

Zeeman-Effekt

Ina Schüssler, Christian Köhler

7. Januar 2008

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt



Frohes neues Jahr

Gliederung

► Theorie

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Gliederung

- ▶ Theorie
- ▶ 1. Teil (Zeeman-Effekt)

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Gliederung

- ▶ Theorie
- ▶ 1. Teil (Zeeman-Effekt)
- ▶ 2. Teil (Bestimmen von Wellenlängen)

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Gliederung

- ▶ Theorie
- ▶ 1. Teil (Zeeman-Effekt)
- ▶ 2. Teil (Bestimmen von Wellenlängen)
- ▶ Diskussion

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Theorie

Allgemeines



- ▶ entdeckt von Pieter Zeeman (1865-1943)
- ▶ Nobelpreis 1902

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

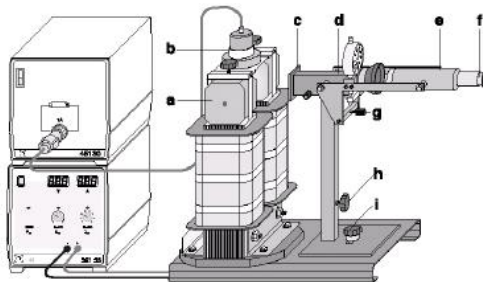
Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

- ▶ Aufspaltung von atomaren Emissionslinien im externen Magnetfeld
- ▶ Ursache: Wechselwirkung mit dem magnetischem Moment des Atoms, des Bahndrehimpulses und Spins des Elektrons
- ▶ Anwendung: Atomabsorptionsspektroskopie zur Untergrundkompensation

Zelle

Chromosomen



Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

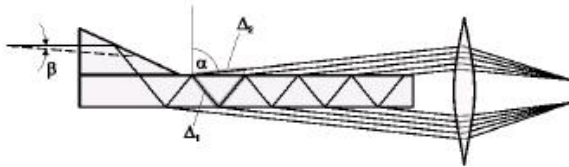
Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt



Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Zelle

DNA

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen

DNA

Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten

Wechselwirkung

Absorption

LET

Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte

Sauerstoffeffekt

DNA-Schäden

Hormesis

Konsequenzen

Mutationen

Reparatur

Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell

Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Zelle

Mitose

Zeeman-Effekt, F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen

DNA

Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten

Wechselwirkung

Absorption

LET

Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte

Sauerstoffeffekt

DNA-Schäden

Hormesis

Konsequenzen

Mutationen

Reparatur

Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell

linearquadratisches
Modell

Fraktionierung

Sauerstoffeffekt

Zelle

Mitose

- ▶ Doppelhelix
- ▶ Basenpaare

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen

DNA

Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten

Wechselwirkung

Absorption

LET

Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte

Sauerstoffeffekt

DNA-Schäden

Hormesis

Konsequenzen

Mutationen

Reparatur

Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell

linearquadratisches
Modell

Fraktionierung

Sauerstoffeffekt

Zelle

Mitose

Zeeman-Effekt, F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen

DNA

Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten

Wechselwirkung

Absorption

LET

Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte

Sauerstoffeffekt

DNA-Schäden

Hormesis

Konsequenzen

Mutationen

Reparatur

Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell

linearquadratisches
Modell

Fraktionierung

Sauerstoffeffekt

Zelle

Mitose

Zeeman-Effekt, F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen

DNA

Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten

Wechselwirkung

Absorption

LET

Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte

Sauerstoffeffekt

DNA-Schäden

Hormesis

Konsequenzen

Mutationen

Reparatur

Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell

linearquadratisches
Modell

Fraktionierung

Sauerstoffeffekt

Strahlenarten

Ionisierung

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Strahlenarten

Das elektromagnetische Spektrum

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Wechselwirkung von Strahlen mit Materie

Photoeffekt

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Wechselwirkung von Strahlen mit Materie

Comptoneffekt

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Wechselwirkung von Strahlen mit Materie

Paarbildung

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Ionisation

Absorptionseffekte

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Ionisation

Elektronenlawine

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

LET – Linearer Energietransfer

Absorptionseffekte

niedriger LET – locker ionisierende Strahlung – schädigt ca.

1/3 direkt, 2/3 indirekt

hoher LET – dicht ionisierende Strahlung – schädigt

überwiegend direkt

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

LET – Linearer Energietransfer

Stochastische und Deterministische Effekte

Deterministische / Stochastische Effekte

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Mutationsverdoppelungsdosis Dosis von 0.2 bis 2 Gy (Mittel 0.6 Gy) bewirkt etwa gleich viel Mutationen, wie natürlicherweise entstehen Grenzwert der zusätzlichen Dosis 50 mSv / a Generationszeit zwischen 18. und 30. LJ
Generationsdauer 12 Jahre: $600 \text{ mGy} / 12 = 50 \text{ mGy}$

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

**Teil I,
Zeeman-Effekt**

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

**Teil II,
Bestimmung von
Wellenlängen**

Effekte

Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

**Zell-Überlebens-
Kurven**

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

**Teil I,
Zeeman-Effekt**

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

**Teil II,
Bestimmung von
Wellenlängen**

Effekte

Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

**Zell-Überlebens-
Kurven**

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

**Teil I,
Zeeman-Effekt**

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

**Teil II,
Bestimmung von
Wellenlängen**

Effekte

Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

**Zell-Überlebens-
Kurven**

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

**Teil I,
Zeeman-Effekt**

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

**Teil II,
Bestimmung von
Wellenlängen**

Effekte

Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

**Zell-Überlebens-
Kurven**

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

**Teil I,
Zeeman-Effekt**

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

**Teil II,
Bestimmung von
Wellenlängen**

Effekte

Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

**Zell-Überlebens-
Kurven**

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Zellschäden

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte

Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Membran Permeabilitätsstörungen
⇒ Ionenaustausch gestört

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Membran Permeabilitätsstörungen

⇒ Ionenaustausch gestört

Zellorganelle Mitochondrien und Endoplasmatisches

Retikulum erst ab ca. 8 Gy erkennbare Schäden

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

- Membran Permeabilitätsstörungen
⇒ Ionenaustausch gestört
- Zellorganelle Mitochondrien und Endoplasmatisches
Retikulum erst ab ca. 8 Gy erkennbare Schäden
- Zellteilung Entstehung von Riesenzellen

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Membran	Permeabilitätsstörungen ⇒ Ionenaustausch gestört
Zellorganelle	Mitochondrien und Endoplasmatisches Retikulum erst ab ca. 8 Gy erkennbare Schäden
Zellteilung	Entstehung von Riesenzellen
DNA	test

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Sauerstoffeffekt, LET

die schädigende Wirksamkeit locker ionisierender Strahlung (niedriger LET) wird durch Sauerstoff um Faktor 2 - 3 erhöht
bei dicht ionisierender Strahlung (hoher LET) können Radikale miteinander reagieren,
Peroxide entstehen unabhängig vom Sauerstoffgehalt,
Sauerstoffeffekt nimmt ab

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Zellschäden

DNA

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Zellschäden

DNA

► Einzelstrangbrüche

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Zellschäden

DNA

- ▶ Einzelstrangbrüche
- ▶ Doppelstrangbrüche

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Zellschäden

DNA

- ▶ Einzelstrangbrüche
- ▶ Doppelstrangbrüche
- ▶ Basenschäden

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Zellschäden

DNA

- ▶ Einzelstrangbrüche
- ▶ Doppelstrangbrüche
- ▶ Basenschäden
- ▶ Zuckerschäden

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Zellschäden

DNA

- ▶ Einzelstrangbrüche
- ▶ Doppelstrangbrüche
- ▶ Basenschäden
- ▶ Zuckerschäden
- ▶ Zerstörung von Wasserstoffbindungen

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Zellschäden

DNA

- ▶ Einzelstrangbrüche
- ▶ Doppelstrangbrüche
- ▶ Basenschäden
- ▶ Zuckerschäden
- ▶ Zerstörung von Wasserstoffbindungen
- ▶ Intramolekulare DNA-Vernetzungen

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Zellschäden

DNA

- ▶ Einzelstrangbrüche
- ▶ Doppelstrangbrüche
- ▶ Basenschäden
- ▶ Zuckerschäden
- ▶ Zerstörung von Wasserstoffbindungen
- ▶ Intramolekulare DNA-Vernetzungen
- ▶ Cross-Links

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Zellschäden

DNA

- ▶ Einzelstrangbrüche
- ▶ Doppelstrangbrüche
- ▶ Basenschäden
- ▶ Zuckerschäden
- ▶ Zerstörung von Wasserstoffbindungen
- ▶ Intramolekulare DNA-Vernetzungen
- ▶ Cross-Links
- ▶ **Bulky Lesions**

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Ionisierende Strahlung verursacht pro Zelle:

(falls 63% einer Zellpopulation absterben

⇒ Überlebenswahrscheinlichkeit = $\frac{1}{e}$)

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Zellschäden

DNA

Ionisierende Strahlung verursacht pro Zelle:

(falls 63% einer Zellpopulation absterben

⇒ Überlebenswahrscheinlichkeit = $\frac{1}{e}$)

Einzelstrangbrüche	1000
Doppelstrangbrüche	50
Basenschäden	200
Protein-DNA-Vernetzungen	150
Bulky-Lesions	450

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Ionisierende Strahlung verursacht pro Zelle:

(falls 63% einer Zellpopulation absterben

⇒ Überlebenswahrscheinlichkeit = $\frac{1}{e}$)

Einzelstrangbrüche	1000
Doppelstrangbrüche	50
Basenschäden	200
Protein-DNA-Vernetzungen	150
Bulky-Lesions	450

Durch ionisierende Strahlung ist die **DNA-Replikation stark beeinträchtigt**, die Proteinsynthese kaum.

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Hormesis ionisierende Strahlung im sehr niedrigen
Dosisbereich kann Zellfunktionen anregen (Reizbestrahlung)
Ursache kann Stimulation von Abwehr- und
Reparaturmechanismen sein

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden

Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Konsequenzen der Zellschäden

für die gesamte Zelle

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Konsequenzen der Zellschäden

für die gesamte Zelle

Mutation Zelle überlebt, teilt sich weiter, allerdings mit Veränderungen im genetischen Material.

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Konsequenzen der Zellschäden

für die gesamte Zelle

Mutation Zelle überlebt, teilt sich weiter, allerdings mit Veränderungen im genetischen Material.

Erholung Strahleneffekt wird durch Reparaturvorgänge ausgeglichen.

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Konsequenzen der Zellschäden

für die gesamte Zelle

Mutation Zelle überlebt, teilt sich weiter, allerdings mit Veränderungen im genetischen Material.

Erholung Strahleneffekt wird durch Reparaturvorgänge ausgeglichen.

Reproduktiver Tod Zelle überlebt und ist zu einigen weiteren Teilungen fähig, stirbt dann aber ab.

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Konsequenzen der Zellschäden

für die gesamte Zelle

Mutation Zelle überlebt, teilt sich weiter, allerdings mit Veränderungen im genetischen Material.

Erholung Strahleneffekt wird durch Reparaturvorgänge ausgeglichen.

Reproduktiver Tod Zelle überlebt und ist zu einigen weiteren Teilungen fähig, stirbt dann aber ab.

Interphasentod Zelle stirbt innerhalb von Stunden ab und erreicht die nächste Mitose nicht.

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Konsequenzen der Zellschäden

für die gesamte Zelle

Mutation Zelle überlebt, teilt sich weiter, allerdings mit Veränderungen im genetischen Material.

Erholung Strahleneffekt wird durch Reparaturvorgänge ausgeglichen.

Reproduktiver Tod Zelle überlebt und ist zu einigen weiteren Teilungen fähig, stirbt dann aber ab.

Interphasentod Zelle stirbt innerhalb von Stunden ab und erreicht die nächste Mitose nicht.

Apoptose Programmierter Suizid der Zelle.

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Mutationen

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Genommutation:

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen

Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Genommutation:

Chromosomenmutationen:

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen

Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Mutationen

Genommutation:

Chromosomenmutationen:

Punktmutationen

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen

Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Genommutation:

- ▶ Änderung des Chromosomensatzes – Aneuploidie, Polyploidie

Chromosomenmutationen:

Punktmutationen

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen

Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Genommutation:

- ▶ Änderung des Chromosomensatzes – Aneuploidie, Polyploidie
- ▶ Änderung der Chromosomenzahl – Mongolismus, Turner

Chromosomenmutationen:

Punktmutationen

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen

Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Genommutation:

- ▶ Änderung des Chromosomensatzes – Aneuploidie, Polyploidie
- ▶ Änderung der Chromosomenzahl – Mongolismus, Turner

Chromosomenmutationen:

- ▶ Deletion

Punktmutationen

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen

Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Genommutation:

- ▶ Änderung des Chromosomensatzes – Aneuploidie, Polyploidie
- ▶ Änderung der Chromosomenzahl – Mongolismus, Turner

Chromosomenmutationen:

- ▶ Deletion
- ▶ Dislokation

Punktmutationen

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen

Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Genommutation:

- ▶ Änderung des Chromosomensatzes – Aneuploidie, Polyploidie
- ▶ Änderung der Chromosomenzahl – Mongolismus, Turner

Chromosomenmutationen:

- ▶ Deletion
- ▶ Dislokation
- ▶ Ringbildung

Punktmutationen

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen

Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Genommutation:

- ▶ Änderung des Chromosomensatzes – Aneuploidie, Polyploidie
- ▶ Änderung der Chromosomenzahl – Mongolismus, Turner

Chromosomenmutationen:

- ▶ Deletion
- ▶ Dislokation
- ▶ Ringbildung
- ▶ dizentrische Chromosomen

Punktmutationen

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen

Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Mutationen

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Mutationen

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Mutationen Mutationen sind bleibende Schäden an der DNA, dem genetischen Code somatische Mutationen: bleiben unentdeckt verändern den Phänotyp stören den Zellstoffwechsel können karzinogen sein können Letalfaktor darstellen (für Zelle oder Individuum) Keimzellmutationen beeinträchtigen Population

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen

Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I,
Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II,
Bestimmung von
Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen

Reparatur

Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens-
Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

viele Schäden (außer Bulky-Lesions) können innerhalb von 2 h repariert werden Reparatur nach 6 - 8 h abgeschlossen

Stochastische & Deterministische Effekte

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur

**Stochastisch –
Deterministisch**

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Zell-Überlebens-Kurve

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Zell-Überlebens-Kurve

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Zell-Überlebens-Kurve

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Zell-Überlebens-Kurve

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Zell-Überlebens-Kurve

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Zell-Überlebens-Kurven

linearquadratisches Modell

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
**linearquadratisches
Modell**
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Zell-Überlebens-Kurven

linearquadratisches Modell

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
**linearquadratisches
Modell**
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Zell-Überlebens-Kurven

linearquadratisches Modell

$\frac{\alpha}{\beta}$ -Werte verschiedener Gewebe

Gewebe	$\frac{\alpha}{\beta}$ in Gy
Dünndarm	6 - 13
Haut	9 - 19
Knochenmark	9
Plattenepithel-Ca	25
Adeno-Ca	10 - 20
Rückenmark	1,6 - 5
Niere	0,5 - 5
Lunge	2,6 - 6
Schilddrüse	2,5 - 4.5

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Zell-Überlebens-Kurven

linearquadratisches Modell

Erholungsvorgänge und Bestrahlung

Früh reagierendes Gewebe hat hohen α/β -Wert und geringe Reparaturkapazität Spät reagierendes Gewebe hat niedrigen α/β -Wert und hohe Reparaturkapazität Wird fraktioniert oder protrahiert bestrahlt, kann sich spät reagierendes Gewebe im Bestrahlungsintervall erholen $\Rightarrow$ Schonung von Rückenmark, Lunge ...

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Fraktionierung

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell

Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Fraktionierung

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell

Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Gompertzkurve

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt

Hyperthermie

Zeeman-Effekt,
F44

Ina Schüssler,
Christian Köhler

Theorie

Chromosomen
DNA
Zellzyklus

Teil I, Zeeman-Effekt

Strahlenarten
Wechselwirkung
Absorption
LET
Dosis

Teil II, Bestimmung von Wellenlängen

Effekte
Sauerstoffeffekt
DNA-Schäden
Hormesis

Konsequenzen

Mutationen
Reparatur
Stochastisch –
Deterministisch

Zell-Überlebens- Kurven

lineares Modell
linearquadratisches
Modell
Fraktionierung
Sauerstoffeffekt