Neueste Erkenntnisse

Wolfgang-Ulrich Müller
Institut für Medizinische Strahlenbiologie
Universitätsklinikum Essen

Aktuell intensiv diskutierte Themenbereiche im medizinischen Strahlenschutz

- Wirkungen kleiner Dosen
- Katarakt
- Cardiovaskuläre Strahleneffekte
- Alters- und Geschlechtsabhängigkeit der Strahlenempfindlichkeit
- Individuelle Strahlenempfindlichkeit allgemein

Wirkungen kleiner Dosen

Was sind „kleine Dosen“?

UNSCEAR 1986:

- **Locker ionisierende Strahlung (Röntgen, gamma, beta):**

  Dosen unterhalb von 200 mGy

- **Dicht ionisierende Strahlung (alpha, Neutronen):**

  Dosen unterhalb von 50 mGy

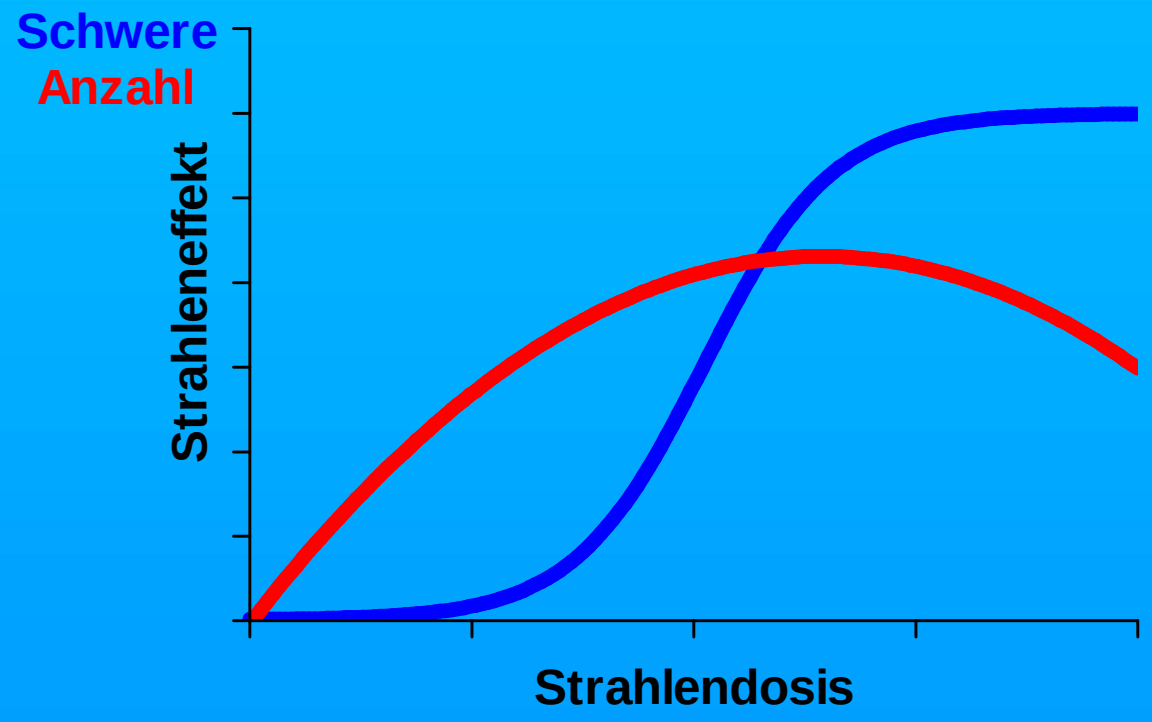
In diesem Vortrag:

- **einige mSv bis einige 10 mSv**

Schwellendosis für stochastische Effekte ja/nein?

Stochastische und deterministische Effekte

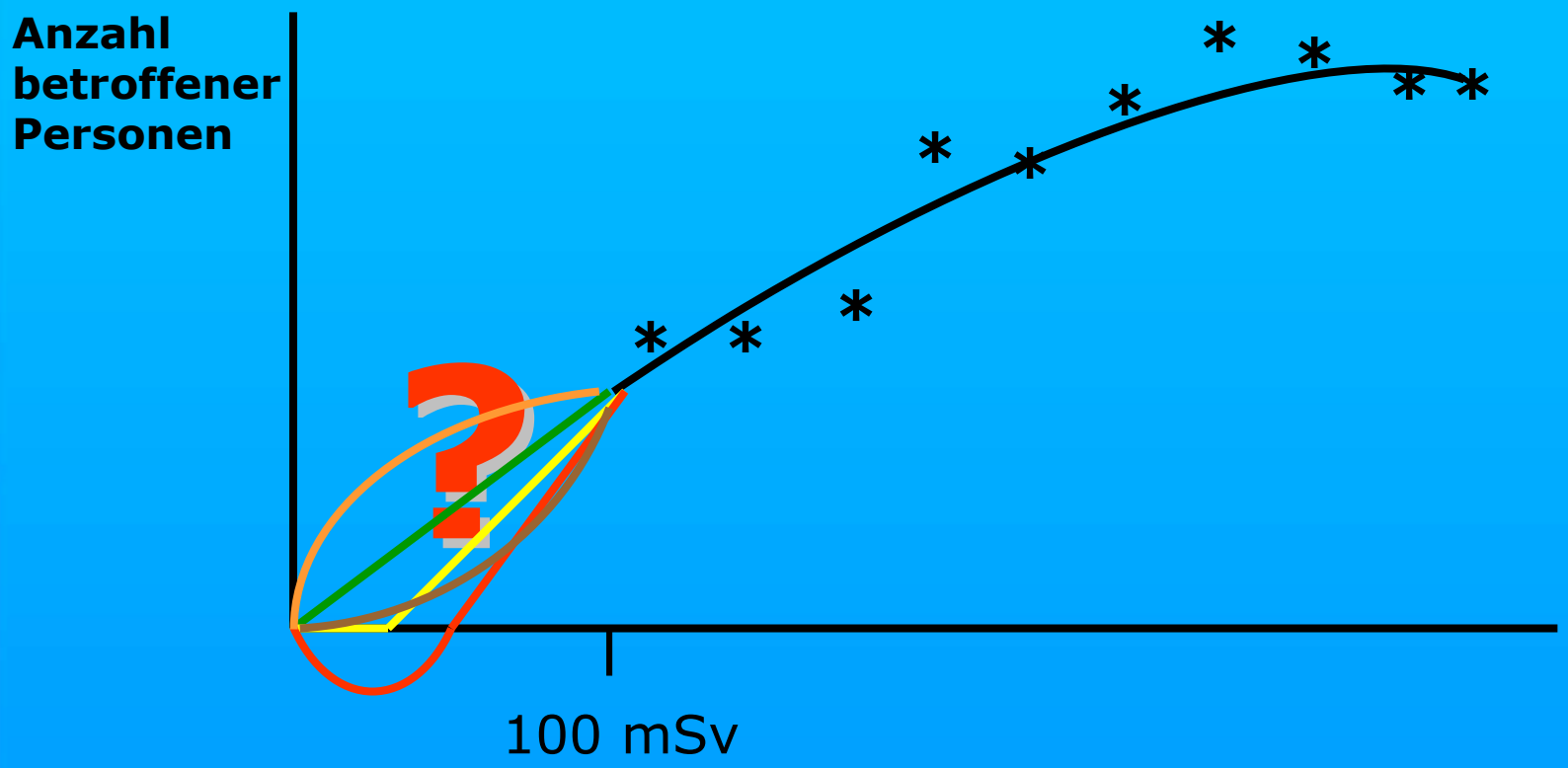
Dosis-Effekt-Beziehungen



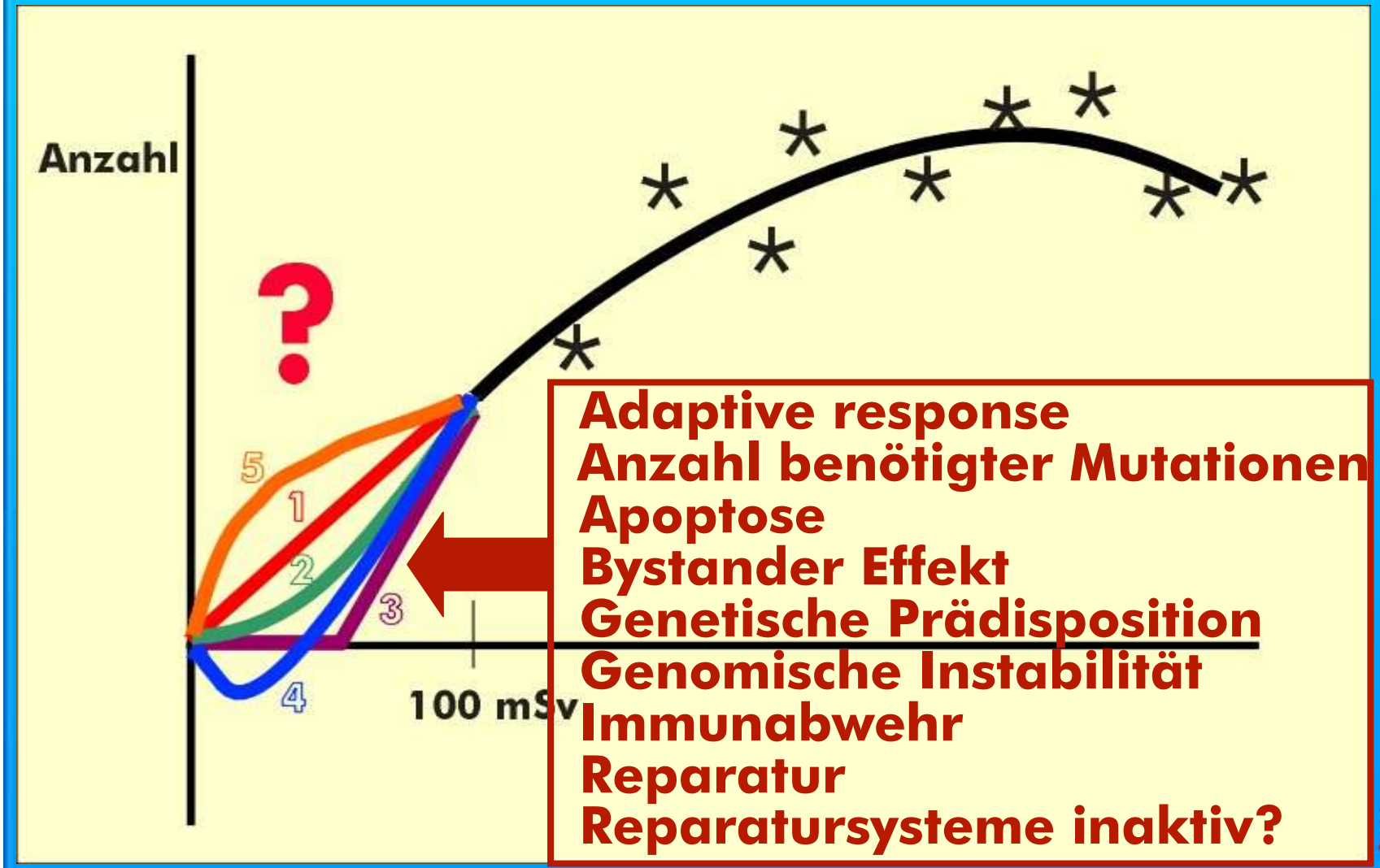
deterministischer Effekt
(erfordert sehr viele geschädigte (=getötete) Zellen)

stochastischer Effekt
(erfordert eine geschädigte (=veränderte) Zelle)

Ein bekanntes Problem

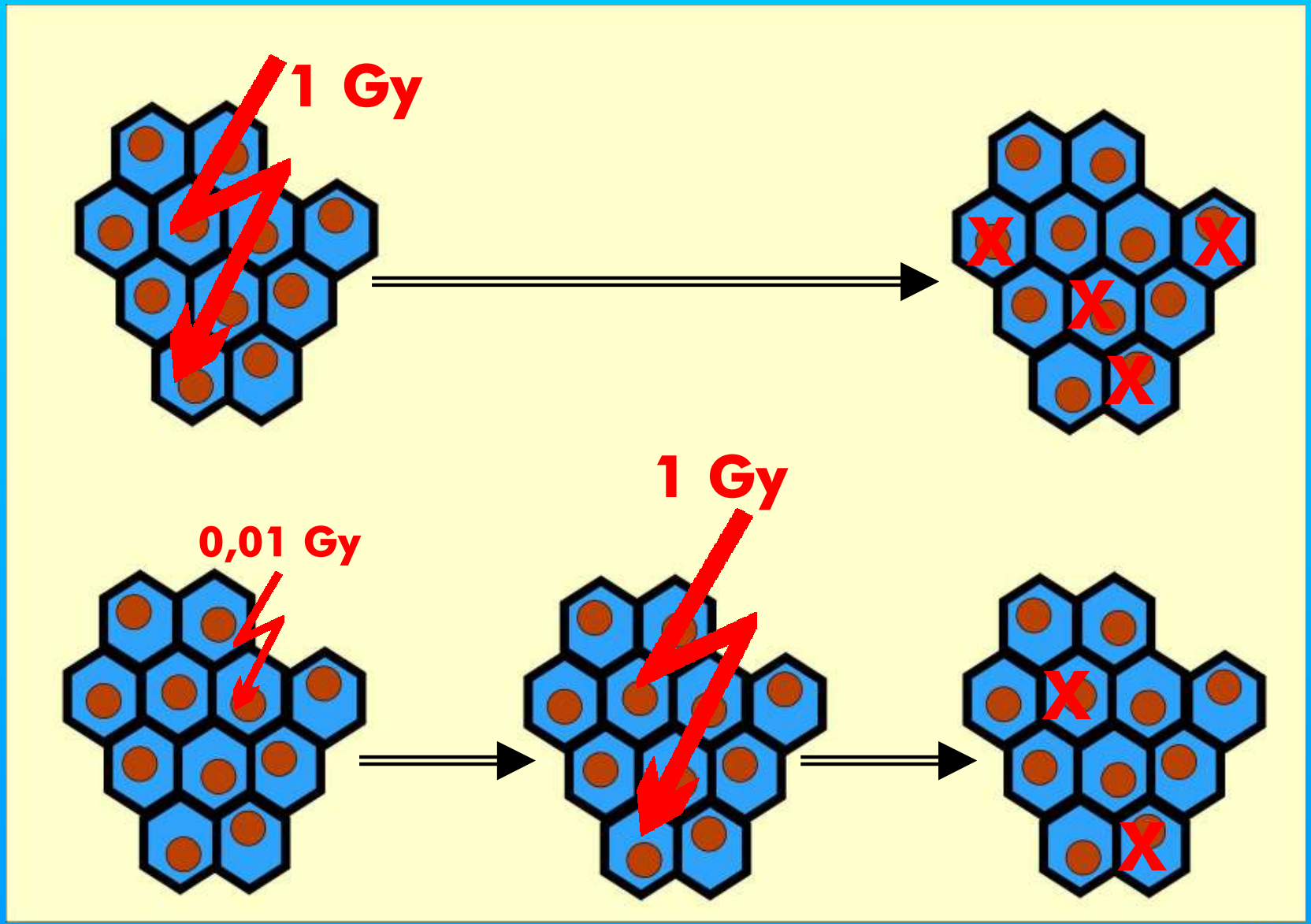


Mögliche Lösung des Problems: Ermittlung der biologischen Mechanismen

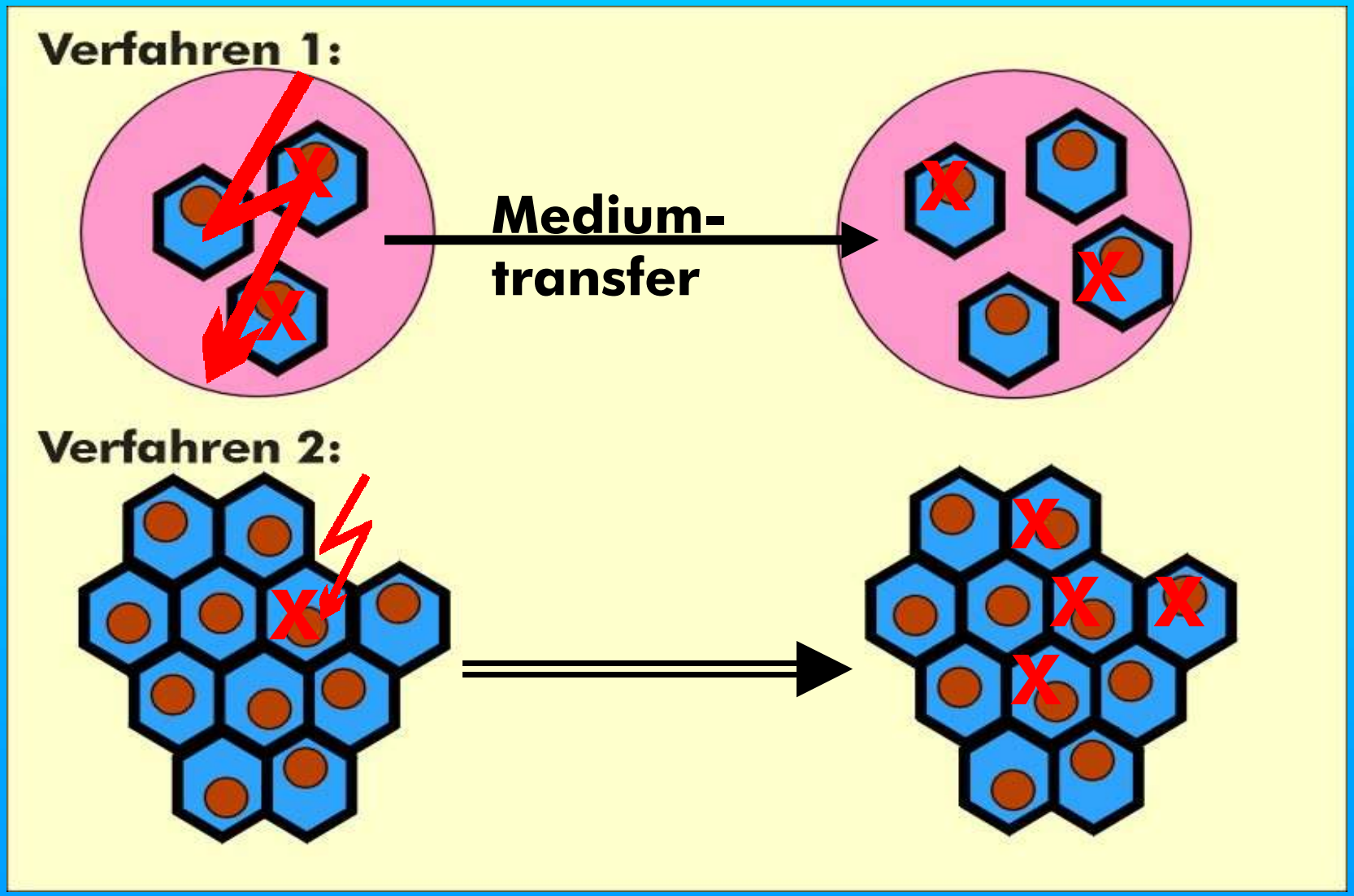


Adaptive response
Anzahl benötigter Mutationen
Apoptose
Bystander Effekt
Genetische Prädisposition
Genomische Instabilität
Immunabwehr
Reparatur
Reparatursysteme inaktiv?

Adaptive Response



Bystander-Effekt



Katarakt (Grauer Star)

Katarakt

Problem:

- Bis vor kurzem ging man davon aus, dass eine Strahlenkatarakt nur nach Überschreiten einer Schwellendosis von wenigstens 2 Gy ausgelöst werden kann.
- Es wurde v.a. übersehen, dass die Latenzzeit mit abnehmender Dosis zunimmt.
- Analysen zeigen nun, dass für den Fall, dass überhaupt eine Schwellendosis existiert, sie etwa 10x niedriger ist, als bisher angenommen.

Das Herz-Kreislauf-Problem

Herz-Kreislauf-Effekte nach Strahleneinwirkung

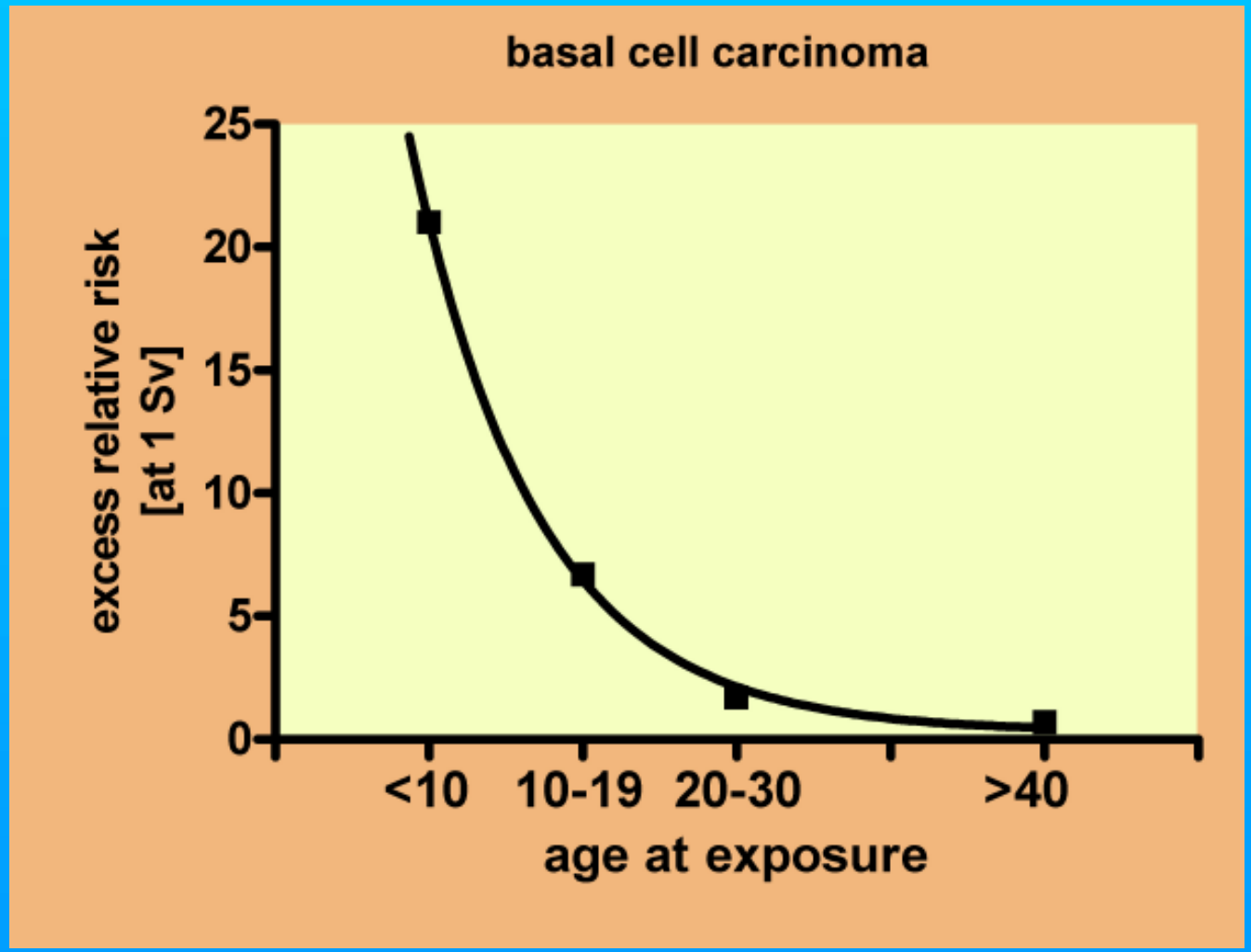
- Bis vor kurzem nahm man an, dass Herz-Kreislaufprobleme nur nach sehr hohen Strahlendosen zu erwarten sind.
- Die neuesten Daten aus Hiroshima und Nagasaki zeigen, dass zumindest bis hinunter zu 0,5 Gy Effekte auf das Herz-Kreislaufsystem nachweisbar sind.

Abhängigkeit der Strahlenempfindlichkeit vom Alter

Beispiele für spezifische Altersgruppen mit erhöhter Strahlenempfindlichkeit im Vergleich zu Personen mittleren Alters

- Leukämie (Fetus)
- Schilddrüsenkrebs (Kinder)
- Basalzellkrebs (Kinder und Teenager)
- Brustkrebs (insbesondere Mädchen während der Pubertät, aber auch Frauen unter 30)
- Lungenkrebs (Personen älter als 50)

Spezifisches Beispiel für Altersabhängigkeit: Basalzellkrebs



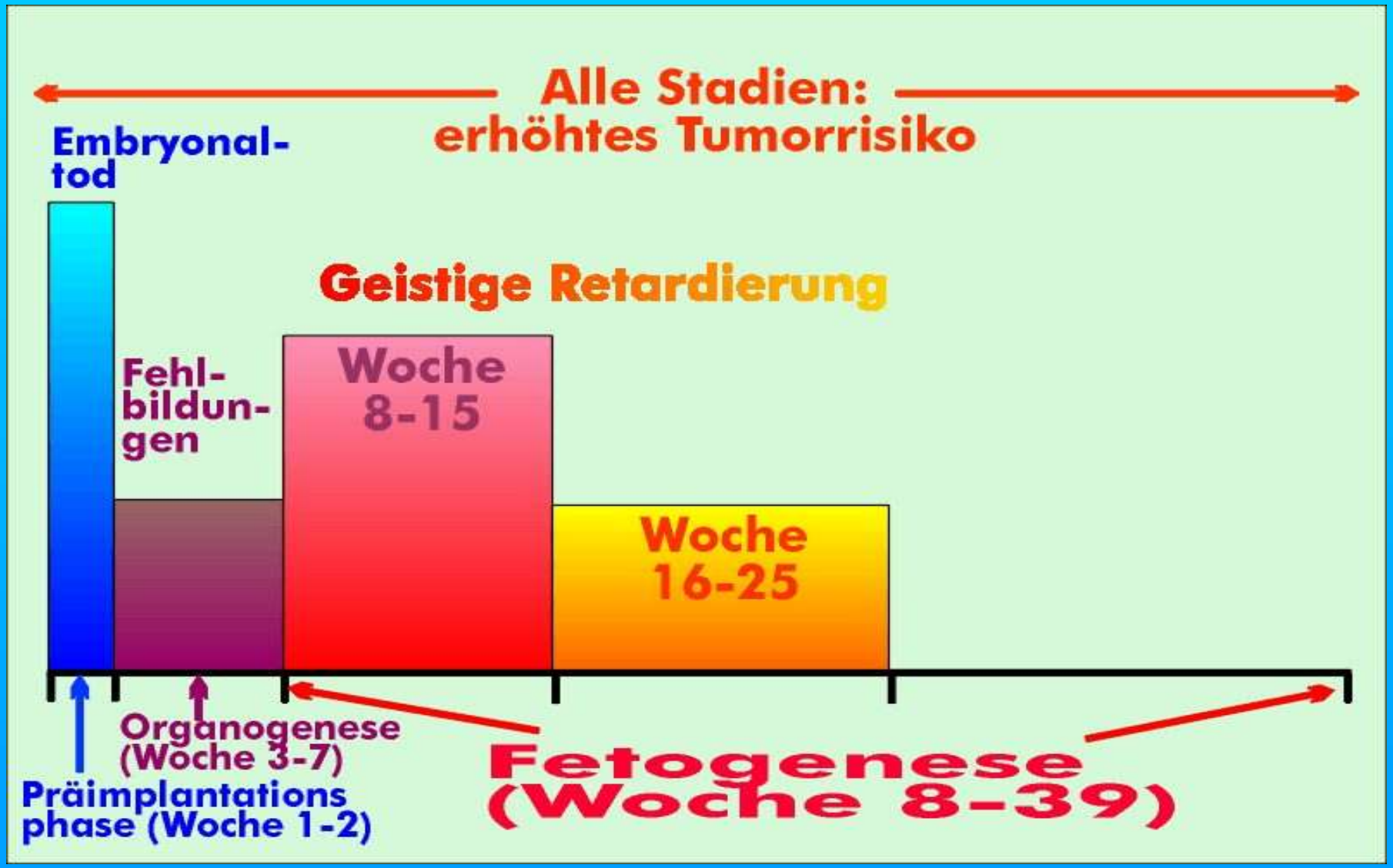
Quelle: UNSCEAR 2000, Annex I, S. 422

Abhängigkeit der Strahlenempfindlichkeit vom Geschlecht

Dieses Thema wird im Teil "Absolutes und Relatives Risiko" intensiv besprochen werden.

Strahlenempfindlichkeit des Ungeborenen

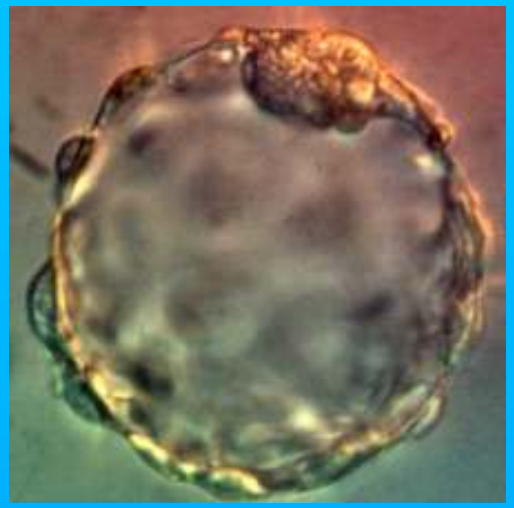
Schwangerschaftsrisiken



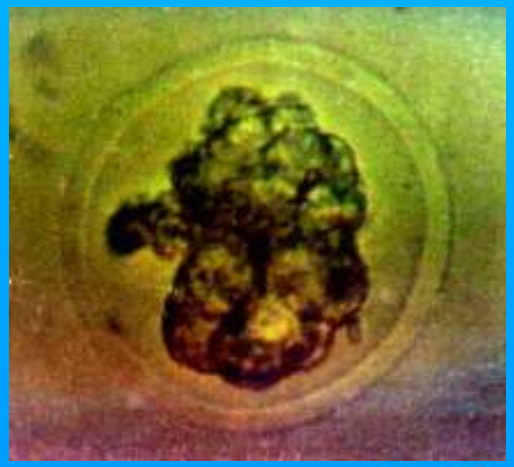
Strahlenwirkung auf die frühe Embryonalentwicklung

1 Zellembryo
(Zygote)

Normale Entwicklung
zur Blastocyste



Gestörte Entwickung
nach 2 Gy



Exencephalie

IQ-Verminderung nach in-utero-Exposition

- Es ist nicht mit Sicherheit geklärt, ob eine Schwellendosis existiert oder nicht.
- IQ-Verminderung (in Klammern unter Ausschluss schwerer geistiger Retardierung):

  8.-15. Woche: 25 (21) IQ-Punkte/Gy

  16.-25. Woche: 21 (13) IQ-Punkte/Gy

Das Hauptstrahlenproblem während der Schwangerschaft:

Das Leukämie-Risiko!

Statistisch signifikanter Effekt nach:

10 mSv!

Verdopplungsdosis:

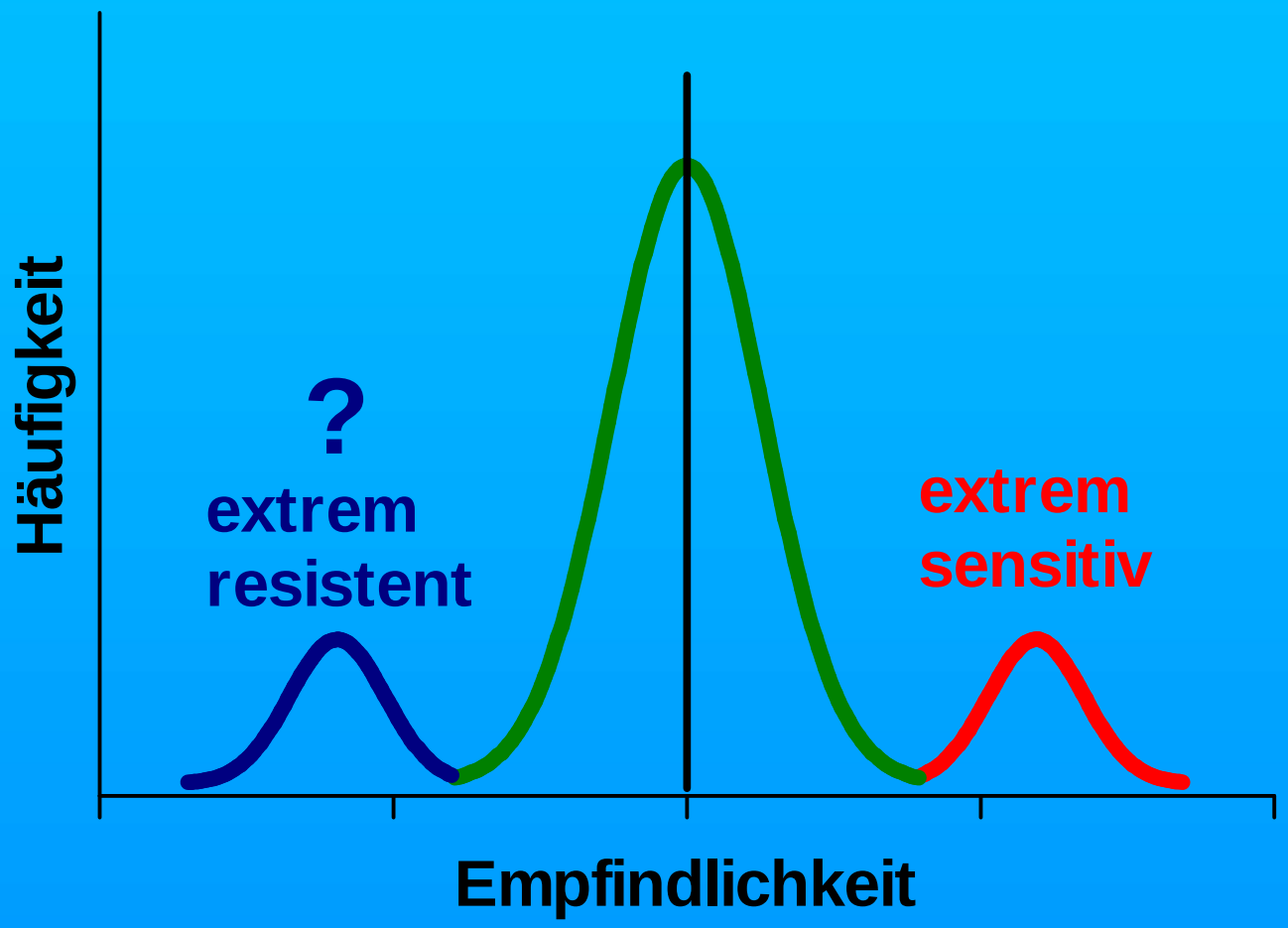
30 mSv!

Individuelle Strahlenempfindlichkeit ganz allgemein

Massive Nebenwirkungen während der Strahlentherapie

Ösophagus-Carcinom; Reaktion nach 10 Fraktionen à 2 Gy; Hautdosis max. 10 Gy

Verteilung der Strahlenempfindlichkeit in der Bevölkerung (schematisch)



Einige biologische Faktoren, die Einfluss auf die Strahlenempfindlichkeit nehmen

(in alphabetischer Reihenfolge)

- Adaptive Response
- Apoptose
- Bystander Effekt
- Enzymstatus
- Genetische Prädisposition
- Genomische Instabilität
- Hormonstatus
- Immun Kompetenz
- Reparatureigenschaften
- Sauerstoffversorgung
- Zelldifferenzierung
- Zellproliferation
- Zellwanderungen
- Zellzyklus Kontrollpunkte

Im Augenblick dient diese Liste in erster Linie dazu festzuhalten, woran man denken muss, wenn es um die Frage der individuellen Strahlenempfindlichkeit geht.

Zusammenfassung (1)

1. Die Strahlenempfindlichkeit des Auges ist höher als bisher angenommen.
2. Das Herz-Kreislauf-System ist strahlenempfindlicher als bisher angenommen.
3. Frauen und Männer sind zumindest strahlenbiologisch verschieden. Dies wird zur Zeit im Strahlenschutz nicht berücksichtigt. Frage: Ist dies notwendig? Oder sind unsere Grenzwerte so niedrig, dass eine Berücksichtigung nicht nötig ist?

Zusammenfassung (2)

4. Das Problem der Risikoschätzung im niedrigen Dosisbereich kann letztlich nur über eine intensive strahlenbiologische Erforschung der zugrundeliegenden Mechanismen gelöst werden.
5. Auch dann, wenn etwas endgültig geklärt zu sein scheint, sollte man mit neuen Erkenntnissen rechnen.