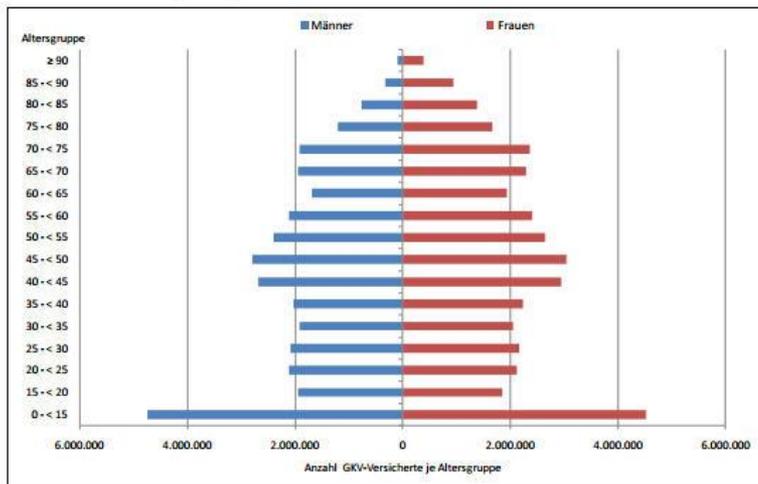


Quelle: PKV (2009)

Abbildung 11: Beitragsentwicklung in PKV und GKV, 1997-2008



Quelle: IGES auf Grundlage der KJ1-Statistik (GKV) und PKV (2009)



Quelle: IGES, BMG (KM6-Mitgliederstatistik der GKV)

Sozialversicherung heute! und morgen?

Sozialversicherung	Beitragssatz Gesamt	Arbeitnehmer- Beitrag	Arbeitgeber- Beitrag
<u>Krankenversicherung</u>	Allgemein: 15,5% Ermäßigt: 14,9%	Allgemein: 8,2% * Ermäßigt: 7,9%*	Allgemein: 7,3% Ermäßigt: 7%
<u>Pflegeversicherung</u>	1,95%	0,975%	0,975%
<u>Kinderlose ab 23.Lj.</u>	2,2%	1,225%	0,975%
Sachsen (Ausnahme)	1,95%	1,475%	0,475%
<u>Rentenversicherung</u>	19,6%	9,8 %	9,8 %
Arbeitslosenversich.	3%	1,5%	1,5%
Gesamt	40,2%	20,6%	19,6%

Beispiel: Ingenieur
 Berufsanfänger € 4000,00
 Brutto
 Steueranteil ungefähr
 Hälfte der
 Sozialversicherung

Arbeitgeber gesamt	4770,-
Arbeitgeber Soz.Vers.	770,-
Arbeitnehmer Soz.Vers.	812,-
Steuer	869,-
Netto	2318,- (48,5%)

Was macht der Ingenieur bei einem Problem?

- Er sucht nach einer Lösung und zwar systematisch.

- 1. ??

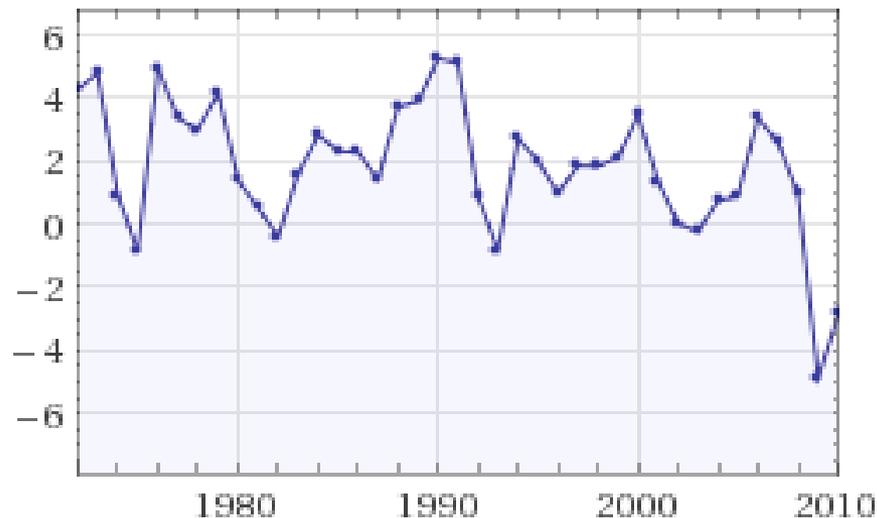
Was machen wir also?

- 70% Sozialversicherung bezahlen?
 - Ca. 25% netto, also halb soviel wie heute!

- Was meint ihr?

Wachstums des GDP in Deutschland Ein Ausweg?

GDP real growth history:

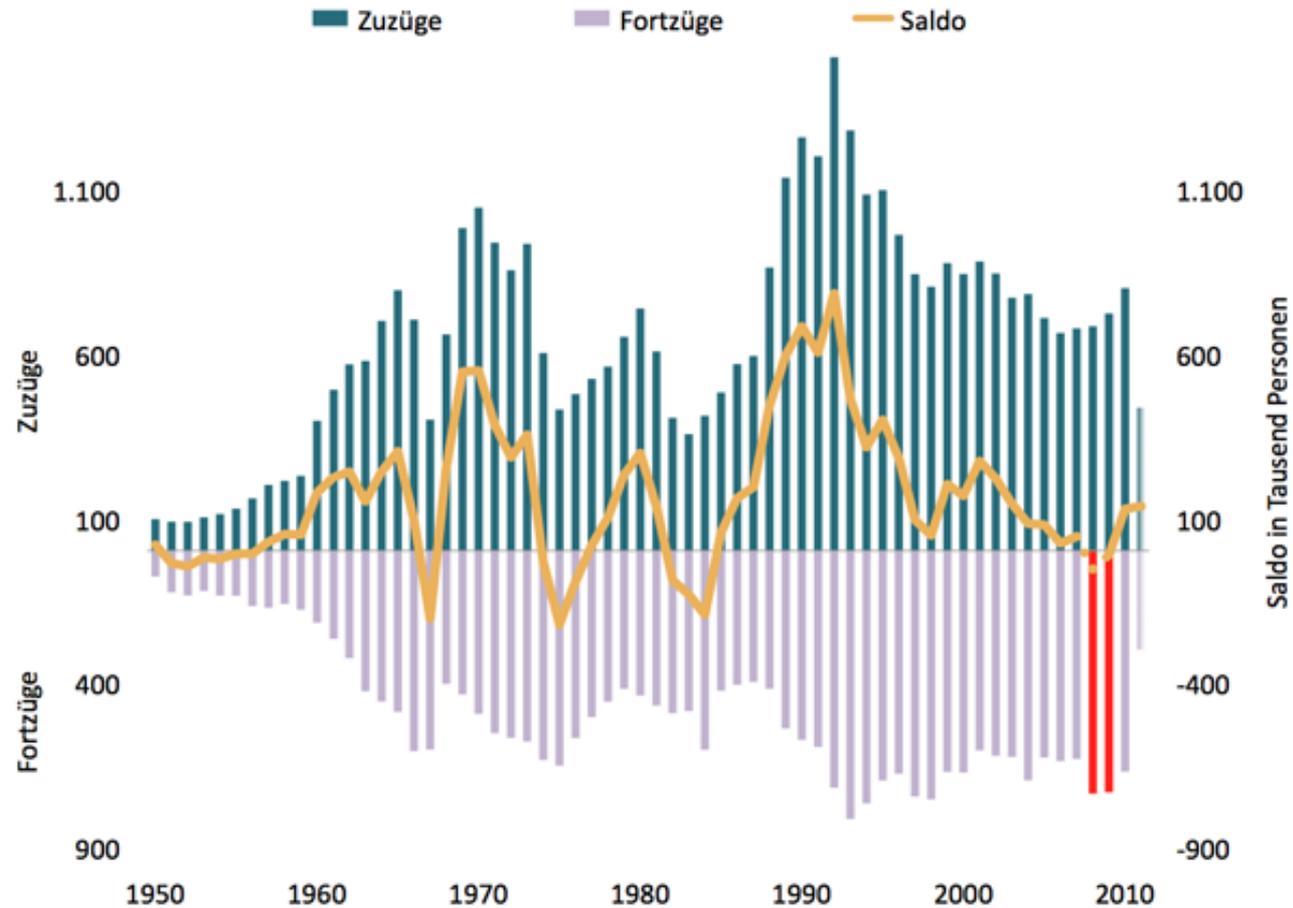


(from 1972 to 2010)

(in percent per year)

- Mittleres Wachstum über 40 Jahre ca. 2%
- Kann man das bei einer schrumpfenden Bevölkerung aufrecht erhalten?

Zuwanderungssaldo 1950-2010



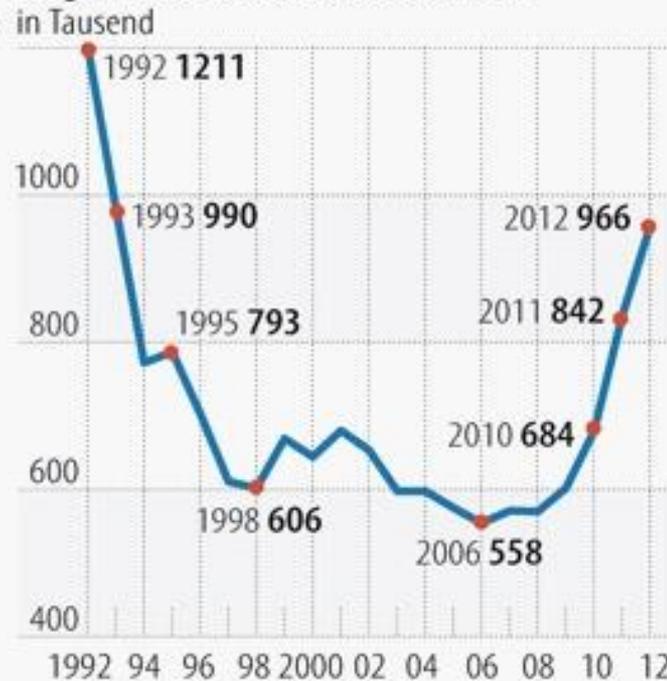
Zuwanderung 2012

Einwanderung von Ausländern nach Deutschland

Die wichtigsten Herkunftsländer 2012



Eingewanderte Ausländer seit 1992



Einwanderung insgesamt: 1,081 Millionen, davon 0,966 Mio. Ausländer und 0,115 Mio. Spätaussiedler und zurückkehrende Deutsche.
Quelle: Statistisches Bundesamt

F.A.Z.-Grafik Walter

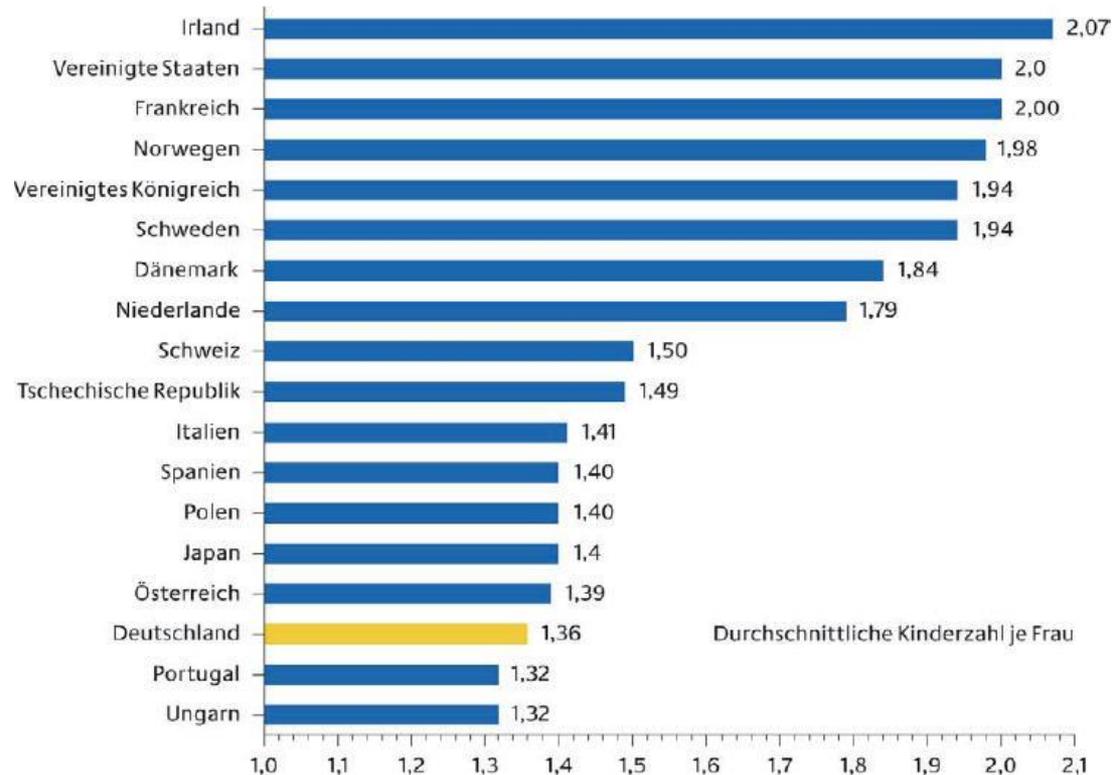
Zuwanderungssteigerung nur aus Ländern, die selbst ein gravierendes Demographie Problem haben.

Wichtiger Lösungsansatz!

- Was machen denn die anderen?

Geburtenziffern Europa, USA, Japan

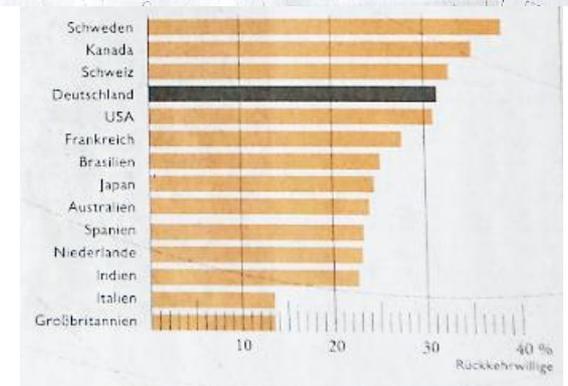
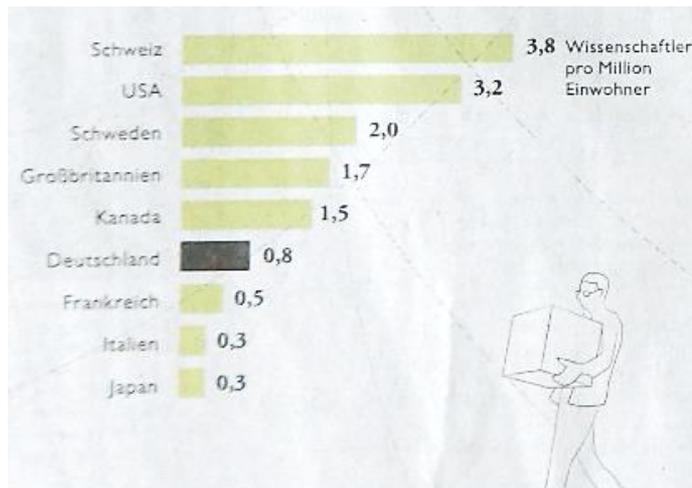
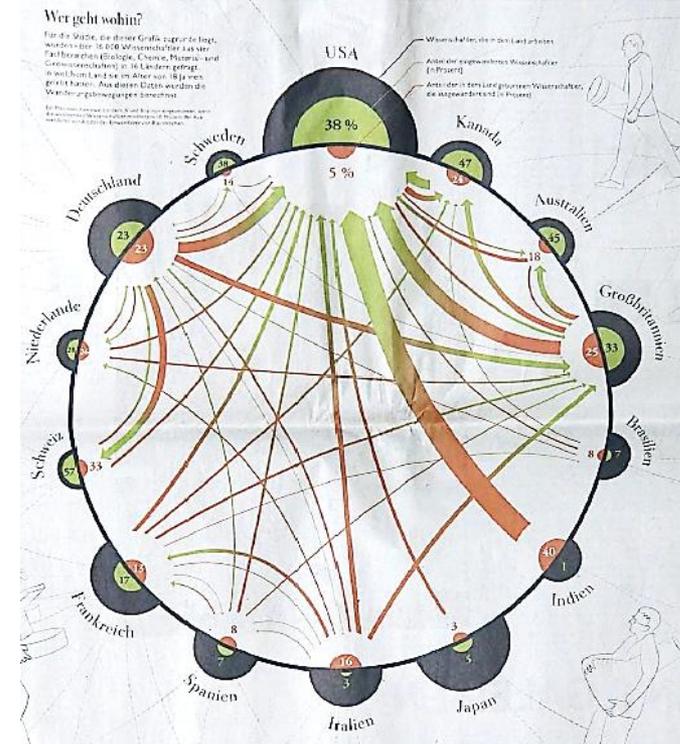
Abbildung 4: Zusammengefasste Geburtenziffern im internationalen Vergleich, 2009



Datenquelle: Eurostat;
 Vereinigte Staaten und Japan: Statistisches Bundesamt, Internationale Statistik;
 grafische Darstellung: Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung (BiB)

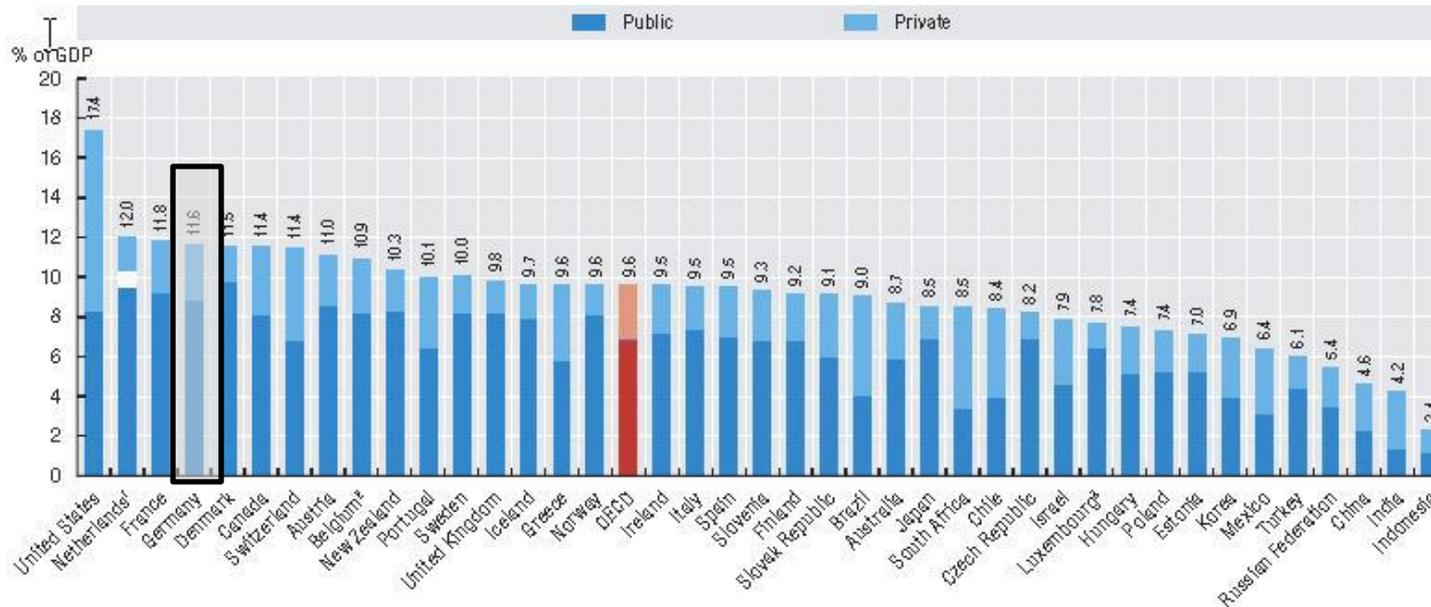
Wissenschaftlerwanderungen: Die Zeit 17/2013

- Deutschland hatte in der in der Vergangenheit einen ausgeglichenen Saldo bei der Wissenschaftlermigration.
- USA, Schweiz und Schweden hatten einen positiven Saldo
- Südeuropa einen negativen Saldo



Gesundheitskosten in % des GDP (2009)

7.2.1 Total health expenditure as a share of GDP, 2009 (or nearest year)



1. In the Netherlands, it is not possible to clearly distinguish the public and private share related to investments.
2. Total expenditure excluding investments.
3. Health expenditure is for the insured population rather than the resident population.

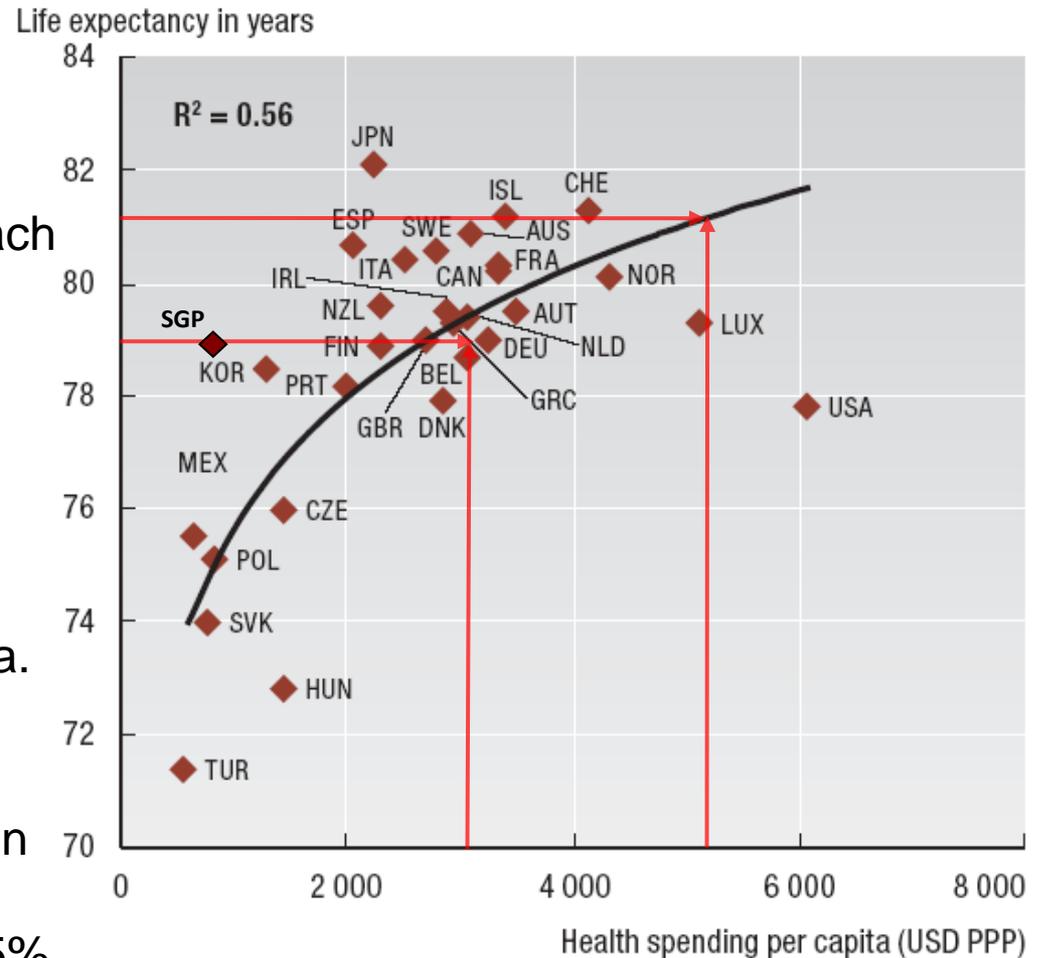
Source: OECD Health Data 2011; WHO Global Health Expenditure Database.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932526103>

- Deutschland hat **2011** ein GDP von 3577 Milliarden \$
- Gesundheit mit ca. 11.6% (ergeben ca. 415 Milliarden \$ bzw. ca. 5.000 \$/ Kopf
- Das teuerste Gesundheitssystem haben die USA ca. 18% vom GDP oder ca. 10.000 \$ pro Kopf

Lebenserwartung und Gesundheitsausgaben (OECD 2005)

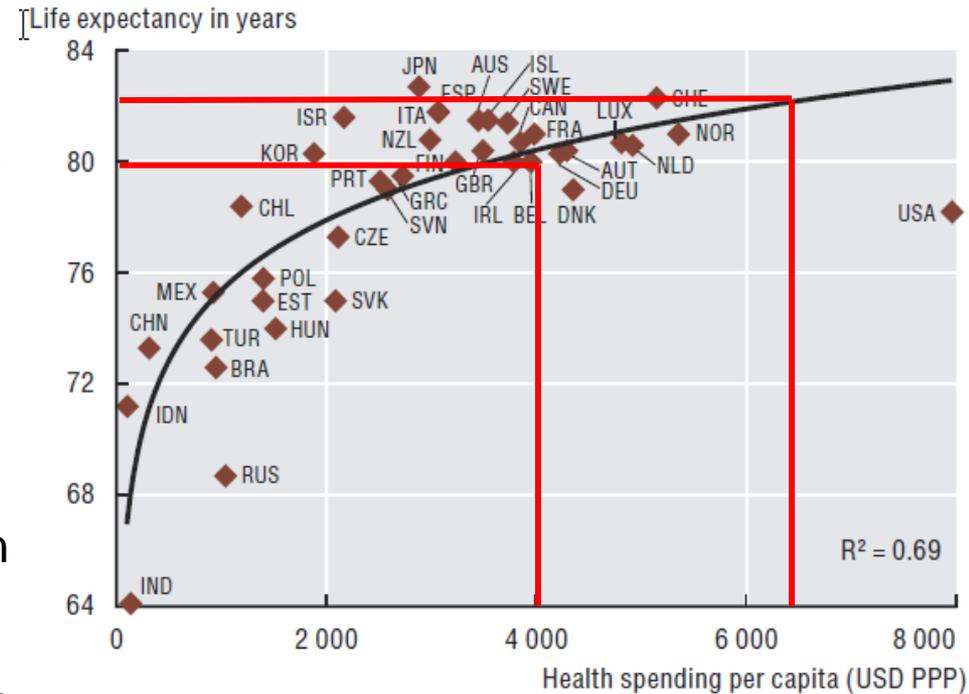
- Deutschland 2005 ca. 3000\$ pro Person bei einer Lebenserwartung von ca. **79 Jahren**
- Gesundheitsausgaben und Lebenserwartung sind schwach korreliert (0.56).
- Pro Jahr wächst die Lebenserwartung in Deutschland um ca. 2.5 Monate
- In 10 Jahren wächst die Lebenserwartung voraussichtlich in Deutschland um ca. 2 Jahre.
- Ein Wachstum der Lebenserwartung um ca. 2 Jahre ist in etwa mit einer Steigerung der Gesundheitskosten um ca. 75% verbunden.



OECD Health Data 2007

Gesundheitskosten versus Lebenserwartung (OECD 2009)

- Deutschland 2009 ca. 4000\$ pro Person bei einer Lebenserwartung von ca. **80 Jahren** (30% Zuwachs in 4 Jahren)
- Die Lebenserwartung ist mit den Gesundheitskosten korreliert ($R=0.69$).
- Japan, Israel und Korea wesentlich effizienter – USA wesentlich ineffizienter als Deutschland.
- **In 2020** wird eine Lebenserwartung von ca. **82 Jahren** prognostiziert.
- Folgt man dem Trend werden die Gesundheitskosten in den kommenden **10 Jahren um ca. 70% pro Person** steigen.
- Der demographischer Wandel ist dabei nicht enthalten – insofern kann man mit einer Verdoppelung der Kosten in 10 Jahren rechnen.

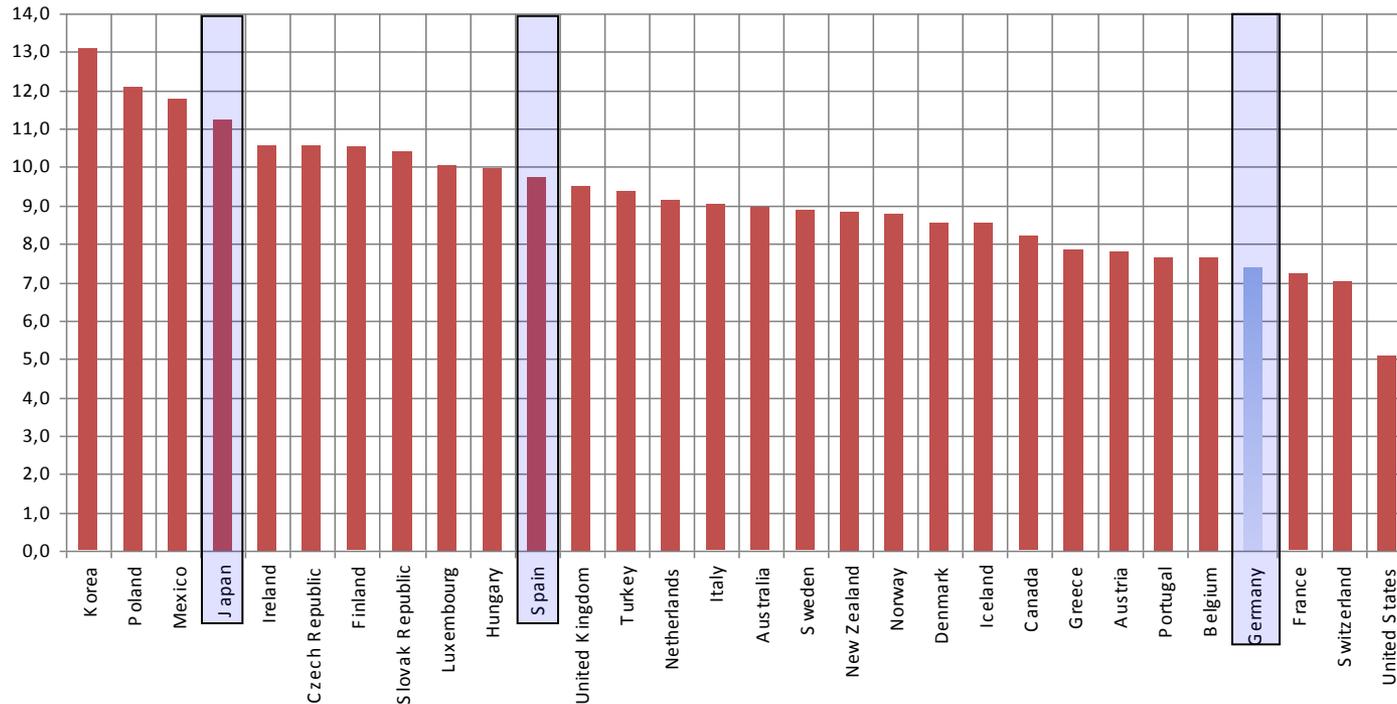


Source: OECD Health Data 2011; World Bank and national sources for non-OECD countries.

Manche Ökonomen erwarten einen Kollaps des Gesundheitssystems bis 2020

Effizienz der Gesundheitssysteme

Lebenserwartung / Gesundheitsausgaben in % des Bruttosozialprodukts

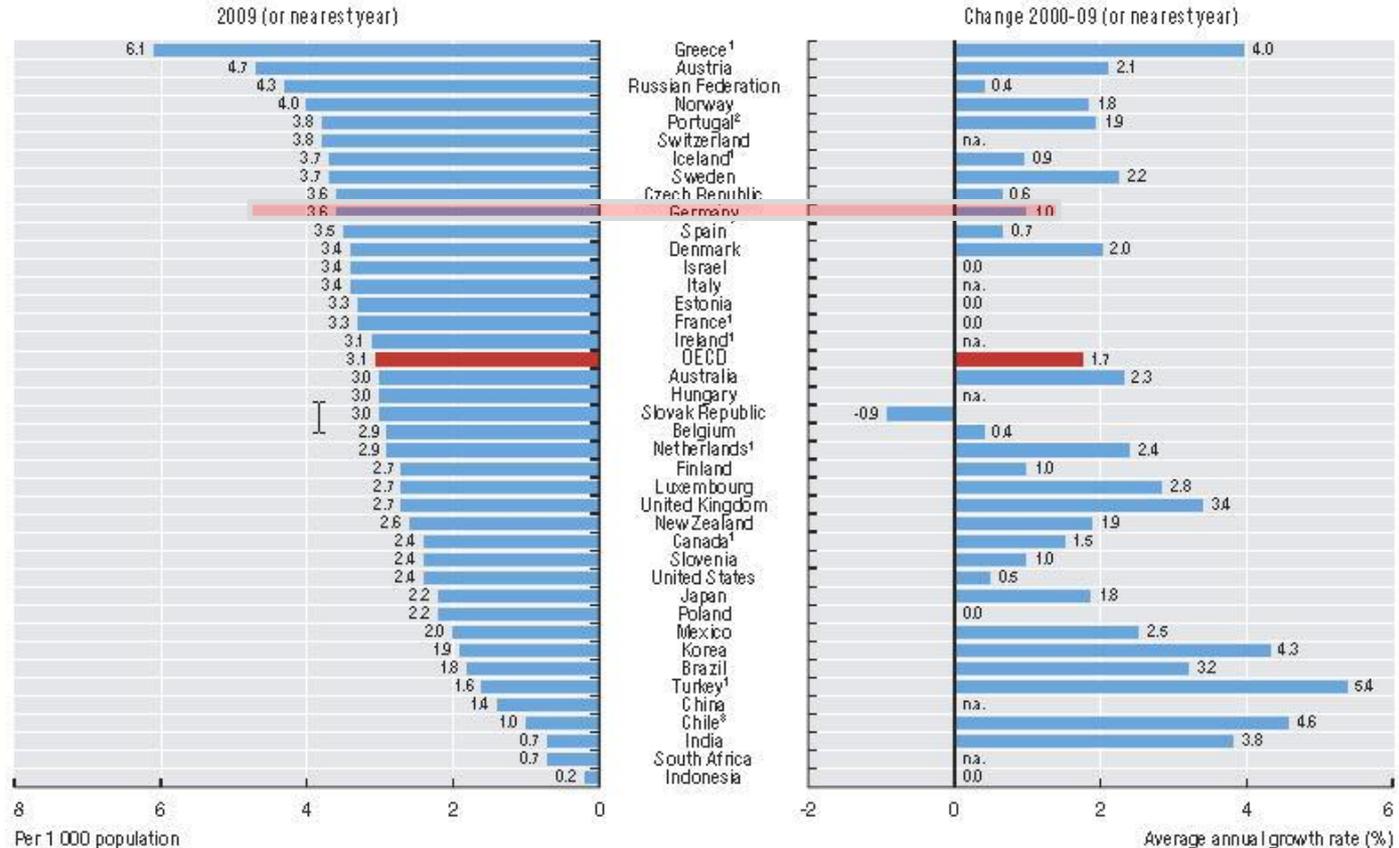


- Lebenserwartung / Gesundheitskosten in % BIP
- Vergleichsweise geringe Effizienz in Deutschland

Haben wir zu wenige Doktoren?

- Griechenland hat knapp doppelt so viele wie wir.
- Japan ungefähr 60% von uns
- Korea ungefähr die Hälfte, aber die gleiche Lebenserwartung
- Die Slowakei hat einen Rückgang an Ärzten – die sind jetzt bei uns

3.2.1 Practising doctors per 1 000 population, 2009 and change between 2000 and 2009



1. Data include not only doctors providing direct care to patients, but also those working in the health sector as managers, educators, researchers, etc. (adding another 5-10% of doctors).
 2. Data refer to all doctors who are licensed to practice.
 3. Data for Chile include only doctors working in the public sector.

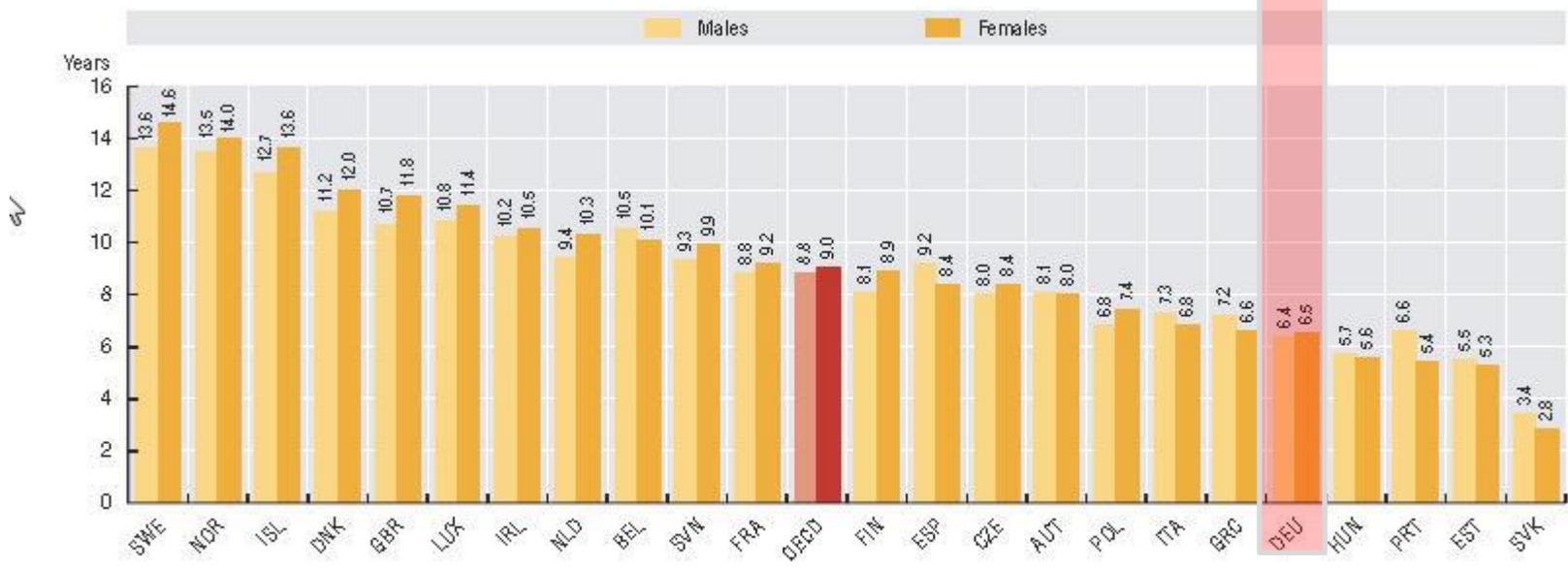
Source: OECD Health Data 2011; WHO-Europe for the Russian Federation and national sources for other non-OECD countries.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932524070>

Lebensjahre ab 65 in Gesundheit

- Vielleicht sollte ich doch noch nach Schweden auswandern?
- Die Schweden haben geringere Gesundheitskosten und eine höhere Lebenserwartung als wir.
- Die Schweden sind im Mittel nur die letzten zwei Jahre ihres Lebens krank.
- Wir dagegen im Mittel ca. 9 Jahre.

8.1.2 Healthy life years at age 65, European countries, 2009



Source: European Health and Life Expectancy Information System (EHLEIS); Eurostat Statistics Database.

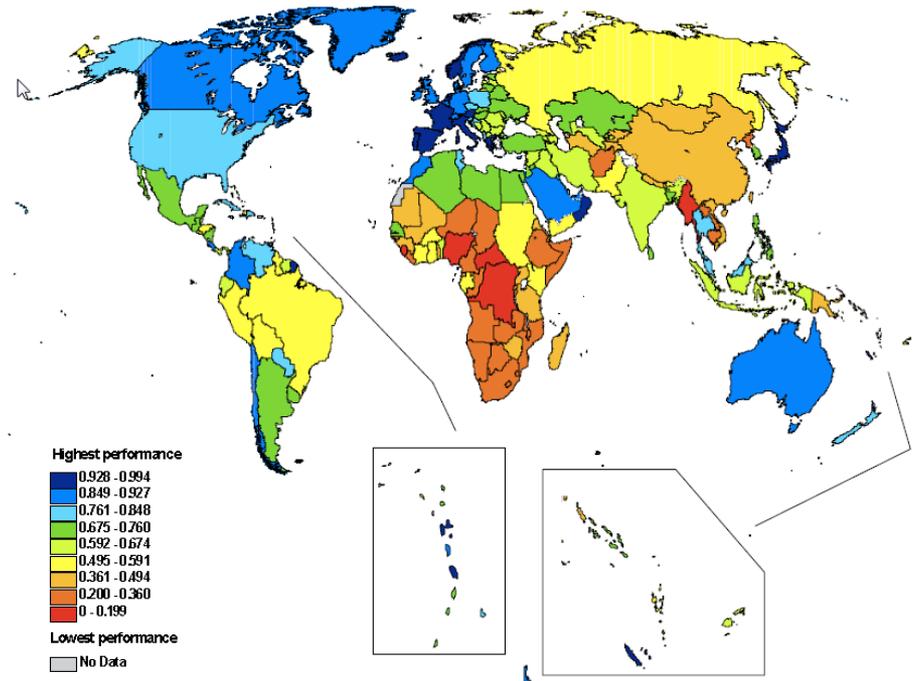
StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932526388>

WHO Effizienz Ranking (2000)

Ranking

Data from 2000 was used in the report.

Ranking	Country	Expenditure Per Capita
1	France	4
2	Italy	11
3	San Marino	21
4	Andorra	23
5	Malta	37
6	Singapore	37
7	Spain	24
8	Oman	62
9	Austria	6
10	Japan	13
11	Norway	16
12	Portugal	27
13	Monaco	12
14	Greece	30
15	Iceland	14
16	Luxembourg	5
17	Netherlands	9
18	United Kingdom	26
19	Ireland	25
20	Switzerland	2
21	Belgium	15
22	Colombia	49
23	Sweden	7
24	Cyprus	39
25	Germany	3



The boundaries and names shown and the designations used on this map do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the World Health Organization concerning the legal status of any country, territory, city or area or its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries. Dotted lines on maps represent approximate border lines for which there may not yet be full agreement. © WHO 2000. All rights reserved.

Globales Innovationsranking 2013

Global Innovation Index rankings

Country/Economy	Score (0-100)	Rank
Switzerland	66.59	1
Sweden	61.36	2
United Kingdom	61.25	3
Netherlands	61.14	4
United States of America	60.31	5
Finland	59.51	6
Hong Kong (China)	59.43	7
Singapore	59.41	8
Denmark	58.34	9
Ireland	57.91	10
Canada	57.60	11
Luxembourg	56.57	12
Iceland	56.40	13
Israel	55.98	14
Germany	55.83	15

Norway	55.64	16
New Zealand	54.46	17
Korea, Rep.	53.31	18
Australia	53.07	19
France	52.83	20
Belgium	52.49	21
Japan	52.23	22
Austria	51.87	23
Malta	51.79	24
Estonia	50.60	25
Spain	49.41	26
Cyprus	49.32	27
Czech Republic	48.36	28
Italy	47.85	29

Fazit

- Demographisches Problem seit 35 Jahren bekannt
 - Maßnahmen wurden erst ab ca. 2009 ergriffen (Kita Ausbau, Erleichterung der Zuwanderung)
- Gesundheitswesen das 3. teuerste, aber nur Platz 25 Effizienz Ranking (hohe Gesundheitskosten schwächen die internationale Wettbewerbsfähigkeit durch zu hohe Lohnnebenkosten)
 - Zu viele und zu teure Ärzte (Niedergelassene)
 - Zu teure Medikamente
 - Zu wenig und zu schlecht bezahltes Pflegepersonal
 - Fehlsteuerung durch falsche Anreizsysteme
- Ohne Veränderung wird das System nicht bezahlbar bleiben
- **Was tun?** Politische Maßnahmen wären nötig und könnten auch Abhilfe schaffen, sind aber politisch schwer durchzusetzen
 - Abschaffung der Beitragsbemessungsgrenze und Hinzuziehung aller Einkommensarten => Absenkung der KV auf ca. 8% => ca. 1 Mio. Arbeitsplätze mehr
 - Finanzielle Anreize für Leistungserbringer und Versicherte zur Optimierung der Gesundheit (=> Gesundheit messen und überwachen)