



# Optimierung in der Strahlentherapie

G. Gramlich

gramlich@fh-ulm.de

FH Ulm

# Inhalt

- Worum geht's?

# Inhalt

- Worum geht's?
- Allgemeines zur Strahlentherapie

# Inhalt

- Worum geht's?
- Allgemeines zur Strahlentherapie
- Arbeitsschritte der Bestrahlungsplanung

# Worum geht's?

## *Energiedosis (kurz Dosis)*

$$D = \frac{E}{m}$$

- $E$ : Energie, die von einer Strahlung abgegeben wird
- $m$ : Masse des Körpers, der die Energie aufnimmt
- Einheit: 1 Gray = 1 Joule / 1 Kilogramm

# Strahlentherapie (1)

- behandelt man Krebserkrankungen dadurch, daß man krankes Gewebe durch Strahlung zerstört

# Strahlentherapie (1)

- behandelt man Krebserkrankungen dadurch, daß man krankes Gewebe durch Strahlung zerstört
- Körperzellen mit hoher Teilungsrate sind besonders strahlungsempfindlich

# Strahlentherapie (1)

- behandelt man Krebserkrankungen dadurch, daß man krankes Gewebe durch Strahlung zerstört
- Körperzellen mit hoher Teilungsrate sind besonders strahlungsempfindlich
- Krebszellen haben eine hohe Teilungsrate und können deshalb stärker zerstört werden als gesunde

# Strahlentherapie (2)

- Um gesunde Zellen zu schonen, bestrahlt man das Krebsgeschwulst aus verschiedenen Richtungen mit schwacher Dosis

# Strahlentherapie (2)

- Um gesunde Zellen zu schonen, bestrahlt man das Krebsgeschwulst aus verschiedenen Richtungen mit schwacher Dosis
- Nur an der Überlappung der Strahlungen trägt die zerstörende Wirkung

# Allgemeines zur Strahlentherapie

# Im Kampf gegen Krebs

Onkologie ist die Lehre von bösartigen Erkrankungen und Therapie

# Drei Behandlungsformen

- Operation

# Drei Behandlungsformen

- Operation
- Medikamentöse Therapie  
Erster Stelle: Chemotherapie

# Drei Behandlungsformen

- Operation
- Medikamentöse Therapie  
Erster Stelle: Chemotherapie
- Strahlentherapie (Radioonkologie)

# Strahlentherapie

- Relativ junges Fach; erst seit Ende der 80er Jahre: Facharzt für Strahlentherapie

# Strahlentherapie

- Relativ junges Fach; erst seit Ende der 80er Jahre: Facharzt für Strahlentherapie
- Früher: Ableger der Röntgendiagnostik

# Strahlentherapie

- Relativ junges Fach; erst seit Ende der 80er Jahre: Facharzt für Strahlentherapie
- Früher: Ableger der Röntgendiagnostik
- Moderne Bestrahlungsgeräte und schnelle Computer ermöglichen gezielt in die Tiefe eines menschlichen Körpers einzudringen

# Strahlentherapie

- Relativ junges Fach; erst seit Ende der 80er Jahre: Facharzt für Strahlentherapie
- Früher: Ableger der Röntgendiagnostik
- Moderne Bestrahlungsgeräte und schnelle Computer ermöglichen gezielt in die Tiefe eines menschlichen Körpers einzudringen
- Folgerung: 3D computergesteuerte Bestrahlungsplanung

# Wie wirkt Strahlentherapie?

- Strahlung ist eine Wachstumsbremse, denn sie können Zellen schädigen

# Wie wirkt Strahlentherapie?

- Strahlung ist eine Wachstumsbremse, denn sie können Zellen schädigen
- Gewebe ist um so strahlenempfindlicher je weniger gut ihr 'Reparatursystem' ist

# Wie wirkt Strahlentherapie?

- Strahlung ist eine Wachstumsbremse, denn sie können Zellen schädigen
- Gewebe ist um so strahlenempfindlicher je weniger gut ihr 'Reperatursystem' ist
- Das 'Reperatursystem' von gesundem Gewebe ist besser intakt als von Tumoren

# Wie wirkt Strahlentherapie?

- Strahlung ist eine Wachstumsbremse, denn sie können Zellen schädigen
- Gewebe ist um so strahlenempfindlicher je weniger gut ihr 'Reperatursystem' ist
- Das 'Reperatursystem' von gesundem Gewebe ist besser intakt als von Tumoren
- Tumorstellen sterben; Freßzellen (Makrophagen) zerlegen und räumen ab

# Welche Arten Strahlentherapie?

- Externe Strahlentherapie

# Welche Arten Strahlentherapie?

- Externe Strahlentherapie
- Innerliche Bestrahlung  
Hülse in eine Körperhöhle (z.B. Luftröhre)  
eingebracht

# Welche Arten Strahlentherapie?

- Externe Strahlentherapie
- Innerliche Bestrahlung  
Hülse in eine Körperhöhle (z.B. Luftröhre) eingebracht
- Hyperthermie (Wärmetherapie)  
Statt Röntgenstrahlen Ultraschall-Wellen, die Temperaturen von 42 bis 43 Grad Celsius erzeugen

# Bestrahlungsgeräte

- Telecobaltgeräte: Gammastrahlen  
(halbtiefes Eindringen)

# Bestrahlungsgeräte

- Telecobaltgeräte: Gammastrahlen (halbtiefes Eindringen)
- Linearbeschleuniger: Harte Röntgenstrahlung (tiefliegende Tumore)

# Welche Dosis?

- Generell: Abhängig von Art des Tumors

# Welche Dosis?

- Generell: Abhängig von Art des Tumors
- Tumorvernichtung: 40 bis 70 Gray

# Welche Dosis?

- Generell: Abhängig von Art des Tumors
- Tumorvernichtung: 40 bis 70 Gray
- Einzelportionen: ungefähr 2 Gray

# Wie läuft die Bestrahlung ab?

- Einführungsgespräch  
Operation, Chemotherapie, Bestrahlung?

# Wie läuft die Bestrahlung ab?

- Einführungsgespräch  
Operation, Chemotherapie, Bestrahlung?
- Vorbereitungen zur Strahlentherapie

# Wie läuft die Bestrahlung ab?

- Einführungsgespräch  
Operation, Chemotherapie, Bestrahlung?
- Vorbereitungen zur Strahlentherapie
- Die Strahlentherapie selbst

# Wie läuft die Bestrahlung ab?

- Einführungsgespräch  
Operation, Chemotherapie, Bestrahlung?
- Vorbereitungen zur Strahlentherapie
- Die Strahlentherapie selbst
- Ausnahmesituationen (z.B. Kinder)

# Wie läuft die Bestrahlung ab?

- Einführungsgespräch  
Operation, Chemotherapie, Bestrahlung?
- Vorbereitungen zur Strahlentherapie
- Die Strahlentherapie selbst
- Ausnahmesituationen (z.B. Kinder)
- Psychosoziale Nachbetreuung

# Vorbereitungen zur Strahlentherapie

- Computerunterstützte Bestrahlungsplanung

# Vorbereitungen zur Strahlentherapie

- Computerunterstützte Bestrahlungsplanung
- Simulation (Simulator: Durchleuchtungsgerät)

# Bestrahlungsplanung

# Bestrahlungsplanung

ist also die computerunterstützte Planung der physikalischen Bestrahlung im Klinikum

# Personen im Klinikum

# Personen im Klinikum

## 1. Mediziner

# Personen im Klinikum

1. Mediziner
2. medizinisch geschultes Personal

# Personen im Klinikum

1. Mediziner
2. medizinisch geschultes Personal
3. Physiker

# Beteiligte Personen: Forschung (z.B.

# Beteiligte Personen: Forschung (z.B.

1. Ärzte verschiedener Fachrichtungen

# Beteiligte Personen: Forschung (z.B.)

1. Ärzte verschiedener Fachrichtungen
2. Physiker

# Beteiligte Personen: Forschung (z.B.)

1. Ärzte verschiedener Fachrichtungen
2. Physiker
3. Mathematiker

# Beteiligte Personen: Forschung (z.B.)

1. Ärzte verschiedener Fachrichtungen
2. Physiker
3. Mathematiker
4. Biologen

# Beteiligte Personen: Forschung (z.B.)

1. Ärzte verschiedener Fachrichtungen
2. Physiker
3. Mathematiker
4. Biologen
5. Radiochemiker

# Beteiligte Personen: Forschung (z.B.)

1. Ärzte verschiedener Fachrichtungen
2. Physiker
3. Mathematiker
4. Biologen
5. Radiochemiker
6. Informatiker und Ingenieure

# Bestrahlungsplanung

# Bestrahlungsplanung

## 1. Einsatz von bildgebenden Verfahren

# Bestrahlungsplanung

1. Einsatz von bildgebenden Verfahren
2. Spezifikation des Zielvolumens und kritischer Bereiche

# Bestrahlungsplanung

1. Einsatz von bildgebenden Verfahren
2. Spezifikation des Zielvolumens und kritischer Bereiche
3. Festlegung der Bestrahlungstechniken

# Bestrahlungsplanung

1. Einsatz von bildgebenden Verfahren
2. Spezifikation des Zielvolumens und kritischer Bereiche
3. Festlegung der Bestrahlungstechniken
4. Berechnung der Dosisverteilung

# Bestrahlungsplanung

1. Einsatz von bildgebenden Verfahren
2. Spezifikation des Zielvolumens und kritischer Bereiche
3. Festlegung der Bestrahlungstechniken
4. Berechnung der Dosisverteilung
5. Optimierung

# Bestrahlungsplanung

1. Einsatz von bildgebenden Verfahren
2. Spezifikation des Zielvolumens und kritischer Bereiche
3. Festlegung der Bestrahlungstechniken
4. Berechnung der Dosisverteilung
5. Optimierung
6. Darstellung und Bewertung

# Bestrahlungsplanung

1. Einsatz von bildgebenden Verfahren
2. Spezifikation des Zielvolumens und kritischer Bereiche
3. Festlegung der Bestrahlungstechniken
4. Berechnung der Dosisverteilung
5. Optimierung
6. Darstellung und Bewertung
7. Übertragung auf den Patienten

# 1. Bildverarbeitung

# 1. Bildverarbeitung

- Die Lokalisation von Zielvolumen und Risikoorganen mit Computer-Tomographie (Röntgen-CT)

# 1. Bildverarbeitung

- Die Lokalisation von Zielvolumen und Risikoorganen mit Computer-Tomographie (Röntgen-CT)
- In manchen Fällen: Kernspintomographie (Magnet-Resonanztomographie)

# 2. Spezifikation

des Zielvolumens und kritischer Bereiche

## 2. Spezifikation

des Zielvolumens und kritischer Bereiche

- Einsatz von Bildverarbeitung- und Mustererkennung

## 2. Spezifikation

des Zielvolumens und kritischer Bereiche

- Einsatz von Bildverarbeitung- und Mustererkennung
- Vieles durch Medizophysiker manuell

## 2. Spezifikation

des Zielvolumens und kritischer Bereiche

- Einsatz von Bildverarbeitung- und Mustererkennung
- Vieles durch Medizinphysiker manuell
- Zur Konturierung:  
Individuelle CTs verknüpfen mit  
standardisierten anatomischen Atlanten  
(zur Zeit in Bearbeitung)

# 3. Festlegung

# 3. Festlegung

- Bestrahlungstechniken

# 3. Festlegung

- Bestrahlungstechniken
- Bestrahlungsrichtungen

# 4. Dosisverteilung

Überall dort wo Strahlen im Körper eindringen,  
werden Energiedosen berechnet

# 4. Dosisverteilung

Überall dort wo Strahlen im Körper eindringen, werden Energiedosen berechnet

- Geometrische Aspekte

# 4. Dosisverteilung

Überall dort wo Strahlen im Körper eindringen, werden Energiedosen berechnet

- Geometrische Aspekte
- physikalische/mathematische Modelle

# 5. Optimierung

Vorgaben:

Gesucht:

# 5. Optimierung

Vorgaben:

- die Konturen des Zielvolumens und der Risikoorgane

Gesucht:

# 5. Optimierung

Vorgaben:

- die Konturen des Zielvolumens und der Risikoorgane
- Solldosis im Zielvolumen

Gesucht:

# 5. Optimierung

Vorgaben:

- die Konturen des Zielvolumens und der Risikoorgane
- Solldosis im Zielvolumen
- Toleranzdosen der Risikoorgane

Gesucht:

# 5. Optimierung

Vorgaben:

- die Konturen des Zielvolumens und der Risikoorgane
- Solldosis im Zielvolumen
- Toleranzdosen der Risikoorgane

Gesucht:

- Optimalen Strahlungsintensitäten (Gewichte)

arbeiten daran und nennen das Problem:  
*Inverse Strahlentherapie-Planung*

# 6. Darstellung und Bewertung

Grafische Dosisverteilung: Linien gleicher Dosiswerte (Höhenlinien)

# 7. Übertragung auf Patienten

Zuvor jedoch Simulation mit Durchleuchtungs-  
gerät (Simulator)

# Informationen

- Deutsche Krebsforschungszentrum in HD  
<http://www.dkfz.de>
- Onkologie und mathematische Optimierung  
<http://www.trinity.edu/aholder/HealthApp/oncology>