

Tschernobyl Reaktor 4 nach dem Unfall









Krebs in der Schweiz infolge Tschernobyl ?

Berechnung der anhand Kollektivdosis

- Dr.W.Zeller, BAG, 2006; Switzerland and Chernobyl:
Durchschnittliche Strahlendosis (1986 – 2006) pro Person in CH infolge von Tschernobyl: 0.53mSv
- 7 Millionen Einwohner → ***Kollektivdosis 3710 Sv***
- ERR für Krebsmortalität von 11% pro Sv (gemäss UNSCEAR) → + 400 Krebstote in CH →
- **+ 800 Krebserkrankungen in CH wegen Tschernobyl (...mindestens...)**



Computertomographie und Krebsrisiko – eine Standortbestimmung

Dr.med.C.Knüsli, Basel

Innere Medizin FMH, speziell Onkologie

Vorstandsmitglied PSR / IPPNW Schweiz

Forum Medizin und Umwelt am 26. April 2012 in Solothurn

Inhalt

- CT-Epidemie – Zahlen – Strahlendosen
- Seit wann gilt ionisierende Strahlung in der Medizin als gefährlich ?
- Krebsrisiko durch CT gemäss BEIR VII 2006
- Die CT-Technik reagiert – Strahlendosen deutlich reduziert
- Nachgefragt: Ist BEIR VII zur Beurteilung des Krebsrisikos durch ionisierende Strahlen verlässlich?
- Schlussfolgerungen zu CT, Krebs und low dose radiation

CT



CT – einige Facts

- Prinzip:
 - multiple Schichtröntgenaufnahmen +
 - computerisierte Berechnung
- Erster klinischer CT (EMI): 1972
- Revolution der medizinisch-diagnostischen Bildgebung
- Hounsfield + Cormack: Nobelpreis 1979
- Nachteil: Belastung durch ionisierende Strahlen
(Photonenstrahlung)

Tierspital UZH - CT in der Veterinärmedizin: Sinusitis frontalis bei einer Kuh



CT-Strahlendosis und Vergleich zu anderen diagnostischen Methoden

• CT Abdomen	10 mSv (Erwachsener) 25 mSv (Neugeborenes)
• CT Schädel	13 mSv (Erwachsener) 65 mSv (Neugeborenes)
• Thoraxröntgen	pa 0.01 mSv lat. 0.15 mSv
• Abdomen-Leeraufnahme	0.25 mSv
• Magendarmpassage	15 mSv
• Ganzkörper PET	7 -10.5 mSv

(MRI, Ultraschall keine Strahlenbelastung)

Ps. Natürliche Hintergrundstrahlung: ca. 3 – 5 mSv / Jahr

Krebs durch CT in den USA

- 1980: 3 Millionen CT-Untersuchungen
- 2007: 70 Millionen CT-Untersuchungen
- 1/3 davon ist nicht notwendig
- Schätzung **Anzahl Krebsfälle USA 2007 infolge CT-Untersuchungen 29 000**, davon 66% bei Frauen
- davon 50% durch CT Abdomen / Becken
- Basis für *Berechnungen* gemäss BEIR VII

→ Aufwand vs. Nutzen ... medizinische Indikation !

Lit: Berrington de Gonzales, Arch Int Med. 2009 Dec 14;169(22):2071-7

CT in der Pädiatrie

- USA: Pro Jahr 6 Millionen pädiatrische CTs
- → In USA pro Jahr 2500 Todesfälle durch Krebs wegen pädiatrischen CTs errechnet
- (Ps. CT in der Appendicitis - Diagnostik führt nicht zur Erniedrigung der Anzahl normaler resezierter Appendices – klinische Beurteilung durch den Chirurgen ist für accuracy ausschlaggebend)

Lit. : Brenner D.; www.columbia.edu/~djb3

Die CT-Technik reagiert – Strahlendosen deutlich reduziert ...

- Neueste Entwicklungen – Europäischer Radiologenkongress 29.2.2012, Wien:
- „Ultra low dose CT“



- Reduktion von Strahlendosis auf **0.4 mSv** durch iterative Berechnung, Rauschminderung
- Allerdings noch lange Rechenzeiten – bis zu 1 Stunde (Modell General Electrics)
- Experten: Johann de Mey, Universität Brüssel
Franz Kainberger, Universität Wien

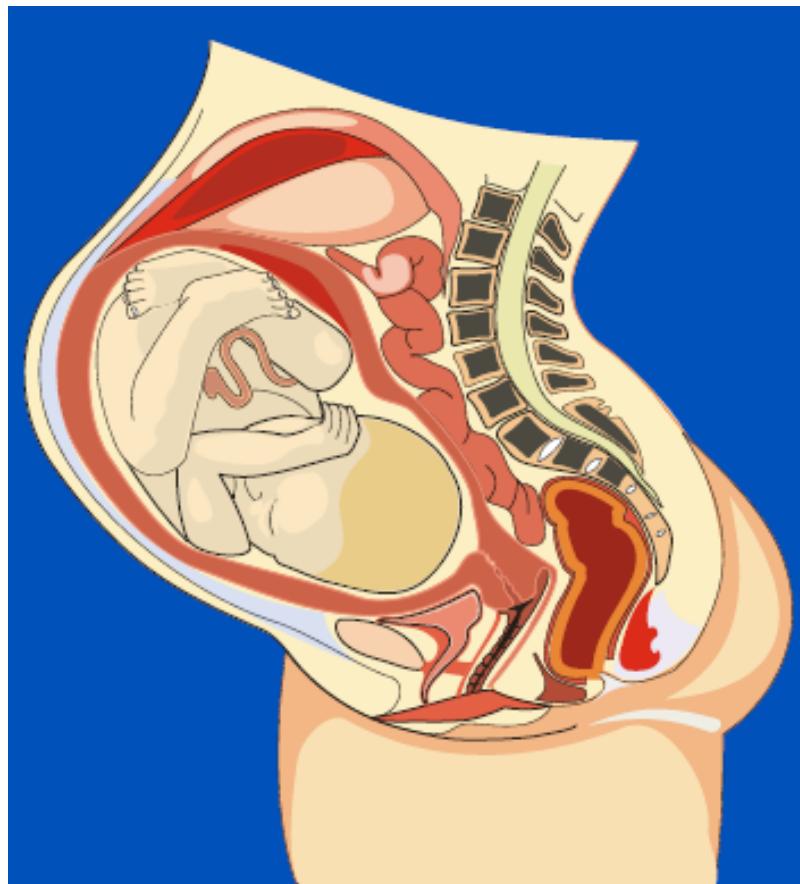
Krebs durch ionisierende Strahlung aus CTs – Probleme gelöst?

- Kritische Indikationsstellung zentral!
- Serien-CTs nach wie vor belastend...
- Neue Geräte teurer – noch wenig leistungsfähig (Untersuchungen / Zeit)

Krebs durch ionisierende Strahlung aus CTs – Probleme gelöst?

- Kritische Indikationsstellung zentral!
- Serien-CTs nach wie vor belastend...
- Neue Geräte teurer – noch wenig leistungsfähig (Untersuchungen / Zeit)
- und:
... wie gefährlich ist low dose radiation tatsächlich?

Seit wann gilt ionisierende Strahlung in der Medizin als gefährlich?



Dr. Alice Stewart (1906 - 2002)

Epidemiologin

- ... bewies, dass Strahlenexposition und Krebs kausal verknüpft sind.
- ... stellte über mehr als 40 Jahre die offiziellen Schätzungen für das Strahlenrisiko in Frage
- ... zwang wissenschaftliche und politische Autoritäten wiederholt zur Revision liebgewordener Lehrmeinungen und zu mehr Offenheit
- ... zeigte mit ihren Untersuchungen an den Arbeitern in den Nuklearwaffen-Fabriken in den USA ein 10 - 20mal höheres Gesundheitsrisiko auf als nach den damals gültigen internationalen Strahlenschutzvorschriften angenommen wurde.

Dr. Alice Stewart brauchte viel Geduld...

- ... sie alarmierte die Ärzteschaft in England 1958 mit ihrer Publikation zu Leukämiehäufigkeit bei Kindern von Schwangeren, die in der SS geröntgt wurden :

„..... Overall, children who were exposed to radiation in utero had about a 40% greater risk of cancer than children who were not exposed“

- ... dies wurde erst in den 1970-er Jahren anerkannt !

→ **Heutiger Strahlenschutz ist langwieriger Prozess mit intensiven Auseinandersetzungen**

(Lit. : Bithell and Stewart, Br J of Cancer 1975 March 31(3):271-87. Prenatal irradiation and childhood malignancy: a review of British data from the Oxford Survey

Krebserkrankungsrisiko durch ionisierende Strahlen abhängig von...

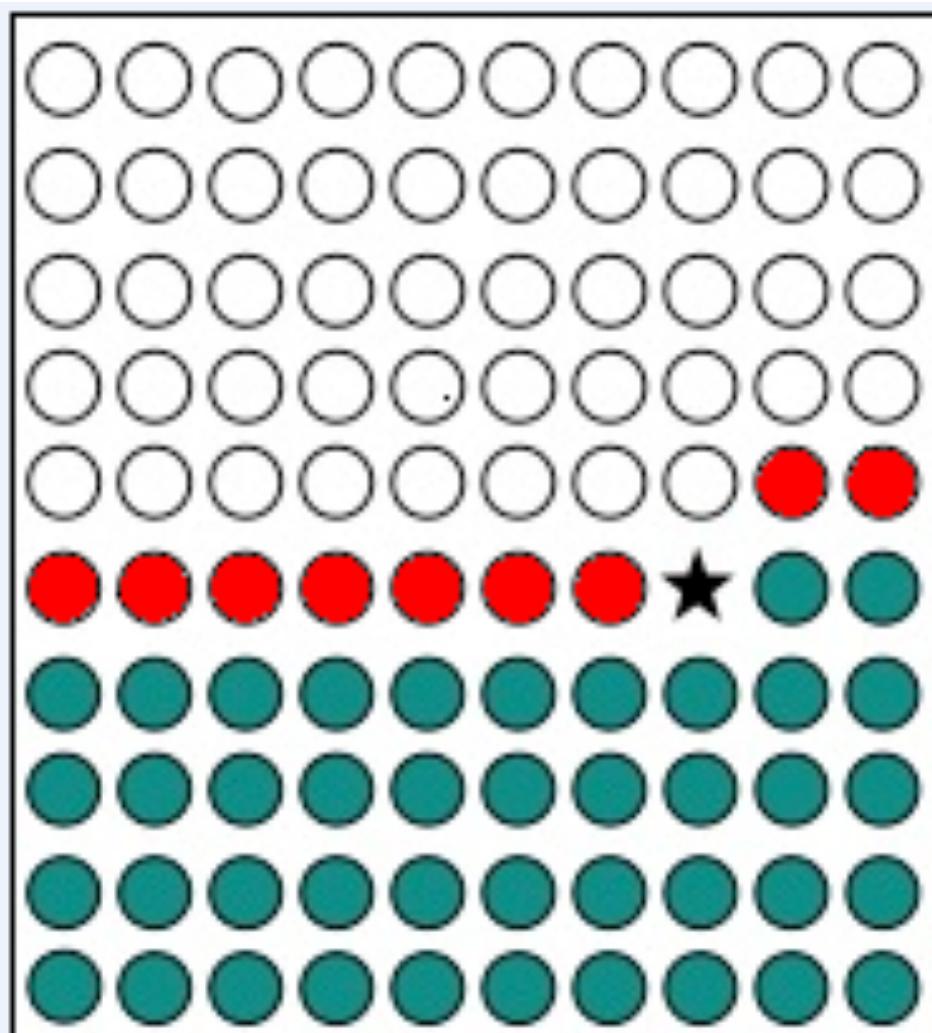
- Alter bei Exposition,
- Absorbierte Gesamtkörperdosis,
- Absorbierte Einzelorgandosis
- Strahlenart
- (Geschlecht)
- ... vor allem gemäss Beobachtungen („Life Span Study“) bei Atombomben-Überlebenden in Japan 1945

BEIR VII 2006

- Biologic Effects of Ionizing Radiation *report*
- Aktuell geltender Standard
- LNT - Linear no threshold Hypothesis - ist gültig
→ **es gibt keine Schwellendosis**
- Auch kleinste Dosen ionisierender Strahlung sind kanzerogen, z.B. im Bereich von 10 mSv bei Bestrahlung des Foetus in utero

Lit. Committee to Assess Health Risks from Exposure to Low Levels of Radiation, National Research Council USA: Health risks exposure to low levels of ionizing radiation: BEIR VII phase 2. Washington DC: National Academics, 2006

BEIR VII: Krebsincidenz bei 100 mSv und bei 1 Sv



- 42 von 100 Menschen erkranken *spontan* im Verlaufe des Lebens an Krebs
- Wenn 100 Menschen einmalig mit je **100 mSv** bestrahlt werden, erkrankt **1** zusätzlich an Krebs
- Wenn 100 Menschen einmalig mit je **1000 mSv = 1 Sv** bestrahlt werden, erkranken **10** zusätzlich an Krebs

= spontane Fälle
 + = zusätzliche Fälle

BEIR VII: Krebs durch niedrige Dosen ionisierender Strahlung

- Bei Bestrahlung von 100 Personen mit jeweils 1 Sv erkranken 52 statt 42 während ihres Lebens an Krebs
- Hazard Ratio (HR) für 1 Sv = $52 / 42 = 1.238$
- **ERR Excessives Relatives Risiko für Krebserkrankung** = 0.238 pro Sievert = **23.8% / Sv**
- **ERR Excessives Relatives Risiko für Krebsmortalität** = ca. 0.115 pro Sievert = **11.5% / Sv**

Krebsrisiko durch eine *einmalige* CT-Untersuchung:

- Modellberechnungen für Lungenemboliediagnostik, Kardio-CT
- Geschätzte effektive Dosis: **12.4 – 31.8 mSv**
- LAR: Lifetime attributable cancer risk (**ERR gemäss BEIR VII**) :
 - Mammakarzinom-Incidenz: Relatives Risiko für Mädchen und Frauen: 1.004 – 1.042 (... 0.4 bis 4.2 %)
 - Lungenkarzinom-Incidenz: Relatives Risiko für Männer und Frauen: 1.005 – 1.076 (... 0.5 bis 7.6%)
- Strahleninduziertes Krebsrisiko abhängig von **Protokoll** und **Alter bei CT-Untersuchung**: Besonders gefährdet sind 15 – 25 jährige Mädchen und Frauen

Lit. Hurwitz et al. Radiology: Vol 245: No 3 – Dec 2007; p 742-750 (Dukes University North Carolina). <http://radiology.rsna.org/content/245/3/742.full.pdf+html>

Zentrale Streitfrage bei der Abschätzung des Krebsrisikos durch ionisierende Strahlen:

Welches ERR / Sv ist korrekt?

- BEIR VII: 24% / Sv ist Durchschnittswert für LAR (Lifetime Attributable Risk) für verschiedene Tumoren, Altersklassen und Alter bei Exposition
- Ist das in BEIR VII angegebene ERR für Krebsinzidenz von 24% / Sv verlässlich?

→ ***Mehrere Studien fanden deutlich höhere ERR / Sv***

Tabelle 1.

Vergleich des Krebsrisikos durch ionisierende Strahlung (Inzidenz; Mortalität), verschiedene Quellen (ERR = Exzessives Relatives Risiko pro Sv; **Publiziertes Risiko**, *rechnerisches Risiko: Krebsmortalität entspricht halber Krebsinzidenz*)

Studie / Institution / Autor	ERR Krebsmortalität	ERR Krebsinzidenz
UNSCEAR (2000)	11% / Sv	(22% / Sv)
BEIR VII (2006)	11.5% / Sv	24% / Sv

Tabelle 1.

Vergleich des Krebsrisikos durch ionisierende Strahlung (Inzidenz; Mortalität), verschiedene Quellen (ERR = Exzessives Relatives Risiko pro Sv; **Publiziertes Risiko**, *rechnerisches Risiko: Krebsmortalität entspricht halber Krebsinzidenz*)

Studie / Institution / Autor	ERR Krebsmortalität	ERR Krebsinzidenz
UNSCEAR (2000)	11% / Sv	(22% / Sv)
Nuclear Workers (Cardis 2005)	97% / Sv	(200% / Sv)
BEIR VII (2006)	11.5% / Sv	24% / Sv

Tabelle 1.

Vergleich des Krebsrisikos durch ionisierende Strahlung (Inzidenz; Mortalität), verschiedene Quellen (ERR = Exzessives Relatives Risiko pro Sv; **Publiziertes Risiko**, *rechnerisches Risiko: Krebsmortalität entspricht halber Krebsinzidenz*)

Studie / Institution / Autor	ERR Krebsmortalität	ERR Krebsinzidenz
UNSCEAR (2000)	11% / Sv	(22% / Sv)
Nuclear Workers (Cardis 2005)	97% / Sv	(200% / Sv)
BEIR VII (2006)	11.5% / Sv	24% / Sv
Japan Life Span (Preston 2007)	(38% / Sv)	75% / Sv

Tabelle 1.

Vergleich des Krebsrisikos durch ionisierende Strahlung (Inzidenz; Mortalität), verschiedene Quellen (ERR = Exzessives Relatives Risiko pro Sv; **Publiziertes Risiko**, *rechnerisches Risiko: Krebsmortalität entspricht +/- halber Krebsinzidenz*)

Studie / Institution / Autor	ERR Krebsmortalität	ERR Krebsinzidenz
Thyroid Cancer Study (Ron 1995)	?	770% / Sv
U.S. Scoliosis Cohort (Doody 2000) Breast cancer	540% / Sv	> 1000% / Sv
UNSCEAR (2000)	11% / Sv	(22% / Sv)
Nuclear Workers (Cardis 2005)	97% / Sv	(200% / Sv)
BEIR VII (2006)	11.5% / Sv	24% / Sv
Japan Life Span (Preston 2007)	(38% / Sv)	75% / Sv
Cardiac Imaging (Eisenberg 2011)	(150% / Sv)	300% / Sv
FU Testicular Cancer (JCO 2012)	-----	-----

Krebs durch ionisierende Strahlung – unterschätzt BEIR VII das Risiko ?

Quelle	ERR Krebsmortalität
Nuclear Workers (Cardis 2005) - 400 000 AKW-Mitarbeiter - Durchschnittsdosis 20 mSv	97% / Sv
BEIR VII (2006)	11.5% / Sv
→ Diskrepanz von nahezu Faktor 10 !?	

BEIR VII (2006)

- = Basis für die meisten neuen Arbeiten zu low dose radiation risk im Kontext der radiologischen Diagnostik, **aber** :
- Risikoberechnungen für LAR (Lifetime Attributable Risk) primär für **japanische Bevölkerung** berechnet
- **Unsicherheiten der Risikomodelle**: Stichprobenerhebung? Dosimetrie (Schätzungen!)? Möglichkeit von Fehldiagnosen? Einmalige versus wiederholte Exposition?
- Form der Dosiswirkungskurve unterhalb von 100 mSv?
- Effekte verschiedener Strahlenarten vergleichbar?
 - Atombombe: Gammastrahlen (3 MeV), Neutronenstrahlung
 - Radiodiagnostik: Röntgenstrahlung in CT: 120-140kV

BEIR VII (2006) und Nuclear Workers Study (Cardis 2005): Diskrepanzen

- BEIR VII: basiert mehrheitlich auf Life Span Study (Japan)
- Japan (Life Span Study): Dosen **geschätzt** - Nuclear Workers-Study Strahlendosis **gemessen**
- BEIR VII: Nuclear Worker Study wird unvollständig zitiert (...p. 336)
- BEIR VII: geht nicht auf das deutlich höhere ERR in der Studie von Cardis ein
- BEIR VII: Vernachlässigung des Unterschieds Krebsmortalität vs. -inzidenz bei Cardis - Studie

Krebsrisiko durch CT: Schlussfolgerungen I

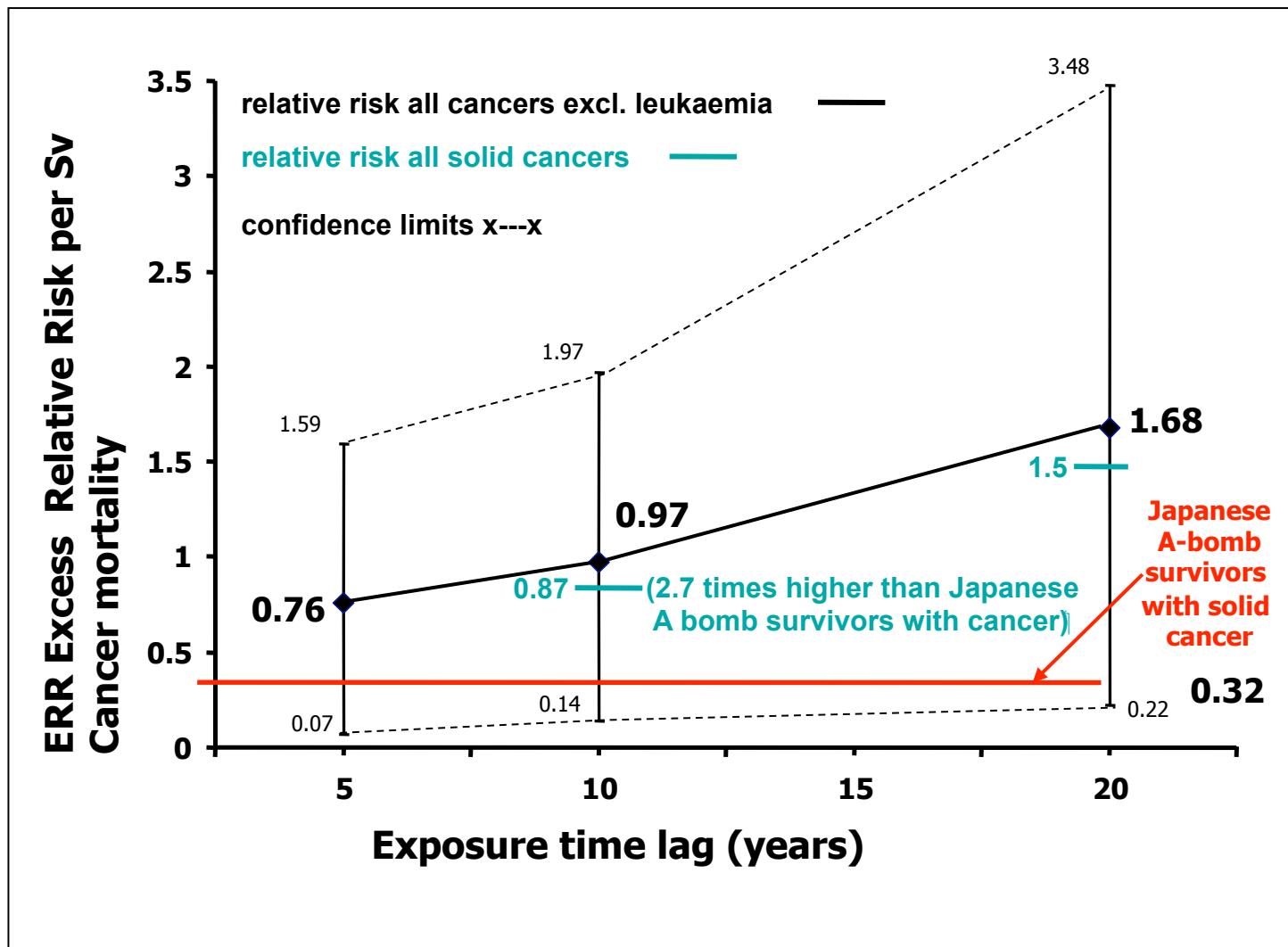
- Die CT-Diagnostik verursacht bis anhin >50% der medizinischen Strahlenbelastung in der Bevölkerung
- Die ionisierende Strahlung durch CT dürfte mindestens 2% aller Krebsfälle verursachen
- Kinder sind durch CT-Untersuchungen besonders gefährdet
- Das Krebsrisiko durch CT-Untersuchungen wird bei den Radiologen sowie bei der Bevölkerung zunehmend ernst genommen
- Innerhalb weniger Jahre hat die CT-Technik zu einer massiven Reduktion der Strahlendosis (1 bis 2 Zehnerpotenzen) beigetragen

Krebsrisiko durch CT: Schlussfolgerungen II

- Die Indikation für alternative Verfahren zu CT, die keine ionisierende Strahlung verwenden (Sonographie, MRI) soll bei jedem Patienten systematisch geprüft werden
- Studien zur Krebshäufigkeit nach CT-Untersuchungen sind praktisch noch inexistent – bei der Hodentumornachsorge mittels CT liess sich bisher keine Zunahme der Krebsinzidenz beobachten
- ***Die aktuelle Berechnungsgrundlage des Krebsrisikos durch ionisierende Strahlen gemäss BEIR VII ist mit Unsicherheiten behaftet – mehrere Studien fanden de facto ein über 10-fach höheres Risiko als BEIR VII***
- Eine systematische Erfassung der kumulativen Strahlendosis bei medizinisch strahlenexponierten Personen ist sinnvoll

**Estimate of excess relative risk per Sv [95% CI] of low radiation dose
for mortality from (solid) cancer in a cohort of 400'000**
nuc

Nuclear workers (IARC Lyon, E.Cardis BMJ 9 July 2005: Vol. 331; p.77-80)



Krebsinzidenz und Krebsmortalität

- CH: Nationales Krebsprogramm 2005–2010:
 - 31 000 neue Krebsfälle pro Jahr
 - 15 000 Krebstote pro Jahr
- → ca. 48.4 % der Krebskranken sterben an ihrer Krebserkrankung
- → in CH und USA (alle Krebserkrankungen):
Krebsinzidenz = ca. 2 x Krebsmortalität