

Inhaltsverzeichnis

I	Allgemeiner Teil	1	5.3	Krebs	23
1	Geschichte der Radiologie und Strahlentherapie (Radioonkologie)	3	5.3.1	Häufigkeit	23
			5.3.2	Typisierung maligner Tumoren (Typing)	23
			5.3.3	Gradeinteilung maligner Tumoren (Grading)	24
2	Strahlentherapie – Radiotherapie – Radioonkologie	7	5.4	Örtliches Tumorwachstum	24
2.1	Geschichte der Tumorbehandlung	7	5.5	Metastasenbildung	26
2.2	Der Begriff Onkologie	7	5.5.1	Lymphogene Metastasierung	27
2.3	Stellung der Radioonkologie in der Tumorbehandlung	8	5.5.2	Hämatogene Metastasierung	27
2.4	Begriffe in der Onkologie	9	5.5.3	Implantationsmetastasen	29
			5.6	Tumorrezidiv	30
			5.7	Klinische Stadieneinteilung der bösartigen Tumoren	30
			5.7.1	TNM-Klassifikation	30
			5.7.2	Stadieneinteilung der malignen Lymphome	32
3	Organisation der Radioonkologie in Krankenhaus und freier Praxis	11	5.8	Remissionsbeurteilung	33
3.1	Gliederung einer Strahlenklinik	11			
3.2	Tumorzentrum	12	6	Epidemiologie und Ätiologie	35
4	Die MTAR in der Strahlentherapie	15	6.1	Grundbegriffe – Definitionen	35
4.1	Tätigkeiten in der Strahlentherapie	15	6.2	Das Krebsproblem	37
4.2	Die Arbeit mit Arzt und Physiker	16	6.3	Ursachen der bösartigen Tumoren (Ätiologie)	37
4.3	Die Zusammenarbeit mit Krankenschwester und Krankenpfleger	16	6.3.1	Vererbung	38
			6.3.2	Ernährung	38
			6.3.3	Chemische Karzinogene	39
			6.3.4	Bösartige Tumoren durch Strahlen	40
			6.3.5	Virale Karzinogenese	40
			6.3.6	Krebs durch chronische Reize	41
			6.3.7	Andere Krebsursachen	41
II	Allgemeine Onkologie	19	6.4	Spezielle Epidemiologie häufiger Krebserkrankungen	42
5	Tumorpathologie	21	6.4.1	Bronchialkarzinom (Lungenkarzinom)	42
5.1	Zell- und Gewebsneubildung im lebenden Organismus	21	6.4.2	Mammakarzinom	43
5.1.1	Wachstum und Entwicklung	21	6.4.3	Kolorektales Karzinom (Karzinome des Dick- und Enddarms)	43
5.1.2	Hypertrophie und Hyperplasie	21	6.4.4	Magenkarzinom	44
5.1.3	Regeneration und Reparation	22			
5.1.4	Geschwulstbildung (Neoplasie)	22			
5.2	Gutartige und bösartige Geschwülste	22			

VIII Inhaltsverzeichnis

7	Tumorprophylaxe (Prävention)	45	9	Strategien der Tumorbehandlung	63
7.1	Primäre Prävention (Vorsorge)	45	9.1	Allgemeine Grundsätze	63
7.2	Sekundäre Prävention (Früherkennung)	45	9.2	Kurative Strahlentherapie	63
7.3	Praktische Möglichkeiten der Früherfassung	46	9.3	Palliative Strahlentherapie	65
7.4	Anleitung der Bevölkerung zur Beachtung charakteristischer Warnzeichen und Frühsymptome	47	10	Grundlagen der chirurgischen Tumorthherapie	67
8	Grundlagen der Tumordiagnostik	49	10.1	Diagnostische Operationen	67
8.1	Allgemeine Grundsätze	49	10.2	Kurative Operationen	67
8.2	Anamnese	50	10.3	Palliative Operationen	68
8.3	Körperliche Untersuchung	50	11	Grundlagen der internistischen Tumorthherapie	71
8.4	Bildgebende Diagnostik	51	11.1	Allgemeines	71
8.4.1	Gehirn	51	11.2	Zytostatika und zytotoxische Substanzen	72
8.4.2	Wirbelsäule und Rückenmark	52	11.2.1	Wirkungsweise	72
8.4.3	HNO-Bereich	53	11.2.2	Auswahl und Verabreichung von Medikamenten	74
8.4.4	Thoraxorgane	53	11.2.3	Nebenwirkungen der Zytostatika	75
8.4.5	Brustdrüse	54	11.3	Hormontherapie	75
8.4.6	Magen-Darm-Trakt und Leber	55	11.4	Immuntherapie	76
8.4.7	Nieren und ableitende Harnwege	57	III	Grundlagen der Strahlentherapie	79
8.4.8	Prostata	58	12	Strahlenphysik	81
8.4.9	Retroperitoneale Lymphknoten	58	12.1	Strahlenarten	81
8.4.10	Skelettmetastasen	58	12.1.1	Photonenstrahlung	81
8.5	Labordiagnostik	59	12.1.2	Korpuskularstrahlung	82
8.5.1	Früherkennung von Tumorkrankheiten	59	12.2	Wechselwirkung von Strahlung mit Materie	83
8.5.2	Tumormarker	60	12.2.1	Aufbau eines Atoms	83
8.6	Operative Diagnostik – Gewebeentnahme	60	12.2.2	Elementarprozesse der Ionisation	84
8.6.1	Aspirationsbiopsie	61	12.3	Radioaktivität	88
8.6.2	Nadelbiopsie	61	12.4	Röntgenstrahlen	90
8.6.3	Zangenbiopsie und Schlingenabtragung	61	12.4.1	Entstehung von Röntgenstrahlen	90
8.6.4	Inzisionsbiopsie und diagnostische Exstirpation	61	12.4.2	Praktische Erzeugung von Röntgenstrahlen	91
8.6.5	Mediastinoskopie und Thorakoskopie	61	12.4.3	Abstandsquadratgesetz	94
8.6.6	Probeleraparotomie und „Second-Look-Operationen“	61	12.4.4	Halbwertschichtdicke	94
			12.5	Dosisbegriffe und Dosiseinheiten	95
			12.5.1	Ionendosis	95
			12.5.2	Energiedosis	95

12.5.3	Äquivalentdosis	96	15	Grundlagen der	
12.5.4	Effektive Äquivalentdosis	98		Strahlenpathologie	141
12.5.5	Relative biologische Wirksamkeit . . .	98	15.1	Quellen der Strahlenexposition . . .	141
12.5.6	Dosisleistung	99	15.2	Stochastische und deterministische	
12.5.7	Weitere Dosisbegriffe in der			Strahlenfolgen	142
	Radiologie	99	15.3	Hormesis	143
12.5.8	Aufbaueffekt	100	15.4	Strahlengenetik – genetische	
12.5.9	Tiefendosisverteilung	101		Strahlenfolgen	143
			15.4.1	Mutationen	144
13	Strahlenbiologie	103	15.4.2	Systematik der genetischen und	
13.1	Die Zelle	103		somatischen Mutationen	145
13.2	Grundsätzliches zum Ablauf der		15.4.3	Krankheiten mit erhöhter DNA-	
	Strahlenwirkung	107		Empfindlichkeit bzw. eingeschränktem	
13.3	Strahlenchemie	109		DNA-Reparaturvermögen	146
13.3.1	Wasserradiolyse	109	15.4.4	Genetische Strahlenfolgen	147
13.3.2	Sauerstoffeffekt	110	15.5	Teratogene Strahlenfolgen	148
13.3.3	Radiolyseprodukte und LET	111	15.6	Somatische	
13.3.4	G-Wert	111		Strahlenfolgen	151
13.3.5	Erholungsvorgänge	111	15.6.1	Somatische Mutationen	151
13.4	Strahlenbiochemie	111	15.6.2	Stochastische somatische Schäden	
13.4.1	DNA und ionisierende Strahlung . . .	112		(Kanzergenese)	151
13.4.2	Reparatur der		15.6.3	Deterministische somatische	
	DNA-Strahlenschäden	114		Strahlenfolgen	158
13.5	Zelluläre Strahlenbiologie	115	16	Spezielle Organpathologie	165
13.5.1	Zelltod, Zellinaktivierung	115	16.1	Hämatopoetisches System	165
13.5.2	Erholungs- und Reparaturprozesse . . .	117	16.2	Haut und Schleimhäute	167
13.5.3	Zellüberlebenskurven	118	16.3	Magen-Darm-Trakt	168
13.5.4	Multitarget-Modell	119	16.4	Akute und chronische	
13.5.5	Linear-quadratisches Modell			Strahlenpneumopathie	169
	(α/β -Modell)	119	16.5	Niere	170
13.5.6	Strahlensensibilität und Zellzyklus . .	122	16.6	Hoden und Ovar	171
13.5.7	Fraktionierung und Protrahierung . .	122	16.7	Herz und Gefäßsystem	173
13.5.8	Sauerstoffeffekt	124	16.8	Nervensystem	174
13.5.9	Relative biologische Wirksamkeit		16.9	Auge	176
	(RBW)	127	16.10	Ohr	176
			16.11	Skelett	176
14	Biologische Grundlagen		17	Gerätekunde	179
	der Strahlentherapie			Röntgentherapie	179
	von Tumoren	129	17.1	Röntgenanlagen	179
14.1	Wachstum und Proliferation von		17.1.1	Zubehör	180
	Tumoren	130	17.1.2	Gesichtspunkte in der	
14.2	Strahlenempfindlichkeit und		17.1.3	Röntgendiagnostik	181
	Strahlenresistenz von Tumoren . . .	130	17.1.4	Gesichtspunkte in der	
14.3	Möglichkeiten zur Wirkungssteigerung			Röntgentherapie	182
	der Strahlentherapie	133			
14.4	Interaktion mit Medikamenten . . .	138			

17.2	Hochenergie-Strahlentherapie (Hochvolttherapie/ Megavolttherapie)	184	18.3.1	Teletherapie: Einflüsse auf die Dosisverteilung	217
17.2.1	Telegammatherapie	184	18.3.2	Modifizierung und Individualisierung von Strahlenfeldern	225
17.2.2	Beschleuniger	185	18.4	Bestrahlungstechniken der Teletherapie	227
17.2.3	Geräte zur Neutronenerzeugung ...	193	18.4.1	Einzelstehfeld-Bestrahlungen	227
17.3	Charakterisierung von Strahlenbündeln in der Strahlentherapie	193	18.4.2	Mehrfelderbestrahlungen Gegenfeldbestrahlung	228
17.4	Therapiesimulator	194	18.4.3	Bewegungsbestrahlungen	230
17.5	Bildgestützte Radiotherapie (IGRT)	196	18.4.4	Konformierende Strahlentherapie	230
17.5.1	Herkömmliche bildgestützte Bestrahlungsplanung und -dokumentation	196	18.4.5	Intraoperative Bestrahlung (IORT)	235
17.5.2	Sonographie (US) zur Zielvolumendefinition und zur Positionierung von Strahlern	196	18.4.6	Großfeldbestrahlungen	238
17.5.3	Computertomographie, MRT und Hybridsysteme	198	18.5	Techniken der Brachytherapie	241
17.5.4	Tomotherapie	199	18.5.1	Oberflächenkontakttherapie	241
17.5.5	Molekulare Bildgebung (Molecular Imaging)	199	18.5.2	Intrakavitäre Therapie	243
17.6	Brachytherapie im Nachladeverfahren (Afterloading)	202	18.5.3	Interstitielle Therapie	245
17.6.1	Technik	202	18.6	Patientenquer- und -längsschnitte	250
17.6.2	Dosisleistungs-Bereiche	204	18.6.1	Sonographie (Ultraschalltomographie)	251
17.7	Hyperthermie	205	18.6.2	Computertomographie (CT)	253
17.7.1	Wärmeerzeugung	205	18.6.3	Magnetresonanztomographie (MRT)	255
17.7.2	Oberflächenhyperthermie	206	18.7	Arbeitsweise am Therapiesimulator	258
17.7.3	Regionale Tiefenhyperthermie	209	18.8	Physikalisch-technischer Bestrahlungsplan	259
17.7.4	Temperaturmessung	209	18.8.1	Bestrahlungsplanungssysteme	259
17.7.5	Interstitielle Hyperthermie	210	18.8.2	Bestrahlungsplan und -protokoll	261
IV	Die Strahlenbehandlung	211	19	Die tägliche Strahlenbehandlung	267
18	Bestrahlungsplanung	213	19.1	Erste Begegnung	267
18.1	Behandlungsstrategie	213	19.2	Aufklärung über Behandlungsrisiken.	268
18.2	Zielvolumenkonzept – onkologische und strahlentherapeutische Volumina	213	19.3	Vorbereitung der Bestrahlung am Therapiesimulator	273
18.3	Grundsätzliche Einteilung strahlentherapeutischer Methoden	216	19.4	Einstellung der Bestrahlungsfelder am Patienten	275
			19.4.1	Lagerung	275
			19.4.2	Eigentliche Feldeinstellung	278

19.4.3	Bewegungsbestrahlung	279	22.3	Maligne Lymphome und Pseudolymphome	315
19.4.4	Großfeldbestrahlungen	281	22.4	Tumoren der okulären Adnexe und der Orbita	315
19.5	Einstell- und Lagerungshilfen	282	23	Kopf-Hals-Tumoren	317
19.6	Sicherung und Dokumentation der Einstellung von Bestrahlungsfeldern	288	23.1	Grundsätzliches	317
20	Psychologische Begleitung des Patienten	291	23.2	Nasopharynx Tumoren	318
20.1	Allgemeines	291	23.3	Ästhesioneuroblastom	321
20.2	Der aufgeklärte Patient	291	23.4	Oro- und Hypopharynxkarzinome	321
20.3	Der verdrängende, nicht informierte Patient	292	23.5	Karzinome der Mundhöhle und der Lippen	323
20.4	Der vorsätzlich nicht aufgeklärte Patient	292	23.6	Larynxkarzinome	325
20.5	Vom Sterben	293	23.7	Karzinome der Speicheldrüsen	326
20.6	Auskünfte an Angehörige	294	23.8	Karzinome der inneren Nase und der Nasennebenhöhlen (NNH)	327
V	Spezielle Onkologie der Organtumoren	297	24	Metastasen unbekannter Primärtumoren (CUP-Syndrom)	329
21	Hirntumoren	299	25	Lungentumoren	333
21.1	Gliome	299	25.1	Allgemeines	333
21.2	Gliomatosis cerebri	302	25.2	Nichtkleinzellige Karzinome (NSCLC)	334
21.3	Meningeome	303	25.3	Kleinzellige Karzinome (SCLC)	340
21.4	Hirntumoren im Kindesalter	303	26	Mediastinaltumoren und Pleuramesotheliom	343
21.4.1	Medulloblastom	303	26.1	Malignes Thymom	343
21.4.2	Niedriggradige Astrozytome (WHO-Grad I oder II)	306	26.2	Diffuses malignes Pleuramesotheliom	346
21.4.3	Ependymome (WHO-Grade I–III)	306	27	Mammakarzinom	347
21.4.4	Keimzelltumoren	307	27.1	Primärbehandlung	350
21.5	Hypophysenadenome	308	27.2	Lokales und lokoregionäres Rezidiv	354
21.6	Lymphome des ZNS	310	27.3	Systemisch metastasiertes Mammakarzinom	355
21.7	Andere Hirntumoren	310	28	Gastrointestinale Tumoren	357
21.7.1	Akustikusneurinome	311	28.1	Ösophaguskarzinom	357
21.7.2	Arteriovenöse Malformationen	311	28.2	Magenkarzinom	361
21.7.3	Pinealistumoren	311	28.3	Karzinome des Pankreas und der Gallenwege	363
21.7.4	Kraniopharyngeome	312			
22	Tumoren des Auges und der Orbita	313			
22.1	Retinoblastom	313			
22.2	Malignes Melanom	314			

XII Inhaltsverzeichnis

28.4	Rektumkarzinom	365	36.4	Rhabdomyosarkom	440
28.5	Analkarzinom	369	36.5	Ewing-Sarkom	441
29	Tumoren des männlichen Genitale	373	36.6	Langerhans-Zell-Histiozytose (Histiocytosis X)	443
29.1	Hodentumoren	373	37	Hauttumoren	445
29.2	Prostatakarzinom	376	37.1	Übersicht	445
29.3	Peniskarzinom	382	37.2	Basaliom und Spinaliom	445
30	Tumoren des weiblichen Genitale	385	37.2.1	Basallzellkarzinom (Basaliom)	445
30.1	Zervixkarzinom	385	37.2.2	Plattenepithelkarzinom (Spinaliom)	447
30.2	Korpuskarzinom (Endometriumkarzinom)	391	37.3	Merkel-Zell-Karzinom	448
30.3	Vaginal- und Vulvakarzinom	393	37.4	Malignes Melanom (MM)	449
30.4	Ovarialkarzinom	396	38	Palliative Radiotherapie	453
31	Harnblasenkarzinom	399	38.1	Notfallsituationen	453
32	Tumoren endokriner Organe ...	405	38.1.1	Obere Einflusstauung (Vena-cava-superior-Syndrom)	453
32.1	Struma maligna (Schilddrüsenkarzinom)	405	38.1.2	Strahlenpneumonitis (akute Strahlenpneumopathie)	454
32.2	Nebennierenrindenkarzinom	408	38.1.3	Akute Hirndrucksteigerung	454
32.3	Karzinoidtumoren	409	38.1.4	Akute Rückenmarkkompression ...	455
33	Knochen- und Weichteilsarkome	411	38.1.5	Hyperkalzämie	456
33.1	Knochensarkome	411	38.2	Orbitametastasen	456
33.2	Weichteilsarkome	413	38.3	Hirnmetastasen	457
34	Maligne Lymphome	419	38.4	Skelettmastasen	458
34.1	Morbus Hodgkin (Lymphogranulomatose)	419	39	Supportivtherapie	461
34.2	Non-Hodgkin-Lymphome (NHL) ...	423	39.1	Allgemeines	461
34.3	MALT-Lymphome	426	39.2	Ernährung	461
34.4	Kutane Non-Hodgkin-Lymphome ..	427	39.3	Schmerzbehandlung	464
34.5	Plasmozytom und multiples Myelom	430	39.4	Behandlung von Übelkeit und Erbrechen (ANE-Syndrom)	464
35	Leukämien	433	39.5	Fatigue	465
36	Tumoren im Kindesalter	437	VI	Strahlentherapie gutartiger Erkrankungen	467
36.1	Übersicht	437	40	Grundsätzliches	469
36.2	Neuroblastom	438	40.1	Stellung der Strahlentherapie bei der Behandlung nicht-maligner Erkrankungen im interdisziplinären Disput	469
36.3	Nephroblastom (Wilms-Tumor)	439	40.2	Grundsätze der Strahlentherapie gutartiger Erkrankungen	470

41	Anti-inflammatorische Bestrahlung (Entzündungsbestrahlung)	471	43.4	Hämangiome und arteriovenöse Malformationen	483
41.1	Wirkungsmechanismen	471	VII	Strahlenschutz	485
41.2	Akute inflammatorische Erkrankungen (Entzündungsbestrahlung im engeren Sinn)	472	44	Grundlagen	487
41.3	Chronisch-inflammatorische und degenerative Erkrankungen der Gelenke und Weichteile (Schmerzbestrahlung)	472	44.1	Rechtliche Grundlagen	487
41.3.1	Periarthrosis humeroscapularis (Impingementsyndrom)	473	44.2	Für den Strahlenschutz relevante Dosisgrößen	488
41.3.2	Deformierende Arthrose (Arthrosis deformans) der großen Gelenke	473	44.2.1	Ortsdosis (eine Messgröße)	488
41.3.3	Degenerative Wirbelsäulenerkrankungen	474	44.2.2	Personendosis (eine Messgröße)	488
41.3.4	Epicondylopathia humeri (Tennisellenbogen)	474	44.2.3	Organdosis, effektive Dosis und Körperdosis (festgelegte Schutzgrößen)	488
41.3.5	Fersensporn (Achillodynie)	474	44.3	Dosisgrenzwerte	489
41.3.6	Schleimbeutelentzündung (Bursitis)	474	44.3.1	Dosisgrenzwerte für Personen und Personengruppen als Basis für die Festlegung von Strahlenschutzbereichen	489
			44.3.2	Auflagen für strahlenexponierte Personen	491
42	Bestrahlung hyperproliferativer Prozesse (anti-proliferative Bestrahlung)	475	45	Praktische Maßnahmen im Strahlenschutz	493
42.1	Narbenkeloid	475	45.1	Strahlenschutz für beruflich exponierte Personen	493
42.2	Pterygium der Konjunktiva	476	45.2	Strahlenschutz in der Röntgendiagnostik	495
42.3	Dupuytren-Kontraktur und Morbus Ledderhose	476	45.2.1	Ärztliche Maßnahmen zum Schutz von Patienten	495
42.4	Induratio penis plastica (Peyronie-Krankheit)	477	45.2.2	Technische Maßnahmen zum Schutz von Patienten	495
42.5	Aggressive Fibromatose (Desmoid)	477	45.2.3	Schutzmaßnahmen für das Personal	496
42.6	Heterotope Ossifikationen am Hüftgelenk	478	45.3	Strahlenschutz in der Nuklearmedizin	497
43	Andere Indikationen	481	45.4	Strahlenschutz in der Strahlentherapie	497
43.1	Endokriner Exophthalmus	481	45.4.1	Schutzmaßnahmen für Patienten	498
43.2	Glomustumoren	482	45.4.2	Schutzmaßnahmen für das Personal	499
43.3	Gynäkomastie	482			

XIV Inhaltsverzeichnis

Anhang	501	Abbildungs- und	
Glossar	503	Tabellennachweis	517
Physikalische Größen		Index	521
und Einheiten	513		