

# **Anhang II der Richtlinien für die Erlangung der Fachanerkennung SGSMP für Medizinische Physik**

## **Stoffkataloge für die Weiterbildung in den Grundkenntnissen und in den Fachgebieten**

### **Stoffkatalog für die Weiterbildung in den Grundkenntnissen**

#### **1. Anatomie und Physiologie**

(empfohlener Umfang: 30 Stunden)

- medizinische Terminologie
- Grundbegriffe der zellulären Biologie
- Skelett und Muskelsystem
- Grundbegriffe der Physiologie für die Hauptsysteme (Herz und Kreislauf, Atmung, Verdauung, Nervensystem, endokrines System)
- Sinnesorgane und Haut

#### **2. Biophysik und Biochemie**

(empfohlener Umfang: 20 Stunden)

- Grundzüge der Molekularbiologie
- Aufbau und Eigenschaften von biologischen Makromolekülen
- Begriffe aus der Biophysik und Biochemie
- Biophysik der Zelle
- Physik der Sinnesorgane
- biologische Signalübertragung

#### **3. Biomathematik und Informatik**

(empfohlener Umfang: 20 Stunden)

- Grundlagen der Statistik
- Schätzmethoden und Testprozeduren
- Grundlagen der Epidemiologie
- Grundlagen der Informationstheorie
- Grundlagen der medizinischen Informatik
- Datenschutz

#### **4. Biomedizinische Technik**

(empfohlener Umfang: 20 Stunden)

- Registrierung von biologischen Signalen
- Monitoring der Patientin
- Steuerung und Regelung
- Biomechanik
- physikalisch-technische Messverfahren (Bsp.: Endoskopie, Blutfluss-Messungen, Mineralometrie, Biomagnetismus)
- Medizintechnik in der Heilkunde (Bsp.: Herzschrittmacher, Diathermie, Prothesen, Lithotripsie)
- elektromagnetische Verträglichkeit
- Sicherheitsvorschriften

#### **5. Informations- und Bildverarbeitung in der Medizin**

(empfohlener Umfang: 20 Stunden)

- Klinik-Informationssysteme
- Datenverwaltung, Datenspeicherungs- und Archivierungssysteme
  - . Bildverwaltungssysteme (PACS)
  - . Bildspeicherung (DICOM-Format)

- . Bildkompression
- . Archivierung
- Bildfusion
- Teleradiologie

## **6. Organisatorische und rechtliche Grundsätze im Gesundheitswesen**

(empfohlener Umfang: 4 Stunden)

- Struktur des Gesundheitswesens
- Organisation in Spitälern
- Wirtschaftlichkeitsaspekte

## **7. Mensch und Medizinphysik**

(empfohlener Umfang: 6 Stunden)

- Ethische und rechtliche Grundlagen und Begriffe
- Die Medizinphysikerin/der Medizinphysiker als handelndes Subjekt: Verantwortung und Stellung im klinischen Umfeld
- Medizinphysikerin/Medizinphysiker als Ausbilderin/Ausbildner

# Stoffkatalog für die Weiterbildung in den Fachgebieten

Empfohlener Umfang: für Spezialgebiet 120 Stunden, für Wahlgebiet 40 Stunden)

## Gemeinsamer Lehrstoff für Radio-Onkologie, Nuklearmedizin und Diagnostische Radiologie mit Röntgenstrahlen

### 1. Strahlenbiologie

- direkte und indirekte Strahlenwirkung
- zelluläre Wirkung der Strahlung
  - . Wirkung der mikroskopischen Verteilung der absorbierten Energie
  - . Strahlenwirkung auf DNA
  - . Reparatur von radiogenen Strahlenschäden
  - . Zelltod nach Bestrahlung
  - . Einflussfaktoren auf Zellüberleben nach Bestrahlung
  - . Sauerstoffeffekt
  - . Fraktionierung und Dosisleistung
  - . zelluläre Strahlenempfindlichkeit
  - . Einfluss auf Zellzyklus
  - . Einfluss des LET
  - . Radiosensibilisatoren, Radioprotektoren
  - . Bystander-Effekt
- Wirkung auf die Organe und das Gewebe
  - . potentiell letale Schäden
  - . subletale Schäden
  - . Strahlenreaktionen (früh/chronisch)
  - . Einflussfaktoren der geweblichen Strahlenempfindlichkeit
- Spätschäden
  - . Karzinogenese
  - . genetische Wirkung
- strahlenbedingte Entwicklungsstörungen
- Wirkung ionisierender Strahlung auf generative Organe
- akutes Strahlensyndrom
- biologische Dosisindikatoren
- deterministische Strahlenwirkung
- stochastische Strahlenwirkung

### 2. Strahlenschutz

- biologische Grundlagen des Strahlenschutzes
- Prinzipien des Strahlenschutzes
- Schutzmethoden (externe Bestrahlung, externe und interne Kontamination)
- Methoden der individuellen Kontrollen
- Messinstrumente für die Expositionsüberwachung
- natürliche und zivilisatorische Strahlenexposition
- Exposition der Bevölkerung
- Dosisgrenzwerte der effektiven Dosis für die verschiedenen Bevölkerungsgruppen
- Ionisierende Strahlung und Schwangerschaft
- rechtliche Grundlagen und Gesetzgebung
  - . Strahlenschutzgesetz und -verordnung
  - . Strahlenschutzsachverstand

### 3. Dosis und Dosisbegriffe

- Dosisbegriffe und strahlenphysikalische Grundlagen
  - . Wirkung der mikroskopischen Verteilung der absorbierten Energie
  - . Energiedosis
  - . Äquivalentdosis
  - . effektive Dosis
  - . LET (linearer Energietransfer)
  - . RBW (relative biologische Wirksamkeit)

#### **4. Medizinische Strahlenphysik**

- Aufgaben und Verantwortung der Medizinphysikerin/des Medizinphysikers
- physikalische Grundlagen der Radio-Onkologie
  - . Prinzipien der Radiotherapie
  - . Grundlagen der Teleradiotherapie
  - . Grundlagen der Brachytherapie
  - . Ablauf einer Radiotherapie
  - . Messmethoden in der Radiotherapie
  - . übliche Behandlungen
- physikalische Grundlagen der Nuklearmedizin
  - . Prinzipien der Nuklearmedizin
  - . Grundlagen der Bildgebung in der Nuklearmedizin
  - . Grundlagen der Bildgebung mit den Schnittbildverfahren (SPECT, PET, SPECT-CT, PET-CT)
  - . Ablauf einer nuklearmedizinischen Untersuchung
  - . Messmethoden in der Nuklearmedizin
  - . übliche Untersuchungen und damit verbundene Dosen
- physikalische Grundlagen der bildgebenden Diagnostik (ohne Nuklearmedizin)
  - . Prinzipien der Bildgebung
  - . Grundlagen der Bildgebung in der konventionellen Röntgendiagnostik
  - . Grundlagen der Bildgebung bei der CT
  - . Grundlagen der Bildgebung beim Ultraschalls
  - . Grundlagen der Bildgebung bei der Magnetresonanz
  - . Grundlagen weiterer Bildgebungsverfahren
  - . übliche Untersuchungen und damit verbundene Dosen

## **Radio-Onkologie**

### **1. Strahlenbiologie**

- Toleranzdosiskonzept
- biologische Grundlagen der Strahlentherapie

### **2. Grundlagen der Onkologie**

- Grundlagen der Epidemiologie
- TNM-Klassifikation
- Tumor-Lokalisationen
- Metastasen (Häufigkeit, Lokalisation)
- onkologische Begriffe
  - . Gesamtüberleben
  - . Rezidivierung
  - . Regression
- Komplikationen
- onkologische Behandlungen und Behandlungskonzepte
- klinische Studien: Datenerfassung, Auswertung und Publikationen
- Qualitätssicherung aus ärztlicher Sicht

### **3. Grundlagen der Radio-Onkologie**

- Einrichtung einer strahlentherapeutischen Abteilung
- Strahlenwirkung auf Tumoren
- anatomische und funktionelle Bildgebung
- therapeutische Breite
- Dosisescalation
- Fraktionierungsschemata
  - . Hyperfraktionierung
  - . Hypofraktionierung
  - . Akzelerierung
- lokalen Tumorkontrolle
- Einflussfaktoren auf die lokale Tumorkontrolle
- Nebenwirkungen von Strahlenbehandlungen

### **4. Perkutane Strahlentherapie: Gerätekunde**

- Produktion von Röntgenstrahlung
- Linearbeschleuniger
- konventionelle und dermatologische Bestrahlungseinrichtungen
- Neutronen -, Protonen - und Schwerionen-Bestrahlungsgeräte
- andere Bestrahlungseinrichtungen (z.B.)
  - . Co-60-Bestrahlungseinheit
  - . Gamma Knife
  - . Tomotherapie
  - . Cyberknife
- Hyperthermie
- Bestrahlungsplanungssysteme
- Bildgebende Systeme für die Bestrahlungsplanung (z.B.: CT, MR, PET-CT)
- Simulator
- Datennetze und Vernetzung der Geräte
- Verifikationssysteme (z.B.: Film, EPID, IGRT)
- Lagerungs- und Fixationssysteme
- Qualitätssicherungsprogramme für die einzelnen Geräte

### **5. Dosimetrie in der Strahlentherapie**

- Wechselwirkungen von Strahlung mit Materie
- Physikalische Dosisbegriffe und Definitionen
- Bragg-Gray-Kavitätstheorie
- Messung ionisierender Strahlung
- Dosimeter in der Strahlentherapie

- . Ionisationskammer-Dosimetrie
- . TL-Dosimetrie
- . Film-Dosimetrie
- . EPID-Dosimetrie
- . Gel-Dosimetrie
- Messung und Berechnung der Dosis
- Dosimetrie-Protokolle (z.B. Empfehlung der SGSMP)
- Eichung von Dosimetern
- Kalibrierung in der Praxis
- Bestimmung der Faktoren für die Berechnung der Monitoreinheiten oder der Bestrahlungszeit
- in-vivo-Dosimetrie
- Messung der Strahlenqualität

## **6. Perkutane Strahlentherapie: Bestrahlungsplanung und Bestrahlungstechniken**

- Dosisbegriffe und Dosimetrie-Konzept
- Dosisverteilung und Messmethoden: ein-, zwei- und dreidimensional
- Bestrahlungstechniken
- Modelle der Dosisverteilung für die Berechnung mit dem Computer: Clarkson, Pencilbeam, Superposition, Monte Carlo
- Modelle der Dosisberechnung ohne Computer: SAD- oder isozentrischen Technik, Korrekturen der Filter, Korrektur der schrägen Oberflächen, Inhomogenitätskorrektur, angrenzende Felder ("gap calculation") usw.
- Dosisverteilung
  - . Tiefendosiskurven
  - . Tissue-Air-Ratio
  - . Scatter-Air-Ratio
- Parameter des dosimetrischen Berechnungskonzepts
  - . Tissue-Maximum-Ratio
  - . Tissue-Phantom-Ratio
  - . Phantom-Scatter-Factor
  - . Collimator-Scatter-Factor
- Parameter von Isodosenkurven
  - . Strahlenqualität
  - . Quellengrösse
  - . SSD
  - . Penumbra
  - . Feldgrösse
  - . Kollimation
  - . Ausgleichsfilter
- Keilfilter
  - . physikalisch
  - . motorisch
  - . virtuell
- Rechenmethoden bei der SAD- oder isozentrischen Technik
- Rechenmethoden für die irregulären Felder (Clarkson-Algorithmus)
- Rechenmethoden für die Keilfiltertechnik
- Rechenmethoden für die Korrektur der schrägen Oberflächen
- Rechenmethoden für die Inhomogenitätskorrektur
- Separation von angrenzenden Feldern
  - . field matching
  - . field shaping
- Skin dose
- Integraldosis
- Dosisberechnungsalgorithmen
- Qualitätsindizes für einen Bestrahlungsplan (DVH, TCP, NTCP)
- Bestrahlungstechniken
- Akquisition von Patientendaten
- Gewebekompensation

- Patientenpositionierung
- Simulation der Bestrahlung
- Verifikation der Bestrahlung
- IGRT
  - . Methoden
  - . bildgebende Systeme
  - . Lagerungskontrolle und -korrektur
  - . Bildvergleichsmethoden
- IMRT
  - . "step and shoot"
  - . dynamisch
  - . inverse Bestrahlungsplanung
  - . Optimierung
  - . Patientenverifikation (Phantome, Detektoren, Methoden, Probleme)
- dynamische Bestrahlungen (Rotationsbestrahlung, IMAT)
- Atemgetriggerte Bestrahlung (gating), 4D-CT
- Elektronenbestrahlung
  - . Charakteristika der Elektronen
  - . Techniken
  - . Planung
  - . field shaping
  - . Dosisbestimmung
- Protonentherapie
  - . statisch
  - . scanning beam-Technik
  - . IMPT
- Stereotaxie

## **7. Techniken der Brachytherapie**

- Strahlenquellen in der Brachytherapie
- Therapiemethoden der Brachytherapie
- Kalibrierung der Strahlenquellen
  - . Aktivität
  - . air kerma strength
  - . exposure rate constant
  - . dose rate constant
- Afterloading-Systeme (HDR/LDR)
- Rolle der Dosisverteilung (strahlenbiologisches Modell)
- Dosisberechnung und Berechnung der Dosisverteilung in der Brachytherapie
- dosimetrische Methoden
- Bestrahlungsplanung
- Optimierung in der Brachytherapie
- interstitielle und intracavitäre Brachytherapie

## **8. Strahlenschutz in der Strahlentherapie**

- Überwachung der Strahlexposition in der Strahlentherapie
- Berechnung von Raumabschirmungen
- Schutz der Patientin in der Strahlentherapie
- Schutz des Personals in der Strahlentherapie
- Sicherheitsprobleme in der perkutanen Strahlentherapie
- Sicherheitsprobleme in der Brachytherapie
- Verwaltung und Handling von Strahlenquellen für die Brachytherapie
- Qualitätssicherung in der Radio-Onkologie
  - . Beschleunigerverordnung
  - . Kommissionierung und Inbetriebnahme eines Linearbeschleunigers
  - . technische Ausrüstung für die Qualitätssicherung
  - . periodische dosimetrische und physikalische Kontrollen (SGSMP-Empfehlung))

## **Nuklearmedizin**

### **1. Biologische Kinetik**

- Kompartimentstheorie
- ICRP-Modell der Inhalation und Ingestion
- Bioverteilung der Radiopharmaka

### **2. In der Nuklearmedizin verwendete Radioisotope**

- für die Nuklearmedizin relevante Parameter
- Herstellung von Radioisotopen durch Neutronenaktivierung
- Herstellung von Radioisotopen durch Aktivierung mit geladenen Teilchen
- Isotopen-Generator

### **3. Grundlagen der Radiopharmazie**

- Rolle des Radiopharmakons (bifunktionelle Moleküle)
- Markierungstechnik
- Reinheitskontrolle (chemisch, radiochemisch, des Radioisotops, des Radionuklids)
- Kontrolle der Sterilität und Pyrogenfreiheit
- Aktivitätsmessung in der Praxis

### **4. Geräte in der Nuklearmedizin**

- Wirkungsweise des bewegten Detektors (Scanner)
- Wirkungsweise der Lochkamera (Pin hole)
- Wirkungsweise der Gamma-Kamera (Anger-Kamera)
- Wirkungsweise des SPECT-Verfahrens
- SPECT/CT-Geräte
- Wirkungsweise des PET-Verfahrens
- PET/CT-Geräte
- Technik der Messung in vitro
- Ganzkörperzähler

### **5. Bildqualität und Qualitätskontrollen in der Nuklearmedizin**

- die Auflösung beeinflussende Faktoren
- Rauschen in der Nuklearmedizin
- Bildkontrast
- Bildverschlechterung aufgrund der Streuung
- Prüfkörper für die Qualitätskontrolle des Bildes
- Programm für die Qualitätskontrolle

### **6. Dosimetrie in der Nuklearmedizin**

- allgemeines Modell der Berechnung nach ICRP
- Berechnung der akkumulierten Aktivität
- Berechnung der spezifischen Energie
- Einfluss des Alters der Patientin
- Methoden zur Dosisreduktion in der Nuklearmedizin
- Kenntnis über die Dosen bei den wichtigsten Untersuchungen in der Nuklearmedizin

### **7. Strahlenschutz in der Nuklearmedizin**

- Schutz durch Strukturen (Klassierung der Laboratorien, Anforderungen an die Laboratorien)
- Handhabung von offenen Strahlenquellen
- Schutz des Personals vor externer Bestrahlung
- Schutz des Personals vor Kontamination
- Methoden der dosimetrischen Kontrollen (externe Bestrahlung und Kontamination)
- Verwaltung des radioaktiven Abfalls
- Geräte im Strahlenschutz
- Methoden des Schutzes der Patientin
- Spezialfall der Therapie mit offenen Strahlenquellen
- Diagnostische Referenzwerte
- Dosimetrie für das Personal



## **8. Therapie in der Nuklearmedizin**

- Methoden der nuklearmedizinischen Therapie
- Dosimetrie für die Patientin

## **9. Bildrekonstruktion**

- Methoden der Bildrekonstruktion

# **Diagnostische Radiologie mit Röntgenstrahlen**

## **1. Physikalische Grundlagen der Bildgebung**

- allgemeine Theorie der Bildsysteme
- Fourier-Transformation - Raum der örtlichen Frequenzen
- Messung der Auflösung (MÜF)
- Messung des Rauschens (Wiener-Spektrum)
- globaler Index der Bildqualität
- ROC-Kurven
- Rekonstruktion von Bildern

## **2. Physik des Röntgenstrahlenbündels**

- Erzeugung von Röntgenstrahlen
- Beschreibung des Strahlenbündels
- Wechselwirkung zwischen Strahlung und Patientin
- Reduktion der Streustrahlung
- Detektionssysteme

## **3. Geräte in der Röntgendiagnostik**

- Technologie der Röntgenröhre
- Technologie der Film-Folien-Kombination
- Durchleuchtungstechnik (Angiographie)
- Technologie bei CT
- Mammographie-Gerät

## **4. Bildsysteme**

- Digitale Bildempfänger (Detektoren)
- Speicherfolien
- Kombination Film-Folie
- Photostimulationsdetektor
- Bildverstärker
- Halbleiter-Systeme

## **5. Strahlenschutz in der Röntgendiagnostik**

- dosimetrische Begriffe
- Berechnung und Bestimmung der Eintrittsdosis
- Bestimmung der Organdosen und der effektiven Dosis
- Risiken aufgrund von Röntgenuntersuchungen
- Schutz der Patientin in der Röntgendiagnostik
- Diagnostische Referenzwerte

## **6. Qualitätskontrollen in der Röntgendiagnostik**

- zu kontrollierende Parameter
- Kontrollmethoden (Empfehlungen der SGSMP)
- Test-Anordnungen
- Kontrolle des Entwicklungssystems

## **Diagnostische Radiologie ohne Röntgenstrahlen**

### **1. Biomedizinische Bildgebung**

- Prinzipien der Bildgebungsmethoden
- Erkennung und Aufnahme der Signale
- Digitalisierung der Signale
- mathematische Methoden der Bildtransformation
- digitale Filterung
- Erkennung der Formen
- Methoden der Bildrekonstruktion
- Methoden der Darstellung
- Messgrößen der Bildqualität
- Deformationen und Artefakte

### **2. Physik der Bildgebung in der Magnetresonanz (MRI)**

- Prinzip des MRI
- Bedeutung der Relaxationszeiten
- klassische Sequenzen im MRI
- Codierung der MRI-Bilder
- schnelle Spinecho-Sequenzen
- schnelle Gradientenecho-Sequenzen
- Sequenzen in der Angiographie
- Spektroskopie mit Magnetresonanz
- funktionelles MRI
- Herz-MRI
- Bewegung, Fluss
- Perfusion, Diffusion
- Parallele Bildgebung

### **3. Geräte in der bildgebenden Magnetresonanz**

- Technologie der Spulen bei statischer Magnetisierung
- Gradientenspulen
- Anregungstechniken
- Detektionstechniken
- Bildqualität und Artefakte
- Kontrast und Signal-Rausch-Verhältnis

### **4. Physik der Ultraschall-Bildgebung**

- physikalische Eigenschaften der Ultraschall-Welle
- Erzeugung und Detektion des Ultraschalls
- Sonographie durch Reflexion
- kontinuierlicher Doppler-Ultraschall
- gepulster Doppler-Ultraschall

### **5. Sonographie-Geräte**

- Ultraschall-Sonden
- zugehörige Elektronik
- Bildqualität
- Artefakte beim Ultraschall
- Qualitätskontrolle

### **6. Weitere diagnostische Techniken**

- Grundlagen der Enzephalographie
- Grundlagen der Echokardiographie
- Grundlagen des Biomagnetismus
- Grundlagen der Endoskopie
- Grundlagen der Thermographie

### **8. Schutz auf dem Gebiet der nichtradiologischen Bildgebung**

- Wirkungen der elektromagnetischen Felder und Strahlung (EM) auf die Zellen und das Gewebe

- verwendete Messgrößen beim Schutz vor EM
- gesetzliche Regelung und Expositionsgrenzwerte bei EM
- Sicherheit bei MRI
- Wirkung des Ultraschalls auf den Organismus
- verwendete Messgrößen beim Schutz vor Ultraschall
- gesetzliche Regelung und Expositionsgrenzwerte bei Ultraschall
- Sicherheit beim Ultraschall

Der Vorstand der SGSMP, 13.11.2015