



Modulbeschreibungen

TUM Masterstudiengang Radiation Biology

Aufbau des Studiengangs und allgemeine Beschreibung der Lehrformen	2
Modul 1: Human Anatomy/Pathology and Physiology/Pathophysiology for Radiobiologists...	5
Modul 2: Principles of Radiation Protection and Medical Applications	7
Modul 3: Molecular Biology of the Cell.....	10
Modul 4: Radiation Physics and Dosimetry.....	13
Modul 5: Mechanisms of Radiation Effects on Cells and Tissue	15
Modul 6: Molecular Radiation Biology.....	18
Modul 7: Research Management.....	20
Modul 8: Master's Thesis.....	22
Modul 9: Clinical and Experimental Radiation Oncology.....	24
Modul 10: Advanced Molecular Radiation Biology	27
Modul 11: Advanced Radiation Protection Research	29
Module 12: Research Practical: Cell Biology	32
Module 13: Research Practical: Radiation Protection	34
Module 14: Research Practical: Clinical Research	36
Module 15: Research Practical: Medical Physics.....	38

Aufbau des Studiengangs und allgemeine Beschreibung der Lehrformen

Der Masterstudiengang umfasst 4 Semester.

Im 1. und 2. Fachsemester werden in je drei Modulen die Grundlagen der Strahlenbiologie vermittelt (je 6 Credits). Diese werden ergänzt durch praktische Forschungsarbeit im Labor, einerseits mit gemeinsam in kleinen Gruppen durchgeführten Praktika innerhalb der drei Module, in denen spezifische strahlenbiologische Techniken gelernt werden, andererseits mit mehrwöchigen Forschungspraktika mit wählbarem Schwerpunkt (12 Credits). Außerdem werden regelmäßige Seminare und Übungen veranstaltet, die spezielle Aspekte des Studiengangs eingehender behandeln.

Im 3. Fachsemester werden drei Module unterschiedlicher Richtung strahlenbiologischer Forschung zu je 12 Credits angeboten. Zwei dieser Module sollen frei gewählt werden, um so eine Schwerpunktbildung der späteren Forschungsrichtung zu ermöglichen. Auch im 3. Fachsemester werden praktische Forschungsarbeiten durchgeführt. In der vorlesungsfreien Zeit nach dem 3. Fachsemester wird zur Vorbereitung des eigenen Forschungsprojekts eine wissenschaftliche Ausarbeitung angefertigt, in der auf der Grundlage eigenständiger Literaturrecherche das gewählte Forschungsprojekt entwickelt wird, wobei die Hypothesen, die vorgesehenen Methoden und die notwendigen Materialien beschrieben werden (Modul 7: Forschungsmanagement, 6 Credits).

Die Module bestehen in der Regel aus Vorlesungen, Seminaren, Übungen und Praktika, darüber hinaus werden in einigen Modulen Exkursionen und Demonstrationen durchgeführt.

- Vorlesungen sind Lehrveranstaltungen, in denen ein in der Regel mit Lehrbefugnis ausgestatteter Wissenschaftler spezielle Inhalte des Moduls in einem größeren Zusammenhang stellt und umfassend erörtert. Die Vorlesungsunterlagen werden den Studierenden zum Nacharbeiten des Vorlesungsinhaltes nach der Vorlesung zugänglich gemacht. Eine Vorlesung dauert in der Regel 1 Doppelstunde.
- Seminare sind Diskussionen in der Gruppe unter Leitung eines Dozenten, in denen spezifische praktische Probleme oder wissenschaftliche Fragestellungen nach einem einführenden Referat eines Studenten (Präsentation) gemeinsam diskutiert werden.
- Übungen sind gemeinsam durchgeführte Bearbeitungen quantitativer Daten, z.B. eigene oder vorgelegte Messergebnisse, mit dem Ziel der quantitativen Beschreibung von Strahlenwirkungen, z.B. Dosiswirkungsbeziehungen oder Tiefendosiskurven.
- Exkursionen sind gemeinsame Besuche von medizinischen Einrichtungen (z.B. Radonbädern), technischen Installationen (z.B. Kernkraftwerken), wissenschaftlichen Institutionen (z.B. Forschungsreaktoren) oder Einrichtungen des Strahlenschutzes (z.B. Auswertestellen für Personendosimeter), deren Arbeit eng mit dem Aufgabenfeld von Strahlenbiologen zusammenhängt.
- Demonstrationen sind Lehrveranstaltungen, in denen ein Arzt oder ein Medizinphysiker den Ablauf einer Untersuchung oder einer Behandlung, in denen ionisierende Strahlen eingesetzt werden, zeigt. Nach Möglichkeit ist dabei auch ein zu untersuchender oder zu behandelnder Patient beteiligt, der zuvor sein Einverständnis erklärt hat. Die Demonstrationen haben zudem das Ziel, die Funktionsweise der verwendeten Geräte, ihre Möglichkeiten und Grenzen zu erklären.

- Laborpraktika, die in den Modulen 3, 4, 5, 6 und 10 durchgeführt werden, sind so organisiert, dass allen Studierenden gemeinsam in kleinen Gruppen bestimmte Methoden und Techniken strahlenbiologischer Forschung durch angeleitete praktische Tätigkeit beigebracht werden, so dass sie diese später im Rahmen ihrer eigenen Forschungsprojekte anwenden können.
- Forschungspraktika dauern jeweils 6 Wochen. Für eine Woche werden 35 Präsenzstunden angesetzt. Darüber hinaus wird nach Abschluss des Praktikums eine Ausarbeitung angefertigt, in der die verwendeten Methoden kritisch in Bezug auf die angestrebten Ziele beschrieben und diskutiert werden.

Im Folgenden sind die einzelnen Module 1 – 13 aufgelistet:

1. Semester	2. Semester	3. Semester	4. Semester
Human Anatomy/ Pathology and Physiology/ Pathophysiology Pflichtmodul 6 Credits	Radiation Physics and Dosimetry Pflichtmodul 6 Credits	Clinical and Experimental Radiooncology Wahlmodul 1 12 Credits	Master's Thesis including Masterkolloquium 30 Credits
Principles of Radiation Protection and Medical Applications Pflichtmodul 6 Credits	Mechanisms of Radiation Effects on Cells and Tissue Pflichtmodul 6 Credits	Advanced Molecular Radiation Biology Wahlmodul 2 12 Credits	
Molecular Biology of the Cell Pflichtmodul 6 Credits	Molecular Radiation Biology Pflichtmodul 6 Credits	Advanced Radiation Protection Research Wahlmodul 3 12 Credits	
Research Practical Wahlmodul 12 Credits	Research Practical Wahlmodul 12 Credits	Research Management Pflichtmodul 6 Credits	

Am Ende der Module werden die Lernergebnisse durch Modulprüfungen erfasst. Diese werden in den Beschreibungen der einzelnen Module jeweils näher dargestellt. Die Prüfungen können am Semesterende wiederholt werden.

Im vierten Semester hat jeder Studierende, nach erfolgreichem Abschluss der Semester eins bis drei, eine Abschlussarbeit (Master's Thesis) anzufertigen, die auf eigenen, auf der Grundlage der vorgelegten Ausarbeitung (Modul 7: Forschungsmanagement) selbstständig durchgeführten Forschungsarbeiten beruht.

Nachweis der Studierbarkeit

Der Masterstudiengang Radiation Biology ist so konzipiert, dass die Regelstudienzeit von 2 Jahren (4 Semestern) eingehalten werden kann. Die Pflicht- und Wahlveranstaltungen sind überlappungsfrei, so dass die Studierenden im dritten Semester auch Vorlesungen des

anderen Wahlmoduls besuchen können. Die Verteilung der Präsenzzeiten über die Woche hinweg lässt genügend Raum für das Eigenstudium.

Um das Lernziel einer umfassenden Kompetenz auf allen Gebieten der strahlenbiologischen Forschung zu erreichen, werden gleichgewichtig sowohl theoretische Vorlesungen und Seminare als auch Laborpraktika angeboten. Die Lehrveranstaltungen finden entweder in Räumen des Klinikums rechts der Isar, der Technischen Universität München (TUM) oder in Labors und Räumen des Helmholtz Zentrums München statt.

Modul 1: Human Anatomy/Pathology and Physiology/Pathophysiology for Radiobiologists

Modulkennung: STRB001

Medizinische Fakultät der TUM

Modul Niveau: Master

Semesterdauer: dauert ein Semester

Häufigkeit: nur Wintersemester

Sprache: Englisch

ECTS: 6

Arbeitsaufwand: 180 Stunden;

Präsenzstunden 75 Stunden,

- davon 60 Stunden Vorlesungen (4 SWS) aufgeteilt in 30 Vorlesungsstunden Anatomie/Pathologie (2 SWS) und 30 Vorlesungsstunden Physiologie/Pathophysiologie (2 SWS)
- 15 Stunden Seminare (1SWS)

Eigenstudium 105 Stunden

Voraussetzungen: keine.

Lernergebnisse

Nach der erfolgreichen Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage, die Anatomie des Menschen darzulegen. Sie können die Organe des Menschen und deren Funktionen erklären. Die Studierenden vermögen darüber hinaus die physiologischen Funktionen des menschlichen Körpers und deren Veränderungen durch Krankheiten zu beschreiben. Die Studierenden sind zudem in der Lage, berufsbedingte und medizinisch-radiologische Strahlenexposition sowie deren Konsequenzen zu diskutieren. Folgen der Strahlenwirkung auf den Körper sowie die Organe und deren Funktionen können die Studierenden identifizieren und die Mechanismen der Strahlenwirkung sowie deren sowohl kurzfristige (<6 Monate nach Strahlenexposition) als auch langfristige (>6 Monate nach Strahlenexposition) patho-physiologischen Konsequenzen charakterisieren.

Lehr- und Lernmethoden:

Das Modul besteht aus Vorlesungen und begleitenden Seminaren. Dabei dienen die Vorlesungen zur Vermittlung der Grundlagen anhand der wichtigsten menschlichen Organe. Die Studierenden sollen außerdem zum Studium von entsprechenden Lehrbüchern, die für Studierende der Medizin in der (Vor-)Klinik oder zur Ausbildung medizinischer Assistenzberufe gedacht sind, angeregt werden, um das Wissen der Vorlesungen zu vertiefen. In den

Seminaren werden die anatomischen, pathologischen und pathophysiologischen Manifestationen bestimmter Erkrankungen, ausgehend von den klinischen Symptomen in ihren Wechselbeziehungen diskutiert, um die vermittelten Grundlagen exemplarisch anzuwenden.

Inhalt der Vorlesungen:

- Grundlagen der allgemeinen und der speziellen Anatomie
- Grundlagen der topographischen Anatomie einschließlich der Anatomie in bildgebenden Verfahren
- Grundlagen der allgemeinen und der speziellen Pathologie
- Grundlagen der Physiologie und der Pathophysiologie der Organe und Organsysteme
- Strahlenexposition und Strahlenwirkung auf den menschlichen Körper
- Folgen und Konsequenzen auf Funktionen des menschlichen Körpers

Studien- und Prüfungsleistungen

Modulnote: 100% schriftliche Klausur

Die Modulprüfung besteht aus einer schriftlichen Klausur, in der die Studierenden nachweisen, dass die durch Strahlenexposition bedingten Veränderungen in der Anatomie des Menschen sowie den physiologischen Funktionen des menschlichen Körpers verstanden werden. Das Beantworten der Fragen erfordert eigene Formulierungen. Die Prüfung dauert 90 min.

Wiederholungsmöglichkeiten: Die Prüfung kann am Semesterende wiederholt werden.

Die Prüfung kann in Übereinstimmung mit §12 (8) APSO auch mündlich abgehalten werden, in diesem Fall ist der Richtwert für die Prüfungsdauer 25 Minuten.

Modulverantwortliche: Prof. Dr. med. S. E. Combs

Dozenten: PD Dr. med. F. Neff

Prof. Dr. med. P. Vaupel

Modul 2: Principles of Radiation Protection and Medical Applications

Modulkennung: STRB002

Medizinische Fakultät der TUM

Modul Niveau: Master

Semesterdauer: dauert ein Semester

Häufigkeit: nur im Wintersemester

Sprache: Englisch

ECTS: 6

Arbeitsaufwand: 180 Stunden;

Präsenzstunden 75 Stunden,

- davon 60 Stunden Vorlesung als Ringvorlesung mit Demonstrationen, (4 SWS)
- 15 Stunden Seminare (1SWS)

Eigenstudium: 105 Stunden

Voraussetzungen: keine

Lernergebnisse:

Nach der Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage die Prinzipien des Strahlenschutzes sowie die Anwendung von Strahlen in der Medizin zu verstehen. Sie kennen die wichtigen historischen Ereignisse menschlicher Strahlenexposition, aus denen wichtige Erkenntnisse über akute und langfristige Nebenwirkungen von Strahlung gewonnen wurden. Sie können die Folgen sowie die aktuelle Forschung zu diesen Ereignissen beschreiben. Sie vermögen die einzelnen Geschehnisse zu vergleichen, sowie die Bedeutung für den heutigen Strahlenschutz zu beschreiben. Die Studierenden kennen die Funktionen der verschiedenen Organisationen, die sich mit wesentlichen Aufgaben im Strahlenschutz befassen, und können die Einsatzbereiche sowie die Aufgaben der einzelnen Organisationen erklären. Die Absolventen des Moduls verstehen die Vorschriften des beruflichen Strahlenschutzes sowie des Strahlenschutzes der Normalbevölkerung. Sie können kategorisieren, welche Regeln und Anwendungen in konkreten Situationen zur Anwendung kommen und wie sie umgesetzt werden. Durch Belegung dieses Moduls sind die Studenten außerdem befähigt, die medizinischen Maßnahmen in Diagnostik und Therapie in der Medizin zu präsentieren, sowie deren Strahlenbelastung und damit verbunden die jeweilige Risiko-Nutzen-Abwägung zu charakterisieren. Dies schließt diagnostische Methoden mittels Röntgen, CT, MRT sowie nuklearmedizinische Untersuchungen und Therapien wie auch strahlentherapeutische Behandlungen mit ein. Auf Basis der Inhalte des Moduls können die Studierenden nach erfolgreicher Belegung der Unterrichtseinheiten zudem an konkreten Beispielen die Kriterien einer Dosisoptimierung demonstrieren.

Lehr- und Lernmethoden

Das Modul besteht aus Vorlesungen und begleitenden Seminaren sowie Demonstrationen. Die Lehrveranstaltungen werden als integrierter, auf bestimmte Strahlenanwendungen fokussierter Blockunterricht gegeben. Der Blockunterricht besteht aus 15 Vorlesungsstunden Strahlenschutz, 45 Vorlesungsstunden/Demonstrationen zu Röntgendiagnostik, Nuklearmedizin und Strahlentherapie und 15 Stunden Seminaren. Es werden aufeinander aufbauend in einem Block von jeweils 1-2 Wochen die Grundlagen des Strahlenschutzes (historisch und aktuell), die Auswirkungen von Strahlen und die Nutzung von Strahlen in der Medizin (Nuklearmedizin, Radiologie und Radioonkologie) in Vorlesungen vermittelt. Die Vorlesungen mit medizinischem Schwerpunkt werden begleitet von Demonstrationen in der klinischen Diagnostik und Therapie, um die praktische Anwendung von Strahlen zu verdeutlichen. In den Seminaren werden sowohl Beispiele des Strahlenschutzes als auch der medizinischen Anwendung von Strahlen präsentiert und diskutiert.

Inhalt:

- Beschreibung der Studien und deren Ergebnisse, auf denen die Evidenz bezüglich der Langzeitfolgen beruhen, die bei Menschengruppen nach Strahlenexpositionen in der Medizin, durch berufliche Aktivitäten, durch Unfälle oder bei den Überlebenden der Atombombenexplosionen beobachtet wurden
- Einführung in die Geschichte des Strahlenschutzes und die Organisationen, die sich mit der Optimierung des Strahlenschutzes befassen
- Einführung in die Konzepte (z.B. die Dosis-Spezifikationen, die Nutzen/ Risiko Abwägungen) und in die gesetzlichen Vorgaben des Strahlenschutzes
- Einführung in die verschiedenen Verfahren der klinischen Radiologie einschließlich der damit verbundenen Strahlenexpositionen in Diagnostik und Therapie verschiedener Krankheiten und die Risiko/ Nutzen Abwägungen in der klinischen Radioonkologie
- Anwendungen von Reaktorneutronen in der Medizin und biomedizinischen Forschung
- Demonstration der Funktion der in der Röntgendiagnostik, der Nuklearmedizin und der Strahlentherapie verwendeten Geräte
- Diagnostische Konzepte der Nuklearmedizin anhand der Tracermethode und ihre Anwendung in onkologischen und nicht-onkologischen Fragestellungen.

Studien- und Prüfungsleistungen

Modulnote: 100% schriftliche Klausur

Die Modulprüfung besteht aus einer schriftlichen Klausur, in der die Studierenden ihre Kenntnis über die Auswirkungen von Strahlenereignissen in der Vergangenheit darlegen. Die Studierenden wenden die Vorschriften des Strahlenschutzes in einer konkreten Situation an und weisen das Verständnis für die Strahlenanwendungen in der Diagnostik und der Therapie nach. Das Beantworten der Fragen erfordert eigene Formulierungen. Die Prüfung dauert 120 min.

Wiederholungsmöglichkeiten: Die Prüfung kann am Semesterende wiederholt werden.

Die Prüfung kann in Übereinstimmung mit §12 (8) APSO auch mündlich abgehalten werden, in diesem Fall ist der Richtwert für die Prüfungsdauer 25 Minuten.

Modulverantwortliche: Prof. Dr. med. S. E. Combs
Dozenten: Prof. Dr. med. S. E. Combs
Prof. Dr. W. Petry
Prof. Dr. med. E. Rummeny
PD Dr. rer. nat. T. E. Schmid
Prof. Dr. med. M. Schwaiger
Prof. Dr. med. K. R. Trott
Prof. Dr. rer. nat. H.J. Wester

Modul 3: Molecular Biology of the Cell

Modulkennung: STRB003

Medizinische Fakultät der TUM

Modul Niveau: Master

Semesterdauer: dauert ein Semester

Häufigkeit: nur im Wintersemester

Sprache: Englisch

ECTS: 6

Arbeitsaufwand: 180 Stunden;

75 Präsenzstunden, davon

- 30 Stunden Vorlesungen, als Ringvorlesung (2SWS)
- 15 Seminare (1 SWS)
- 30 Stunden gemeinsame Laborpraktika (2 SWS)

Eigenstudium 105 Stunden

Voraussetzungen: keine.

Lernergebnisse:

Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage den molekularen Aufbau der Zelle und die molekulare Funktion der einzelnen Bestandteile der Zellen zu erklären. Darüber hinaus können sie die entsprechenden zellulären Regulationsmechanismen charakterisieren. Die Studenten sind in der Lage, die Struktur und Funktion der DNA sowie die molekularen Mechanismen der Entstehung von Schäden an der DNA zu beschreiben. Sie können die relevanten Reparaturmechanismen unterscheiden und die Relevanz der einzelnen Reparaturprozesse im Zusammenhang mit Strahlung beurteilen. Die Absolventen des Moduls sind befähigt die Anwendungsbereiche der verschiedenen Methoden der Molekularbiologie zu erkennen, sowie deren Aussagekraft auszuwählen, und deren Ergebnisse zu beurteilen. Sie können die Konzepte und Zusammenhänge einer experimentellen Analyse der Strahlenwirkung mit molekularbiologischen Methoden verstehen und diese Methoden im Labor anzuwenden. Die Studierenden sind in der Lage, wissenschaftliche Fragestellungen und Forschungsergebnisse zur Molekularbiologie der Zelle einzuordnen und den Stellenwert für die Strahlenanwendung und Strahlenforschung zu interpretieren.

Lehr- und Lernmethoden

Die Lehrveranstaltungen bestehen aus 30 Stunden Vorlesungen und 15 Stunden Seminare sowie einem gemeinsamen einwöchigen Laborpraktikum, um die grundlegenden Methoden der molekularen Strahlenbiologie sowohl theoretisch als auch praktisch zu vermitteln. Die Vermittlung der theoretischen Grundlagen erfolgt über die Vorlesungssitzungen. In den darauf aufbauenden Seminaren werden diese Grundlagen in verschiedenen Szenarien diskutiert. Im Laborpraktikum sollen theoretisch vermittelten Grundlagen in Versuchen aufgebaut, analysiert und praktisch erlernt werden. Die Ergebnisse sollen schriftlich dokumentiert und wissenschaftlich bewertet werden.

Inhalt:

- die molekulare Organisation der Zellen
- Struktur und Funktion des Genoms
- DNA Replikation, Genetische Rekombination
- DNA Reparatur
- Zellmembran
- Zytoplasma, Zytoskelett und Organellen
- Zellkern, DNA / RNA
- Zellproliferation, Zellteilung
- Intra- und Interzelluläre Signale
- Methoden der Molekularbiologie und deren Anwendung in der Strahlenforschung
- Grundprinzipien der Strahlenspätchäden
- Mathematische Modellierung der Karzinogenese
- Biologische Dosimetrie

Studien- und Prüfungsleistungen

Modulnote: Klausur 100%

Die Modulprüfung besteht aus einer Klausur, in der die Studierenden Kenntnisse über den molekularen Aufbau der Zelle, die molekularen Mechanismen, Schäden durch Strahlenwirkung sowie Reparaturmechanismen nachweisen. Die Prüfung dauert 120 Minuten.

Wiederholungsmöglichkeiten: Die Prüfung kann am Semesterende wiederholt werden.

Die Prüfung kann in Übereinstimmung mit §12 (8) APSO auch mündlich abgehalten werden, in diesem Fall ist der Richtwert für die Prüfungsdauer 90 Minuten.

Modulverantwortliche:	Prof. Michael Atkinson
Dozenten der Ringvorlesung:	Prof. Dr. Michael Atkinson
	Prof. Dr. Jochen Graw
	PD Dr. Soile Tapio

Prof. Dr. Hrabé d'Angelis

Prof. Dr. Wurst

Modul 4: Radiation Physics and Dosimetry

Modulkennung: STRB004

Medizinische Fakultät der TUM

Modul Niveau: Master

Semesterdauer: ein Semester

Häufigkeit: nur im Sommersemester

Sprache: Englisch

ECTS: 6

Arbeitsaufwand: 180 Stunden;

Präsenzstunden 60 Stunden

- davon 30 Stunden Vorlesungen, (2 SWS)
- 15 Stunden Seminar (1 SWS)
- 15 Stunden Praktikum (1 SWS)

Eigenstudium 125 Stunden

Voraussetzungen:

Module 001, 002, 003 des TUM Masterstudiengangs Radiation Biology oder äquivalente Module anderer Masterstudiengänge

Lernergebnisse

Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage die physikalischen Grundlagen der medizinischen Anwendung von ionisierenden Strahlen aus unterschiedlichen Quellen zu erklären. Sie verstehen die Interaktion von Strahlung mit Materie und die daraus entstehenden Dosen. Die Absolventen des Moduls kennen verschiedene Methoden der Dosismessung und können sie anwenden. Sie sind in der Lage, die Konzepte der physikalisch-technischen Bestrahlungsplanung in der Strahlentherapie zu charakterisieren. Die Studenten verstehen die physikalischen Grundlagen verschiedener Bildgebungsverfahren in der Medizin und können differenzierte Einsatzgebiete verschiedener Techniken in Diagnostik und Therapie illustrieren.

Inhalt:

- Einführung in die strahlenphysikalischen Grundlagen der Strahlenbiologie und der medizinischen Strahlenanwendungen
- Erzeugung von ionisierenden Strahlen, Radioaktivität, Interaktionen von Strahlung mit Materie, Dosimetrie, Strahlenquellen in der klinischen Medizin und der strahlenbiologischen Forschung

- Physikalische Grundlagen von Bildgebungsverfahren in der Medizin
- Physikalische Grundlagen der Strahlentherapie einschließlich der klinischen Behandlungsverfahren und Behandlungsgeräte; Prinzipien der Bestrahlungsplanung in der Strahlentherapie

Lehr- und Lernmethoden

Das Modul besteht aus Vorlesungen zur Vermittlung der theoretischen Grundlagen und einem Seminar, in dem die Studenten ihre Kompetenz in strahlenphysikalischen und dosimetrischen Problemlösungen präsentieren. Darüber hinaus wird im Praktikum zur Dosimetrie die Versuchsplanung und -durchführung demonstriert und geübt die Versuchsergebnisse fachgerecht darzustellen und zu analysieren.

Studien- und Prüfungsleistungen

Modulnote: mündliche Prüfung 100%

Die Prüfungsleistung wird in Form einer mündlichen Prüfung (20 Minuten) erbracht, die sich auf das gesamte Modul erstreckt. In dieser soll nachgewiesen werden, dass die Anwendungen der Strahlenphysik in der medizinischen Behandlung verstanden werden. Darüber hinaus sollen die physikalischen und klinischen Aspekte in Diagnostik und Therapie berichtet und Fragen dazu beantwortet werden können. Die Modulnote ergibt sich ausschließlich aus der mündlichen Prüfung.

Wiederholungsmöglichkeiten: Die Prüfung kann am Semesterende wiederholt werden.

Modulverantwortlicher: Prof. Dr. J. Wilkens

Dozenten: Prof. Dr. J. Wilkens

Prof. Dr. F. Pfeiffer

Modul 5: Mechanisms of Radiation Effects on Cells and Tissue

Modulkennung: STRB005

Medizinische Fakultät der TUM

Modul Niveau: Master

Semesterdauer: 1 Semester

Häufigkeit: nur im Sommersemester

Sprache: Englisch

ECTS: 6

Arbeitsaufwand: 180 Stunden;

Präsenzstunden 90 h, davon

- 30 Stunden Vorlesungen, (2 SWS)
- 45 Stunden Laborpraktikum
- 15 Stunden Übungen

Eigenstudium 90 Stunden

Voraussetzungen:

Module 001, 002, 003 des TUM Masterstudiengangs Radiation Biology oder äquivalente Module anderer Masterstudiengänge.

Lernergebnisse

Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage die Wirkungskette der biologischen Strahlenwirkungen von den unmittelbar nach unterschiedlicher Strahleneinwirkung auftretenden molekularen Veränderungen bis hin zu den Strahlenfolgen in der DNA, den Chromosomen und den Zellen zu verstehen und zu analysieren. Sie können die Wirkungen ionisierender Strahlen auf die Funktion klonogener Zellen und Stammzellen in vivo und in vitro analysieren. Die Studierenden verstehen die Wirkung von Strahlung auf das Immunsystem. Die Absolventen verstehen die Pathogenese von späten Strahlenfolgen in gesunden und erkrankten Geweben und Organen, und können die klinische Relevanz dieser Veränderungen auf Basis medizinischer Befunde einordnen und bewerten. Sie sind in der Lage, auf Basis strahlenbiologischer Prinzipien experimentelle Modelle zur Aufklärung der Pathogenese geweblicher Strahlenfolgen zu entwickeln.

Inhalt:

- Die Entwicklung zellulärer Strahlenwirkungen von strukturellen Veränderungen der DNA und daraus entstehenden strukturellen Chromosomenaberrationen zu Funktionsstörungen der Zelle

- die Dosisabhängigkeit strahleninduzierter Störungen der Zellproliferation und Zellfunktionen von Zellen *in vitro* wie auch in Stammzellen und nicht-Stammzellen *in vivo*
- die Abhängigkeit der verschiedenen zellulären Strahlenschäden von Dosis, Dosisleistung, Fraktionierung, Mikromilieu, Strahlenqualität, einschließlich der zugrunde liegenden molekularen und genetischen Mechanismen
- die Rolle der verschiedenen zellulären Strahlenwirkungen bei der Entstehung der verschiedenen frühen, späten und sehr verzögert auftretenden geweblichen Strahlenschäden in den unterschiedlichen Organen
- Die Rolle der Strahlenwirkungen auf Zellen des Immunsystems

Lehr- und Lernmethoden

Das Modul besteht aus Vorlesungen, Übungen und zwei Laborpraktika an Zellen *in vitro*. Die Übungen dienen dazu die Wirkungen ionisierender Strahlen auf die Funktion klonogener Zellen und Stammzellen zu analysieren und richtig zu bewerten. Da sich die zu untersuchenden Strahlenfolgen über Tage und Wochen hin entwickeln, sind die Praktikumsstunden über einen Zeitraum von 6 Wochen verteilt.

Im Praktikum 1 (2 Wochen) wird die Entstehung von stabilen und instabilen Chromosomenaberrationen in menschlichen Lymphozyten nach unterschiedlichen Strahlendosen sowie deren Beziehung zur Auslösung und Reparatur von DNA Doppelstrangbrüchen untersucht.

Im Praktikum 2 (4 Wochen) werden in verschiedenen etablierten Tumor-Zelllinien mit unterschiedlicher Strahlenempfindlichkeit nach verschiedenen Strahlendosen unterschiedliche Strahlenfolgen (wie Verlust der Koloniebildungsfähigkeit, Zelltod, Apoptose, metabolische Aktivität, Mikrokernbildung, Proliferationsverhalten, DNA-Schäden, Änderungen im Immunphänotyp der Lymphozyten u.ä.) untersucht und deren Dosisabhängigkeit miteinander verglichen. Die Studierenden verfassen von beiden Praktika detaillierte Berichte über Methoden, Ergebnisse und deren kritischen Vergleich sowie Schlussfolgerungen.

Studien- und Prüfungsleistungen

Modulnote: 100% Klausur

Die Modulprüfung besteht aus einer Klausur, in der die Studierenden die Strahlenwirkungen auf Zellen und Gewebe ohne Hilfsmittel abrufen und erinnern sollen. Die Klausur besteht aus Verständnisfragen über die molekularen und zytogenetischen Strahlenfolgen in bestrahlten Zellen und deren Abhängigkeit von Dosis, Dosisleistung und Zeit. Darüber hinaus soll das Verständnis für die Rolle dieser zellulären Strahlenreaktionen bei der zellulären Pathogenese von frühen und späten Strahlenfolgen in Geweben und Organen nachgewiesen werden. Die Prüfung dauert 120 Minuten.

Wiederholungsmöglichkeiten: Die Prüfung kann am Semesterende wiederholt werden.

Die Prüfung kann in Übereinstimmung mit §12 (8) APSO auch mündlich abgehalten werden, in diesem Fall ist der Richtwert für die Prüfungsdauer 25 Minuten.

Modulverantwortlicher: PD Dr. T. E. Schmid

Dozenten: Prof. Dr. G. Multhoff

PD Dr. T. E. Schmid

Prof. Dr. K. R. Trott

Modul 6: Molecular Radiation Biology

Modulkennung: STRB006

Medizinische Fakultät der TUM

Modul Niveau: Master

Semesterdauer: 1 Semester

Häufigkeit: nur im Sommersemester

Sprache: Englisch

ECTS: 6

Arbeitsaufwand: 180 Stunden;

Präsenzstunden 75 h, davon

- Vorlesungsstunden 45 als Ringvorlesung (3 SWS)
- Praktika 30 Stunden (2 SWS)

Eigenstudium 105 Stunden

Voraussetzungen:

Module 001, 002 und 003 des TUM Masterstudiengangs Radiation Biology oder äquivalente Module anderer Masterstudiengänge

Lernergebnisse:

Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage die molekularbiologischen Mechanismen der Auslösung strahleninduzierter Malignome zu beschreiben und die medizinische und gesellschaftliche Relevanz zu charakterisieren. Sie können die molekularbiologischen Mechanismen der Erzeugung und Reparatur von strahleninduzierten DNA-Schäden analysieren und interpretieren, sowie die molekularbiologischen Mechanismen strahleninduzierter Funktionsstörungen erklären. Die Absolventen sind in der Lage, molekularbiologische Experimente zur Analyse bestimmter strahleninduzierter Prozesse in bestrahlten Zellen mit der Anwendung jeweils geeigneter in vitro oder in vivo Modelle zu konzipieren, durchzuführen und zu bewerten.

Inhalt:

- Molekularbiologische Mechanismen der Auslösung der verschiedenen strahleninduzierten bösartigen Erkrankungen
- Molekularbiologische Mechanismen der Erzeugung und Reparatur von strahleninduzierten DNA-Schäden sowie deren Folgen für Funktion und Proliferationsfähigkeit der bestrahlten Zellen

- Die Rolle verschiedener molekularbiologischer Signalketten auf Funktion und Struktur bestrahlter Zellen
- *in vitro*-, *in vivo*-, und *in silico*-Modelle in der molekularen Strahlenforschung

Lehr- und Lernmethoden

Das Modul besteht aus Vorlesungen und einem Laborpraktikum der ganzen Gruppe, sowie aus Seminaren, in denen spezifische molekularbiologische Änderungen im Stil eines Journal Club auf der Basis von Präsentationen, in denen die Studierenden ausgewählte Publikationen der molekularen Strahlenbiologie vorstellen, in der Gruppe diskutiert werden.

Studien- und Prüfungsleistungen

Modulnote: Klausur 100%

Die Modulprüfung besteht aus einer schriftlichen Klausur, in der die Studierenden die Lernergebnisse ohne Hilfsmittel abrufen und erinnern sollen. Die schriftliche Klausur besteht aus Fragen, in der nachgewiesen werden soll, dass die molekularen Reaktionen, die in den verschiedenen zellulären Strukturen durch Strahlen ausgelöst werden analysiert und die, im Rahmen komplexer Regulationsvorgänge, daraus resultierenden funktionellen Änderungen der Zelle beschrieben werden können. Die Prüfung dauert 90 Minuten.

Wiederholungsmöglichkeiten: Die Prüfung kann am Semesterende wiederholt werden.

Die Prüfung kann in Übereinstimmung mit §12 (8) APSO auch mündlich abgehalten werden, in diesem Fall ist der Richtwert für die Prüfungsdauer 25 Minuten.

Modulverantwortliche:	Prof. Dr. M. Atkinson.
Dozenten der Ringvorlesung	Prof. Dr. M. Atkinson Prof. J. Graw Prof. N. Hrabé d'Angelis Prof. N. Wurst PD Dr. S. Tapio Dr. M. Rosemann Prof. Dr. G. Multhoff

Modul 7: Research Management

Modulkennung: STRB007

Medizinische Fakultät der TUM

Modul Niveau: Master

Semesterdauer: ein Semester Vollzeit

Häufigkeit: Wintersemester

Sprache: Englisch

ECTS: 6

Arbeitsaufwand: 180 Stunden

15 Präsenzstunden, davon

- 15 Stunden Seminar und Übung und (1 SWS)

150 Stunden Selbststudium

Voraussetzungen:

Module 001 – 006 des TUM Masterstudiengangs Radiation Biology oder äquivalente Module anderer Masterstudiengänge

Lernergebnisse

Nach der Teilnahme an diesem Modul des Masterstudiengangs Radiation Biology sind die Studierenden in der Lage, die wissenschaftlichen Vorarbeiten für ein neues Forschungsprojekt eigenständig zu ermitteln und zu bewerten. Auf Basis bereits bekannter Informationen und eigener Literaturrecherche können die Studierenden ein eigenes Forschungsprojekt planen und den aktuellen Wissenstand zu diesem gewählten Thema diskutieren. Die Absolventen können die wissenschaftlichen Voraussetzungen und Hypothesen, des experimentellen Designs, die Auswahl der zu verwendenden Methoden und Materialien für das, der Masterthesis zugrunde liegendem Forschungsprogramm, erarbeiten. Sie sind in der Lage einen Projektmanagementplan für ein Forschungsprojekt im Hinblick auf Finanzierung, Budgetberechnung, Zeitmanagement etc. zu entwickeln.

Lehr- und Lernformen

Die Studierenden lernen in einem Seminar die Entwicklung eines wissenschaftlichen Forschungsprojekts und üben den dazugehörigen Umgang mit Forschungsdaten, die Literaturrecherche, Projektmanagement und Zeitmanagement. Die Studierenden entwickeln in Zusammenarbeit mit dem Leiter des jeweiligen Labors und einem fachkundigen Themensteller, der dem Lehrpersonal der TUM angehört, ein eigenes Projekt, insbesondere

die Hypothesen und die Wahl der zu ihrer Überprüfung geeigneten labortechnischen Verfahren, sowie die Material- und Literaturrecherchen.

Inhalt:

- Literaturrecherche
- Hypothesenbildung
- experimentelles Design, Auswahl von Materialien und Methoden

Studien- und Prüfungsleistung

Modulnote: 100% schriftliche Ausarbeitung

Die Studierenden legen eine wissenschaftliche Ausarbeitung in Form eines Projektantrags zu einem selbst gewählten Thema vor, in der das durchzuführende Forschungsprojekt ausführlich dargestellt wird. Die Ausarbeitung beinhaltet sowohl eine inhaltliche Auseinandersetzung mit dem gewählten Projekt im Kontext der aktuellen Forschung zu diesem Thema als auch einen detaillierten Plan zur Durchführung mit Berücksichtigung der eventuell benötigten Materialien, der Finanzierung und des Zeitplans.

Wiederholungsmöglichkeiten: Die Prüfung kann wiederholt werden.

Modulverantwortliche: Prof. Dr. S. E. Combs/Prof. Dr. M. Atkinson

Dozenten: Dr. K. Kessel

Modul 8: Master's Thesis

Modulkennung: STRB008

Medizinische Fakultät der TUM

Modul Niveau: Master

Semesterdauer: ein Semester Vollzeit

Häufigkeit: in der Regel Sommersemester

Sprache: Englisch

ECTS: 30

Arbeitsaufwand: 900 Stunden Selbstlernzeit; davon 810 Stunden Ausarbeitung einer Masterdissertation und 90h Prüfungsvorbereitung und Kolloquium

Voraussetzungen:

Module 1 – 13 des Studiengangs Strahlenbiologie der TUM

Lernergebnisse

Nach der Teilnahme an dem abschließenden Modul des Masterstudiengangs Strahlenbiologie sind die Studierenden in der Lage

- ein eigenes Forschungsprojekt zu entwickeln
- das Forschungsprojekt durchzuführen
- die Versuche und Ergebnisse in den wissenschaftlichen Kontext einzubetten
- eine Thesis auf der Basis eigener Forschungsarbeiten zu produzieren
- vor einem Prüfungsausschuss die Thesis zu verteidigen
- die gewonnenen Schlussfolgerungen im Vergleich zu den in der Literatur vertretenen Ansichten zu diskutieren und zu beweisen

Lehr- und Lernformen

Diese Projekte umfassen alle Bereiche strahlenbiologischer Forschung und werden von kooperierenden Forschern aus allen europäischen Ländern vorgeschlagen. Auf der Grundlage des in Modul 7 entwickelten Programms führen die Studierenden in dem betreffenden Labor unter der Betreuung des jeweiligen Laborleiters eigenständig ihr Projekt durch. Der fachkundige Themensteller der TUM betreut in Zusammenarbeit mit dem jeweiligen Laborleiter oder kooperierenden Forscher die Ausarbeitung der Master's Thesis, die 6 Monate nach der offiziellen Themenvergabe durch den Prüfungsausschuss vorzulegen ist. Der Master's Thesis folgt ein Masterkolloquium mit Präsentation und Disputation der Thesis.

Inhalt

- ein eigenes Forschungsprojekt entwickeln und eigenständig realisieren
- Thesis auf der Basis eigener Forschungsarbeiten
- Verteidigung der Thesis vor Prüfungsausschuss

Studien- und Prüfungsleistung

Modulnote: 90% wissenschaftliche Ausarbeitung (Master's Thesis), 10% Präsentation (Masterkolloquium)

Die Prüfungsleistung besteht aus der Vorlage einer Master's Thesis und einem Masterkolloquium.

Die Bearbeitungsdauer der Thesis beträgt 6 Monate ab offizieller Vergabe des Themas durch den Prüfungsausschuss.

Das Masterkolloquium folgt der bestandenen Master's Thesis spätestens zwei Monate nach Bekanntgabe des Ergebnisses und dauert 60 Minuten. Anhand des Kolloquiums wird geprüft, ob die Studenten die Inhalte der Masterarbeit eigenständig, präzise und anschaulich darstellen können. Die Studierenden sollen zeigen, dass sie mit rhetorischer Sicherheit überzeugend und professionell auftreten können, und die Fragen im Themenkontext beantworten und wissenschaftliche diskutieren können. Die Studierenden haben insgesamt 30 Minuten Zeit ihre Thesis vorzustellen. Daran schließt sich eine Diskussion an, die sich ausgehend von dem Thema der Master's Thesis auf das weitere Fachgebiet des Masterstudiengangs im Kontext zum Thema der Masterarbeit erstreckt.

Die Master's Thesis kann einmal mit einem neuen Thema wiederholt werden.

Modul 9: Clinical and Experimental Radiation Oncology

Wahlmodul 1

Modulkennung: STRB009

Medizinische Fakultät der TUM

Modul Niveau: Master

Semesterdauer: dauert ein Semester

Häufigkeit: nur im Wintersemester

Sprache: Englisch

ECTS: 12

Arbeitsaufwand: 360 Stunden;

135 Präsenzstunden, davon

- 75 Stunden Vorlesungen als Ringvorlesung (5 SWS)
- 45 Stunden Seminare (2 SWS)
- 15 Stunden „Klinikkonferenzen“ (1 SWS)

225 Stunden Eigenstudium

Voraussetzungen:

Module 004, 005, 006 des TUM Masterstudiengangs Radiation Biology oder äquivalente Module anderer Masterstudiengänge.

Lernergebnisse

Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage den klinischen Zusammenhang zwischen biologischer Strahlenwirkung auf Tumoren sowie das Normalgewebe zu verstehen. Sie sind in der Lage, die biologischen Mechanismen zu analysieren, die zu den Wochen, Monate oder Jahre nach Strahlentherapie auftretenden Strahlenfolgen in mitbestrahlten Gewebe führen können. Die Absolventen des Moduls können die klinischen Manifestationen und Symptome früher und später Strahlenfolgen in bestrahlten sowie benachbarten Organen und Geweben beschreiben. Sie können die maßgeblichen Faktoren der Bestrahlungsplanung wie z.B. Definition des zu bestrahlenden Volumens, anatomische Dosisverteilung, Dosis- und Fraktionierungskonzepte darlegen. Sie kennen die Wichtigkeit des Zeitfaktors sowie die unterschiedliche Wirksamkeit von Dosis- und Fraktionierungskonzepten auf bestrahlte Tumoren und Normalgewebe. Die Studenten vermögen das unterschiedliche Ansprechen des bestrahlten Tumors und der mitbestrahlten gesunden Gewebe und Organe (Normalgewebe) auf die Strahlentherapie im einzelnen Patienten zu verstehen und zu bewerten. Darüber hinaus sind sie befähigt, experimentelle Strategien zu entwickeln, um die möglichen Ursachen der individuellen Strahlenempfindlichkeit von Tumoren und von verschiedenen gesunden Organen und

Gewebe zu analysieren und zu bewerten. Sie können Hypothesen über Möglichkeiten der Verbesserung der Strahlentherapie generieren, wie beispielsweise Kombinationsbehandlungen von molekularbiologischen oder chemotherapeutischen Therapien mit Strahlentherapie, und experimentelle Projekte planen, die an geeigneten in vitro Systemen oder in Versuchstieren die entwickelten Hypothesen testen können. Die Studenten sind in der Lage, die Grundlagen evidenzbasierter Radioonkologie in einem Referat über ein spezielles klinisches Problem zu verteidigen.

Inhalt:

- Grundlagen der klinischen Radioonkologie sowie Methoden und Ziele der translationalen Forschung in der Radioonkologie
- die Biologie der Tumorstammzellen in vivo und die Wirkungen von ionisierenden Strahlen auf Tumorstammzellen
- Strahlenempfindlichkeit von verschiedenen Tumoren, kurative und palliative Strahlentherapie, Ansprechen auf die Therapie, Tumorheilung, Tumorregression, Tumorrezidiv, Metastasierung, Interaktion von Strahlentherapie mit Chemotherapie
- die Entwicklung früher und später Strahlenfolgen in den verschiedenen kritischen Organen, klinische Manifestationen, Dosis-Volumen-Beziehungen, Pathogenese, Therapie, Prognose
- klinische Probleme bei der Planung und Nachsorge der Strahlentherapie von häufigen und kritischen Tumorerkrankungen (Mamma Ca, Prostata Ca, Kopf-Hals Tumoren, Tumoren bei Kindern, u.a.)
- Klinische Konzepte in der Radioonkologie sowie Kombinationsbehandlungen
- Planung, Durchführung und Auswertung von Tierversuchen über die Strahlenwirkungen auf transplantierte Tumoren (Xenograft, syngene und orthotope Tumormodelle).
- Planung, Durchführung und Auswertung von Tierversuchen über die Strahlenwirkungen auf kritische gesunde Organe: Bestrahlung, klinische, pathologische und molekularbiologische Reaktionen, interventionelle Studien
- Ethische und rechtliche Grundlagen des Tierschutzes in der Forschung
- Nachsorge nach Strahlentherapie, Risiko von sekundären, therapieinduzierter Malignome

Lehr- und Lernmethoden

Das Modul besteht aus Vorlesungen, Seminaren und Übungen. Ein Teil der Seminare sollen die Form vorbereiteter „Klinikkonferenzen“ haben, in denen Probleme der Behandlungsplanung realer Patienten, in Form von Klinikkonferenzen, anonym diskutiert werden. Der andere Teil der Seminare soll in Form eines Journal Clubs die Möglichkeit bieten aktuelle Forschungsthemen zu präsentieren und auf Basis der theoretischen Vorlesungen im Forschungskontext zu diskutieren. Die Übungen sollen anhand ausgewählter Ergebnisse von translationalen Experimenten in vitro oder in vivo die Probleme der Quantifizierung und der Beschreibung von klinischen oder experimentellen Daten üben.

Studien- und Prüfungsleistungen

Modulnote: Klausur 100%

Die Modulprüfung besteht aus einer schriftlichen Klausur, in der die Studierenden die Lernergebnisse ohne Hilfsmittel abrufen und erinnern sollen.

Die Klausur besteht aus Verständnisfragen über die Beziehungen zwischen der geplanten Dosis und der anatomischen Dosisverteilung und den Reaktionen der bestrahlten Tumoren und den partiell im bestrahlten Volumen gelegenen gesunden Organen und Geweben sowie die Kriterien der Optimierung der Bestrahlungsplanung. Darüber hinaus wird die Fähigkeit des Studierenden geprüft, auf der Grundlage klinischer Befunde und Hypothesen zur weiteren Verbesserung der Strahlentherapie experimentelle Projekte zur quantitativen Überprüfung solcher Hypothesen zu entwickeln. Die Antworten erfordern eigene Formulierungen. Die Prüfung dauert 120 min.

Wiederholungsmöglichkeiten: Die Modulprüfungen können am Semesterende wiederholt werden.

Die schriftliche Prüfung kann in Übereinstimmung mit §12 (8) APSO auch mündlich abgehalten werden, in diesem Fall ist der Richtwert für die Prüfungsdauer 25 Minuten.

Modulverantwortlicher

Prof. S. E. Combs

Dozenten der Ringvorlesung:

Prof. Dr. S. E. Combs

Prof. Dr. M. Schwaiger

Prof. Dr. J. Wilkens

Prof. Dr. K.R. Trott

Prof. Dr. G. Multhoff

Dr. M. Rosemann

PD Dr. T. E. Schmid

PD Dr. Habermehl

Dr. G. Habl

Dr. N.M. Duma

Dr. Hanno Specht

Dr Steffi Pigorsch

Dr. Christoph Straube

Modul 10: Advanced Molecular Radiation Biology

Wahlmodul 2

Modulkennung: STRB010

Medizinische Fakultät der TUM

Modul Niveau: Master

Semesterdauer: dauert ein Semester

Häufigkeit: nur im Wintersemester

Sprache: Englisch

ECTS: 12

Arbeitsaufwand: 360 Stunden;

Präsenzstunden 120 h, davon

- 60 h Vorlesungen als Ringvorlesung einschließlich Seminaren (4 SWS)
- 60 h Praktika mit Übungen (4 SWS)

Eigenstudium 240 Stunden

Voraussetzungen:

Module 004, 005 und 006 des TUM Masterstudiengangs Radiation Biology oder äquivalente Module anderer Masterstudiengänge

Lernergebnisse:

Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage die molekularen Mechanismen strahlenbedingter Gesundheitsstörungen darzustellen. Sie sind in der Lage, mit der Kenntnis dieser Veränderungen das Design und die Ergebnisse von Studien zur molekularen Epidemiologie von Gesundheitsstörungen nach Exposition mit niedrigen Strahlendosen zu bewerten. Die Studierenden können das Design und die Anwendung von biomathematischen Modellen zur Risikoanalyse niedriger Strahlendosen bewerten. Sie sind in der Lage, das Design von Studien zur Molekularbiologie strahleninduzierter Gesundheitsstörungen, und deren Ergebnisse selbstständig zu bewerten. Sie können neue Forschungsansätze zur molekularen Pathogenese und individuellen Empfindlichkeit gegenüber strahleninduzierten frühen oder späten Strahlenfolgen der Strahlentherapie entwickeln. Sie können darüber hinaus strahlenbiologische Wirkungen auf molekularer Ebene verständlich und anschaulich durch professionelles und rhetorisch sicheres Auftreten darstellen und diskutieren.

Inhalt:

- das Wissen über Studien zur Molekularbiologie strahleninduzierter Gesundheitsstörungen nach niedrigen Strahlendosen
- Die Erklärung von molekularer Pathogenese und die individuelle Empfindlichkeit gegenüber strahleninduzierten frühen oder späten Strahlenfolgen der Strahlentherapie
- Molekulare epidemiologische Studien
- Verschiedene biomathematische Modelle zur Risikoanalyse
- Molekularbiologie der Vererbung
- Ethische Aspekte der molekularbiologischen Strahlenforschung

Lehr- und Lernmethoden

Das Modul besteht aus einer Ringvorlesung zu den Inhalten des Moduls mit darauf aufbauenden Seminaren, in denen die Studierenden über aktuelle Forschung referieren und mit Kommilitonen diskutieren. In den zugehörigen Praktika und Übungen werden unter Anleitung eigene Experimente geplant, durchgeführt und dokumentiert. Es wird geübt diese Experimente in einen wissenschaftlichen Kontext zu bringen und vor einer Gruppe vorzustellen und zu diskutieren.

Studien- und Prüfungsleistungen

Modulnote: Mündliche Prüfung 100%

Die Modulprüfung besteht aus einer mündlichen Prüfung (30min), in der die Studierenden die Lernergebnisse ohne Hilfsmittel abrufen und erinnern sollen. Die Prüfung besteht aus Verständnisfragen über die gesamten Lernergebnisse des Moduls. Darin weisen die Studierenden nach, dass sie spezifische Probleme der molekularen Pathogenese von Strahlenfolgen nach niedrigen und therapeutisch angewendeten Strahlendosen erkennen und beschreiben sowie Wege zu einer Lösung finden können. Darüber hinaus weisen die Studenten nach, dass sie die Methoden der Praktika erläutern und bewerten können.

Wiederholungsmöglichkeiten: Die Modulprüfungen können am Semesterende wiederholt werden.

Modulverantwortliche:	Prof. Dr. M. Atkinson.
Dozenten der Ringvorlesung	Prof. Dr. M. Atkinson PD Dr. S. Tapio Dr. M. Rosemann

Modul 11: Advanced Radiation Protection Research

Wahlmodul 3

Modulkennung: STRB011

Medizinische Fakultät der TUM

Modul Niveau: Master

Semesterdauer: dauert ein Semester

Häufigkeit: nur im Wintersemester

Sprache: Englisch

ECTS: 12

Arbeitsaufwand: 360 Stunden;

150 Präsenzstunden, davon

- 75 Stunden Vorlesungen (5 SWS),
- 30 Stunden Übungen
- 45 Stunden Seminare
- Eigenstudium 210 Stunden

Voraussetzungen:

Module 004, 005, 006 des TUM Masterstudiengangs Radiation Biology oder äquivalente Module anderer Masterstudiengänge.

Lernergebnisse

Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage, die Risiken strahleninduzierter Gesundheitsschäden bei strahlenexponierten Personen (sowohl bei berufsbedingten Strahlenexpositionen, aber auch bei ungeplanten, z.B. unfallbedingten Expositionen) und deren Nachkommen evidenzbasiert zu quantifizieren und zu bewerten. Sie können Unsicherheiten der Risikoabschätzung analysieren und interpretieren. Die Studenten sind in der Lage, Forschungsansätze (sowohl epidemiologische Untersuchungen als auch strahlenbiologische Experimente) zum Strahlenrisiko zu entwickeln. Die können die Dosen durch externe Strahlenexposition sowie diejenigen, die durch freigesetzte und inkorporierte Radionuklide in den verschiedenen Organen und Geweben zustande kommen, abzuschätzen und zu bewerten. Nach Abschluss dieses Moduls können die Studenten die medizinischen und organisatorischen Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung bei schweren kerntechnischen Unfällen implementieren und diskutieren. Die Studierenden können

Inhalt

- Strahlenepidemiologische Methoden, Kohorten, Ergebnisse: epidemiologische Studien an Kohorten strahlenexponierter Personen (z.B. Hiroshima und Nagasaki, Marschall Inseln, Kasakstan, Mayak, Chernobyl)
- Follow-up Studien an durch medizinische Maßnahmen strahlenexponierten Patienten: Ergebnisse und Bedeutung für den Strahlenschutz
- Strahlenexposition durch Kernkraftwerke im Normalbetrieb und bei Unfällen, der nukleare Brennkreislauf, Endlagerung; Entsorgung militärischer nuklearer Hardware; Methoden und Ergebnisse epidemiologischer Studien an beruflich strahlenexponierten Personen
- Grundlagen der Radioökologie: Radioaktive Stoffe, Ausbreitung, Transfer in Nahrungsmittel, Verteilung im Körper nach Inkorporation, Organdosen
- Natürliche Strahlenbelastung, insbesondere durch Radon: Dosen und Effekte
- Genetische Strahlenfolgen
- Entwicklungsstörungen nach Exposition in utero
- Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen und medizinische Betreuung im Katastrophenfall: ethische und gesellschaftliche Aspekte der Kernenergie
- Strahlenrisiko: wissenschaftliche, ethische und gesellschaftliche Aspekte

Lehr- und Lernmethoden

Das Modul besteht aus Vorlesungen, Übungen, Seminaren und Exkursionen. In den Vorlesungen werden die grundlegenden Inhalte vermittelt, deren Anwendung und Vertiefung in den Übungen und Seminaren in Kleingruppenarbeiten sowie Referaten ausgeweitet werden. Zur Veranschaulichung der praktischen Relevanz des Strahlenschutzes werden Exkursionen angeboten z.B. zur Probennahme z.B. Messungen der Umweltradioaktivität, Besichtigung kerntechnischer Anlagen, sowie Arbeiten im messtechnischen Labor zur Messung gezogener Umweltproben. In den Präsentationen (Studienleistung), deren Thema aus dem Themenkreis des Moduls ausgewählt wird, weisen die Studierenden ihre Kompetenz nach auf der Basis eigener Literaturrecherche den aktuellen Wissensstand über ein vorgegebenes Thema zum Strahlenrisiko, und zum vorbeugenden Strahlenschutz darzustellen und zu diskutieren.

Studien- und Prüfungsleistungen

Modulnote: Klausur 100%

Die Modulprüfung besteht aus einer schriftlichen Klausur, in der die Studierenden die Lernergebnisse ohne Hilfsmittel abrufen und erinnern sollen. Die Klausur besteht aus Verständnisfragen über die gesamten Lernergebnisse des Moduls. Darin weisen die Studierenden zum einen ihr Verständnis für das mögliche Design epidemiologischer Untersuchungen der gesundheitlichen Langzeitfolgen von Strahlenexpositionen aus unterschiedlichen Quellen und Gründen nach und zum anderen ihre Kompetenz in praktischen

Fragen des Strahlenschutzes in der Medizin und der Kerntechnik beratend an Entscheidungen mitzuwirken. Die Prüfung dauert 120 Minuten.

Wiederholungsmöglichkeiten: Die Modulprüfungen können am Semesterende wiederholt werden.

Die schriftliche Prüfung kann in Übereinstimmung mit §12 (8) APSO auch mündlich abgehalten werden, in diesem Fall ist der Richtwert für die Prüfungsdauer 60 Minuten.

Modulverantwortlicher: Prof. Dr. M. Atkinson

Dozenten: Prof. Dr. W. Rühm

Prof. Dr. K.R. Trott

Module 12: Research Practical: Cell Biology

Wahlmodul 1

Modulkennung: STRB 012

Medizinische Fakultät der TUM

Modul Niveau: Master

Semesterdauer: 1

Häufigkeit: Winter und Sommersemester

Sprache: Englisch

ECTS: 12

Arbeitsaufwand: 360 Stunden

Präsenzstunden 225 Stunden

Eigenstudium 135 Stunden

Voraussetzungen:

keine

Lernergebnisse

Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage

- unter Anleitung strahlenbiologische Forschungsarbeiten durchzuführen
- die verwendeten Versuchstechniken anzuwenden
- die bei der Forschungsarbeit im Labor gewonnenen Ergebnisse auszuwerten
- die Versuche in einem Laborbuch zu dokumentieren
- die verwendeten Versuchstechniken zu beschreiben
- die Versuchstechniken und Forschungsarbeiten zu bewerten

Lehr- und Lernformen

Das Forschungspraktikum Cell Biology dauert sechs Wochen. Die Studierenden arbeiten Vollzeit in einer strahlenbiologischen, wissenschaftlichen Forschungsgruppe. Dort werden sie in ein gerade bearbeitetes Projekt einbezogen und sollen alle im jeweiligen Projekt verwendeten Versuchstechniken erlernen und anwenden. Nach Abschluss des jeweiligen Praktikums wird eine Ausarbeitung angefertigt, in der die verwendeten Methoden kritisch in Bezug auf die angestrebten Ziele des Forschungsprojektes an dem der Studierende beteiligt war, beschrieben und diskutiert werden. Die Forschungspraktikum Zellbiologie ist eines von vier Wahlmöglichkeiten, aus denen die Studierenden zwei nach individuellen Interessen auswählen können.

Inhalt

- Fragestellungen und Methoden translationaler strahlenbiologischer Forschung
- Zellkulturmethoden, Transplantation und Messung des Wachstums von Tumoren in Versuchstieren, präzise Bestrahlung von biologischen Objekten und Tumoren und Organen in Versuchstieren sowie deren Dosimetrie
- Quantifizierung von Bestrahlungsfolgen in den verwendeten biologischen Objekten, wie Koloniebildungsfähigkeit, oder DNA-Brüche, aber auch Tumorwachstumsverzögerung und -heilung, sowie funktionelle und morphometrische Quantifizierung von frühen und späten Strahlenfolgen in Geweben.
- Isolierung von Zellen, DNA und anderen Zellmolekülen aus bestrahlten Zellen und Geweben
- Histopathologie
- Proteomics und andere -omics

Studien- und Prüfungsleistungen

Modulnote: 100% Bericht

Die Studierenden weisen in einem Bericht unter Berücksichtigung relevanter Forschungsliteratur über die von ihnen mitbearbeiteten Forschungsprojekte nach, dass sie die Fragestellungen der von ihnen bearbeiteten Projekte und die von ihnen verwendeten Untersuchungsmethoden verstanden haben und verständlich darstellen können.

Modulverantwortliche: Prof. Dr. M. Atkinson.

Module 13: Research Practical: Radiation Protection

Wahlmodul 2

Modulkennung: STRB 013

Medizinische Fakultät der TUM

Modul Niveau: Master

Semesterdauer: 1

Häufigkeit: Winter und Sommersemester

Sprache: Englisch

ECTS: 12

Arbeitsaufwand: 360 Stunden

Präsenzstunden 225 Stunden

Eigenstudium 135 Stunden

Voraussetzungen:

keine

Lernergebnisse

Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage:

- unter Anleitung Forschungsarbeiten im Strahlenschutz durchzuführen
- die verwendeten Techniken selbständig auszuführen
- die bei der Forschungsarbeit im Labor gewonnenen Ergebnisse auszuwerten
- die verwendeten Versuchstechniken zu beschreiben
die Versuche in einem Laborbuch zu dokumentieren
- die Versuchstechniken und Forschungsarbeiten zu diskutieren und zu bewerten

Lehr- und Lernformen

Das Forschungspraktikum Radiation Protection dauert 6 Wochen. Die Studierenden arbeiten in einer wissenschaftlichen Forschungsgruppe, die im Bereich Strahlenschutz forscht. Die Studierenden werden in ein gerade bearbeitetes Projekt einbezogen und sollen, nach Möglichkeit, alle im jeweiligen Projekt verwendeten Versuchstechniken erlernen und anwenden. Nach Abschluss des jeweiligen Praktikums wird eine Ausarbeitung angefertigt, in der die verwendeten Methoden kritisch in Bezug auf die angestrebten Ziele des Forschungsprojektes an dem der Studierende beteiligt war, beschrieben und diskutiert

werden. Das Forschungspraktikum ist eines von vier Wahlmöglichkeiten, das die Studierenden nach individuellen Interessen auswählen.

Inhalt

- Fragestellungen und Methoden des Strahlenschutzes
- Isolation von Lymphozyten aus peripheren humanen Blut, Anlegen von Lymphozytenkulturen, Bestrahlung von Blutlymphozyten inklusive der Dosimetrie
- Quantifizierung von DNA-Doppelstrangbrüchen, der Apoptose und der Mikrokerne in Lymphozyten
- Biologische Dosimetrie mit Hilfe des Chromosomenaberrationstests, des Mikrokerntests und es gH2AX Fokus Tests
- Fluoreszenz-in-situ-Hybridisierungen (FISH) zur Detektion von Translokationen

Studien- und Prüfungsleistungen

Modulnote: 100% Bericht

Die Studierenden weisen in einem Bericht unter Berücksichtigung relevanter Forschungsliteratur über die von ihnen mitbearbeiteten Forschungsprojekte nach, dass sie die Fragestellungen der von ihnen bearbeiteten Projekte und die von ihnen verwendeten Untersuchungsmethoden verstanden haben und verständlich darstellen können.

Modulverantwortliche:

PD Dr. Thomas Schmid

Module 14: Research Practical: Clinical Research

Wahlmodul 3

Modulkennung: STRB 014

Medizinische Fakultät der TUM

Modul Niveau: Master

Semesterdauer: 1

Häufigkeit: Winter und Sommersemester

Sprache: Englisch

ECTS: 12

Arbeitsaufwand: 360 Stunden

Präsenzstunden 225 Stunden

Eigenstudium 135 Stunden

Voraussetzungen:

keine

Lernergebnisse

Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage:

- Die klinische Bestrahlungsplanung zu verstehen
- Indikationen für die Strahlentherapie zu kennen
- Verschiedenen Techniken und deren Einsatzgebiete in der Strahlentherapie zu erklären
- Wirkweise sowie Nebenwirkungen einer Strahlentherapie anhand des Therapieplans zu identifizieren und darzulegen
- Methoden der retrospektiven und prospektiven klinischen Forschung zu verstehen
- Methoden der retrospektiven klinischen Forschung anzuwenden
- Ergebnisse eines retrospektiven klinischen Forschungsprojekts auszuwerten
- Prospektive klinische Forschungsprojekte zu definieren und zu präsentieren

Lehr- und Lernformen

Das Forschungspraktikum „Clinical Research“ dauert 6 Wochen. Die Studierenden werden in die laufenden Bestrahlungsplanungen sowie in die laufenden klinischen Studien einbezogen und sollen, nach Möglichkeit, in ein laufendes retrospektives Projekt eingebunden werden oder

ein eingegrenztes Projekt eigenständig bearbeiten. Nach Abschluss des Praktikums wird eine Ausarbeitung angefertigt, in der die angestrebten Ziele des Forschungsprojektes an dem der Studierende beteiligt war, beschrieben und diskutiert werden.

Inhalt

- Teilnahme an Tumorboards
- Teilnahme an Früh- und Mittagsbesprechungen der Ärzte in der Klinik für RadioOnkologie und Strahlentherapie
- Einführung in die praktische Bestrahlungsplanung
- Einführung in die laufenden klinischen Studien
- Bearbeitung/Einbindung in ein eingegrenztes retrospektives Forschungsprojekt
- Integration in die Forschungsbesprechungen der Klinik sowie Teilnahme an Gruppensitzungen der Arbeitsgruppen

Studien- und Prüfungsleistungen

Modulnote: 100% Bericht

Die Studierenden weisen in einem Bericht unter Berücksichtigung relevanter Forschungsliteratur über die von ihnen mitbearbeiteten Forschungsprojekte nach, dass sie die Fragestellungen der von ihnen bearbeiteten Projekte und die von ihnen verwendeten Untersuchungsmethoden verstanden haben und verständlich darstellen können.

Modulverantwortliche: Prof. Dr. S. E. Combs

Module 15: Research Practical: Medical Physics

Wahlmodul 4

Modulkennung: STRB 015

Medizinische Fakultät der TUM

Modul Niveau: Master

Semesterdauer: 1

Häufigkeit: Sommersemester

Sprache: Englisch

ECTS: 12

Arbeitsaufwand: 360 Stunden

Präsenzstunden 225 Stunden

Eigenstudium 135 Stunden

Voraussetzungen:

Module 004 des TUM Masterstudiengangs Radiation Biology oder äquivalente Module anderer Masterstudiengänge

Lernergebnisse

Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage

- unter Anleitung am physikalischen Teil der klinischen Bestrahlungsplanung mitzuwirken
- unter Anleitung qualitätssichernde Messungen an klinischen und/oder prä-klinischen Bestrahlungseinheiten durchzuführen und auszuwerten
- Methoden der laufenden physikalischen Forschungsprojekte zu verstehen
- Mess- und Versuchstechniken der laufenden physikalischen Forschungsprojekte anzuwenden
- Methoden und Ziele der laufenden physikalischen Forschungsprojekte zu bewerten

Lehr- und Lernformen

Das Praktikum dauert 6 Wochen, in denen der Studierende der Arbeitsgruppe „Medizinische Strahlenphysik“ zugeordnet wird. Der Studierende wird sowohl in die klinischen Routineabläufe der Medizinphysik sowie je nach Verfügbarkeit in ein gerade bearbeitetes Forschungsprojekt einbezogen und sollen dabei klinische bzw. im jeweiligen Projekt verwendete Mess- bzw. Versuchstechniken erlernen und anwenden. Nach Abschluss des

jeweiligen Praktikums wird eine Ausarbeitung angefertigt, in der die verwendeten Methoden kritisch in Bezug auf die angestrebten Ziele des Forschungsprojektes an dem der Studierende beteiligt war, beschrieben und diskutiert werden.

Inhalt

- physikalische Bestrahlungsplanung in der Klinik für Strahlentherapie und RadioOnkologie: Datentransfer von Bilddaten, Grundlagen der Konturierung, Planerstellung, Evaluation von Dosisverteilungen, Verifikation
- Messungen an klinischen und/oder präklinischen Bestrahlungsgeräten: maschinenbezogene Qualitätssicherung, patientenbezogene Qualitätssicherung, Einsatz verschiedener Detektorsysteme
- je nach verfügbarem Forschungsprojekt: Simulationsrechnungen zur Strahlenwirkung, Dosisberechnungsalgorithmen, Evaluation neue Techniken im klinischen oder präklinischen Bereich, Einsatz von Bildgebungsverfahren für Patienten und Kleintiere, spezielle Probleme der Dosimetrie

Studien- und Prüfungsleistungen

Modulnote: 100% Bericht

Die Studierenden weisen in einem Bericht unter Berücksichtigung relevanter Literatur über die von ihnen mitbearbeiteten Forschungsprojekte nach, dass sie die Fragestellungen der von ihnen bearbeiteten Projekte und die von ihnen verwendeten Untersuchungsmethoden verstanden haben und verständlich darstellen können.

Modulverantwortliche:

Prof. Dr. J. Wilkens