

NICOLE MENCHE (HRSG.)

BIOLOGIE ANATOMIE PHYSIOLOGIE

9. AUFLAGE



INHALTSVERZEICHNIS

1	BEGRIFFE ZUR BESCHREIBUNG DES MENSCHEN	2	3.3.5	Lysosomen	36
1.1	Kennzeichen des Lebens	4	3.3.6	Mitochondrien	36
1.2	Aufbau des Körpers	5	3.3.7	Zytoskelett und Zentriolen	36
1.3	Regulations- und Anpassungsvorgänge	5	3.3.8	Zelleinschlüsse	37
1.4	Lebensphasen	7	3.4	„Wasserbasis“ des Organismus	37
1.5	Körperabschnitte	8	3.5	Stofftransport	37
			3.5.1	Stoffaustausch zwischen Kapillaren und Interstitium	38
2	CHEMIE UND BIOCHEMIE	10	3.5.2	Stoffaustausch zwischen Interstitium und Lymphkapillaren	38
2.1	Chemische Elemente	12	3.5.3	Stoffaustausch zwischen Interstitium und Zelle	38
2.2	Aufbau der Atome	12	3.5.4	Passiver Transport – Diffusion	38
2.3	Periodensystem der Elemente	13	3.5.5	Passiver Transport – Osmose	38
2.4	Chemische Bindungen	15	3.5.6	Passiver Transport – Filtration	39
2.4.1	Ionenbindung	15	3.5.7	Aktiver Transport	39
2.4.2	Kovalente Bindung	16	3.5.8	Bläscentransport	39
2.4.3	Weitere Bindungsformen	17	3.6	Proteinsynthese	40
2.5	Chemische Reaktionen	18	3.7	Teilung von Zellen	43
2.6	Chemische Verbindungen	18	3.7.1	Mitose	43
2.7	Anorganische Verbindungen	18	3.7.2	Phasen des Zellzyklus	45
2.7.1	Wasser	18	3.7.3	Meiose	45
2.7.2	Säuren und Basen	19	3.8	Zelltod	46
2.7.3	pH-Wert	19			
2.7.4	Puffer	19	4	GENETIK, EPIGENETIK UND EVOLUTION	48
2.8	Organische Verbindungen	20	4.1	Gene und Chromosomen	50
2.8.1	Kohlenhydrate	20	4.2	Dominanz und Rezessivität	50
2.8.2	Lipide	22	4.3	Grundregeln der Vererbung	51
2.8.3	Proteine (Eiweiße)	24	4.4	Verschiedene Erbgänge beim Menschen	52
2.8.4	Nukleinsäuren	26	4.5	Epigenetik	54
2.8.5	Adenosintriphosphat (ATP)	28	4.6	Genetisch bedingte Krankheiten	55
2.9	Oxidation und Reduktion	28	4.6.1	Chromosomenaberrationen	55
			4.6.2	Genmutationen	56
3	ZYTOLOGIE (ZELLEHRE)	30	4.7	Evolution	57
3.1	Zelle als elementare Funktionseinheit	32	4.7.1	Entwicklung der Zelle	57
3.2	Zellmembran	33	4.7.2	Grundprinzipien der Evolution	57
3.2.1	Aufbau der Zellmembran	33	4.7.3	Evolution des Menschen	57
3.2.2	Semipermeabilität der Zellmembran	33			
3.2.3	Zellkontakte	33	5	HISTOLOGIE (GEWEBELEHRE)	60
3.3	Zellorganellen	34	5.1	Vier Grundgewebe	62
3.3.1	Zellkern	34	5.2	Epithelgewebe	62
3.3.2	Ribosomen	35	5.2.1	Oberflächenepithelien	63
3.3.3	Endoplasmatisches Retikulum	35			
3.3.4	Golgi-Apparat	36			

INHALTSVERZEICHNIS

5.2.2	Drüsenepithelien	64	7	BEWEGUNGSAPPARAT	92
5.2.3	Sinnesepithelien	65	7.1	Menschliche Gestalt	94
5.3	Binde- und Stützgewebe	65	7.1.1	Skelett	94
5.3.1	Bindegewebszellen	65	7.1.2	Übersicht über die Skelettmuskulatur	95
5.3.2	Interzellulärsubstanz	65	7.2	Regionen des Kopfes	96
5.3.3	Kollagenes Bindegewebe	66	7.2.1	Hirn- und Gesichtsschädel	96
5.3.4	Retikuläres Bindegewebe	66	7.2.2	Schädel beim Säugling	97
5.3.5	Fettgewebe	66	7.2.3	Schädelbasis	97
5.3.6	Knorpelgewebe	67	7.2.4	Mimische Muskulatur	100
5.3.7	Knochengewebe	68	7.2.5	Kaumuskulatur	100
5.4	Muskelgewebe	68	7.3	Körperstamm	101
5.4.1	Skelettmuskulatur	68	7.3.1	Hals	101
5.4.2	Herzmuskulatur	69	7.3.2	Übersicht über die Wirbelsäule	102
5.4.3	Glatte Muskulatur	69	7.3.3	Wirbelsäulenabschnitte	105
5.5	Nervengewebe	69	7.3.4	Rückenmuskulatur	107
5.5.1	Neuron	69	7.3.5	Knöcherner Thorax	107
5.5.2	Gliazellen	71	7.3.6	Atemmuskulatur	108
5.5.3	Markscheiden	71	7.3.7	Bauchwandmuskulatur	109
5.5.4	Nervenfasern und Nerven	72	7.3.8	Leistenkanal	110
5.5.5	Weiße und graue Substanz	72	7.4	Obere Extremität	111
6	KNOCHEN, GELENKE UND MUSKELN	74	7.4.1	Schultergürtel	111
6.1	Knochen und Skelett	76	7.4.2	Oberarm	113
6.1.1	Knochenformen	76	7.4.3	Unterarm	115
6.1.2	Aufbau eines Knochens	76	7.4.4	Hand	116
6.1.3	Knochenentwicklung	79	7.5	Untere Extremität	120
6.1.4	Knochenwachstum und Wachstumshormon ...	80	7.5.1	Becken(-gürtel)	121
6.1.5	Mineralhaushalt des Knochens	80	7.5.2	Beckenboden	123
6.1.6	Sehnen und Bänder	80	7.5.3	Hüft- und Oberschenkelmuskulatur	123
6.1.7	Frakturen	81	7.5.4	Oberschenkel	126
6.2	Gelenke	81	7.5.5	Kniegelenk	127
6.2.1	Gelenkarten	81	7.5.6	Unterschenkel	128
6.2.2	Aufbau von Diarthrosen	81	7.5.7	Fuß	130
6.2.3	Gelenkformen und -beweglichkeit	82	8	HAUT	134
6.3	Muskulatur	83	8.1	Einführung	136
6.3.1	Skelettmuskulatur und Skelettmuskeln	84	8.2	Oberhaut	137
6.3.2	Mechanik der Skelettmuskeln	84	8.2.1	Zellen und Schichten der Oberhaut	137
6.3.3	Namensgebung der Skelettmuskeln	84	8.2.2	Hautfarbe	138
6.3.4	Aufbau eines Skelettmuskels	84	8.3	Lederhaut	138
6.3.5	Kontraktion des Skelettmuskels	86	8.4	Unterhaut	139
6.3.6	Formen der Muskelkontraktion	88	8.5	Altersveränderungen der Haut und Dekubitus	139
6.3.7	Herzmuskulatur	88	8.6	Hautanhangsgebilde	140
6.3.8	Glatte Muskulatur	88	8.6.1	Haare	140
6.4	Körperliche Arbeit	89	8.6.2	Hautdrüsen	141
			8.6.3	Nägel	142

INHALTSVERZEICHNIS

9	NERVENSYSTEM	144	9.13.3	Periphere Anteile von Sympathikus und Parasympathikus	168
9.1	Aufgaben und Organisation des Nervensystems	146	9.13.4	Darmnervensystem	170
9.1.1	Aufgaben des Nervensystems	146	9.14	Versorgungs- und Schutzeinrichtungen des ZNS	170
9.1.2	Organisation des Nervensystems	146	9.14.1	Dura mater	170
9.2	Funktionen des Neurons	146	9.14.2	Arachnoidea	171
9.2.1	Ruhepotenzial	146	9.14.3	Pia mater	171
9.2.2	Generatorpotenzial	147	9.14.4	Liquor	171
9.2.3	Aktionspotenzial	147	9.14.5	Liquorräume	171
9.2.4	Repolarisation	147	9.14.6	Blutversorgung des ZNS	172
9.2.5	Refraktärzeit	148	9.14.7	Venen des Gehirns	174
9.2.6	Fortleitung von Nervensignalen	148	9.15	Lernen und Gedächtnis	175
9.3	Zusammenarbeit von Neuronen	149	9.16	Gehirnveränderungen im Laufe des Lebens	176
9.3.1	Erregungsüberleitung an den Synapsen	149	10	SENSIBILITÄT UND SINNESORGANE	178
9.3.2	Neurotransmitter und Neuropeptide	150	10.1	Einführung	180
9.4	Überblick über das Gehirn	151	10.2	Hautsensibilität	180
9.5	Großhirn	151	10.3	Nozizeption und Schmerz	181
9.5.1	Aufbau des Großhirns	151	10.3.1	Schmerzentsstehung	181
9.5.2	Rindenfelder des Großhirns	153	10.3.2	Charakteristika des Schmerzes	182
9.5.3	Pyramidales System	154	10.3.3	Schmerztherapie	182
9.5.4	Extrapyramidales System	155	10.4	Tiefensensibilität	183
9.5.5	Basalganglien	155	10.5	Geruchs- und Geschmackssinn	183
9.5.6	Limbisches System	156	10.5.1	Geruchssinn	183
9.6	Zwischenhirn	156	10.5.2	Geschmackssinn	184
9.6.1	Thalamus	156	10.6	Auge und Sehsinn	185
9.6.2	Hypothalamus und Hypophyse	156	10.6.1	Augapfel	185
9.7	Hirnstamm	157	10.6.2	Lichtbrechende Strukturen	187
9.7.1	Mittelhirn	157	10.6.3	Sehfunktion	187
9.7.2	Brücke	157	10.6.4	Äußere Augenmuskeln	189
9.7.3	Verlängertes Mark	157	10.6.5	Schutzeinrichtungen des Auges	189
9.7.4	Formatio reticularis	158	10.7	Hör- und Gleichgewichtsorgan	190
9.7.5	Schlaf und Biorhythmen	158	10.7.1	Übersicht	190
9.8	Kleinhirn	159	10.7.2	Hörorgan	190
9.9	Rückenmark	160	10.7.3	Hörfunktion	191
9.9.1	Aufbau des Rückenmarks	160	10.7.4	Gleichgewichtsorgan	193
9.9.2	Innere Struktur des Rückenmarks	161	11	HORMONSYSTEM	196
9.10	Reflexe	162	11.1	Funktion und Arbeitsweise der Hormone	198
9.11	Peripheres Nervensystem	163	11.1.1	Chemischer Aufbau der Hormone	199
9.11.1	Hirnnerven	163	11.1.2	Transportproteine für Hormone	199
9.11.2	Spinalnerven	165	11.1.3	Hormonrezeptoren	199
9.11.3	Spinalnervenplexus und periphere Nerven	166	11.1.4	Hormonabbau	200
9.12	Lähmungen	167	11.1.5	Regulation der hormonellen Sekretion	200
9.13	Vegetatives Nervensystem	168	11.1.6	Altersveränderungen des Hormonsystems	201
9.13.1	Sympathikus und Parasympathikus	168			
9.13.2	Zentrale Anteile von Sympathikus und Parasympathikus	168			

INHALTSVERZEICHNIS

11.2	Hypothalamus und Hypophyse	201	12.4.2	Blutgerinnung	228
11.2.1	Hormone des Hypothalamus und des Hypophysenhinterlappens	201	12.4.3	Fibrinolyse	229
11.2.2	Hypophysenvorderlappen	203	12.4.4	Thrombose und Embolie	230
11.3	Epiphyse	204	12.4.5	Antikoagulanzen	230
11.4	Schilddrüse	204	12.4.6	Gerinnungsdiagnostik	230
11.4.1	Aufbau der Schilddrüse	204	13	ABWEHRSYSTEM	232
11.4.2	Wirkungen und Regelkreis der Schilddrüsenhormone	204	13.1	Bestandteile des Abwehrsystems	234
11.5	Nebenschilddrüsen und Regulation des Kalzium- und Phosphathaushalts	206	13.1.1	Vier Teilsysteme der Abwehr	234
11.6	Nebennieren	207	13.1.2	Organe des Abwehrsystems	234
11.6.1	Nebennierenrinde	207	13.1.3	Zellen des Abwehrsystems	234
11.6.2	Mineralokortikoide	208	13.1.4	Botenstoffe des Abwehrsystems	234
11.6.3	Glukokortikoide	208	13.2	Unspezifische Abwehr	235
11.6.4	Sexualhormone	208	13.2.1	Äußere Schutzbarrieren	235
11.6.5	Nebennierenmark	208	13.2.2	Phagozyten	235
11.6.6	Stressreaktion	209	13.2.3	Natürliche Killerzellen	236
11.7	Inselapparat des Pankreas	210	13.2.4	Komplementsystem	236
11.7.1	Langerhans-Inseln	210	13.3	Zytokine	237
11.7.2	Insulin, Glukagon und Blutzuckerregulation ...	210	13.4	Entzündung	237
11.8	Weitere endokrin aktive Organe	211	13.5	Spezifische Abwehr	238
12	BLUT	214	13.5.1	Spezifität und Gedächtnisfunktion	238
12.1	Zusammensetzung und Aufgaben	216	13.5.2	MHC-Moleküle	238
12.1.1	Aufgaben des Blutes	216	13.5.3	T-Lymphozyten	239
12.1.2	Blutkörperchen	216	13.5.4	B-Lymphozyten	240
12.1.3	Blutbildung (Hämatopoese)	217	13.5.5	Antikörper	241
12.1.4	Blutplasma	218	13.5.6	Antigen-Antikörper-Reaktionen	243
12.2	Erythrozyten	219	13.6	Kurzberichte von der Abwehrfront	243
12.2.1	Form der Erythrozyten	219	13.6.1	Abwehr von Bakterien	243
12.2.2	Hämoglobin	219	13.6.2	Abwehr von Viren	244
12.2.3	Bildung der Erythrozyten (Erythropoese)	220	13.6.3	Abwehr von Parasiten	244
12.2.4	Erythrozytenabbau	221	13.7	Infektionsprophylaxe	244
12.2.5	Eisenhaushalt	221	13.7.1	Aktivimmunisierung	244
12.2.6	Rotes Blutbild, Anämie und Polyglobulie	222	13.7.2	Passivimmunisierung	245
12.2.7	Blutgruppen	222	13.8	Lymphatisches System	246
12.2.8	Blutprodukte	224	13.8.1	Lymphge, Lymphgefäße und Lymphknoten ...	246
12.3	Leukozyten	224	13.8.2	Milz	247
12.3.1	Granulozyten	224	13.8.3	Thymus	248
12.3.2	Monozyten	225	13.9	Entgleisungen des Abwehrsystems	249
12.3.3	Lymphozyten	225	14	HERZ	250
12.3.4	Bildung der Leukozyten (Leukopoese)	226	14.1	Einführung	252
12.3.5	Weißes Blutbild	226	14.2	Herzkammern und -klappensystem	252
12.4	Blutstillung	226	14.2.1	Innerer Aufbau des Herzens	252
12.4.1	Thrombozyten	226	14.2.2	Klappensystem	252
			14.2.3	Herzhöhlen	255

INHALTSVERZEICHNIS

14.3	Aufbau der Herzwand	256	15.3.3	Strömungswiderstand	284
14.3.1	Endokard	256	15.3.4	Regulation von Organdurchblutung und Blutverteilung	285
14.3.2	Myokard	257	15.3.5	Blutdruckregulation	286
14.3.3	Herzbeutel	257	15.3.6	Störungen der Blutdruckregulation	289
14.4	Herzzyklus	258	15.3.7	Schock	289
14.4.1	Altersabhängigkeit der Herzfrequenz	258	15.4	Temperaturregulation	290
14.4.2	Vorhofzyklus	258	15.4.1	Normale Körpertemperatur	290
14.4.3	Kammerzyklus	258	15.4.2	Wärmeproduktion und -transport	290
14.4.4	Herztöne und Herzgeräusche	260	15.4.3	Regelkreis der Temperaturregulation	291
14.5	Erregungsbildung und -leitung	260	15.4.4	Anpassung an Wärme und Kälte	291
14.5.1	Autonomie des Herzens	260	16	ATMUNGSSYSTEM	294
14.5.2	Strukturen des Erregungsbildungs- und -leitungssystems	261	16.1	Nase	296
14.5.3	Grundlagen der Erregungsbildung	261	16.1.1	Aufbau der Nase	296
14.5.4	Alles-oder-nichts-Gesetz	261	16.1.2	Funktionen der Nase	297
14.5.5	Refraktärzeit	262	16.1.3	Nasennebenhöhlen	297
14.5.6	Elektrokardiogramm (EKG)	262	16.2	Rachen	298
14.5.7	AV-Blockierungen und Ersatzrhythmusgeber ...	264	16.3	Kehlkopf	299
14.5.8	Extrasystolen	265	16.3.1	Aufbau des Kehlkopfes	299
14.5.9	Vorhof- und Kammerflimmern	265	16.3.2	Stimmbänder und Stimme	300
14.5.10	Elektrolyte und ihre Bedeutung für die Herzaktion	267	16.3.3	Hustenreflex	300
14.6	Herzleistung und ihre Regulation	267	16.4	Lufttröhre	301
14.6.1	Schlag- und Herzzeitvolumen	267	16.5	Bronchien und Bronchiolen	301
14.6.2	Regulation der Herzleistung	267	16.6	Alveolen	302
14.6.3	Altersveränderungen des Herzens	268	16.7	Lungen	303
14.6.4	Herzinsuffizienz	269	16.8	Pleura	305
14.7	Blutversorgung des Herzens	269	16.9	Atemmechanik	305
14.7.1	Koronararterien	269	16.9.1	Atemfrequenz in Abhängigkeit vom Alter	305
14.7.2	Koronare Herzkrankheit	270	16.9.2	Zwerchfell	305
15	KREISLAUF- UND GEFÄSSSYSTEM	272	16.9.3	Ein- und Ausatmung	306
15.1	Aufbau des Gefäßsystems	274	16.9.4	Atemhilfsmuskulatur	306
15.1.1	Herz-Kreislauf-System	274	16.10	Lungen- und Atemvolumina	307
15.1.2	Arterien und Arteriolen	274	16.11	Gasaustausch	308
15.1.3	Kapillaren	276	16.11.1	Sauerstofftransport im Blut	308
15.1.4	Venolen und Venen	277	16.11.2	Kohlendioxidtransport im Blut	309
15.2	Abschnitte des Kreislaufs	279	16.12	Atmungsregulation	309
15.2.1	Arterien des Körperkreislaufs	279	17	VERDAUUNGSSYSTEM, ERNÄHRUNG, STOFFWECHSEL	312
15.2.2	Pfortadersystem	281	17.1	Übersicht	314
15.2.3	Venen des Körperkreislaufs	281	17.1.1	Aufbau und Funktionen des Verdauungssystems	314
15.2.4	Lungenkreislauf	283	17.1.2	Wand des Verdauungstrakts	314
15.3	Physiologische Eigenschaften des Gefäßsystems	283	17.1.3	Peritoneum	315
15.3.1	Blutströmung	283	17.1.4	Gefäßversorgung des Bauchraums	316
15.3.2	Blutdruck	283			

INHALTSVERZEICHNIS

17.2	Mundhöhle und Rachen	317	17.9.4	Grundsätze ausgewogener Ernährung	342
17.2.1	Mundhöhle	317	17.9.5	Kohlenhydrate in der Ernährung	343
17.2.2	Zähne	318	17.9.6	Diabetes mellitus	344
17.2.3	Zunge	320	17.9.7	Fette in der Ernährung	346
17.2.4	Speicheldrüsen	320	17.9.8	Eiweiße in der Ernährung	347
17.2.5	Gaumen	321	17.9.9	Vitamine	347
17.2.6	Rachen	321	17.9.10	Mineralstoffe	350
17.3	Speiseröhre	322	17.9.11	Ballaststoffe	351
17.4	Magen	323	17.9.12	Sekundäre Pflanzenstoffe	352
17.4.1	Abschnitte des Magens	323	17.9.13	Gewürzstoffe	352
17.4.2	Muskelschicht der Magenwand	323			
17.4.3	Magenschleimhaut	324	18	HARNSYSTEM, WASSER-, ELEKTROLYT- UND SÄURE-BASEN-HAUSHALT	354
17.4.4	Magensaft	325	18.1	Nieren	356
17.4.5	Entleerung des Magens	325	18.1.1	Äußere Gestalt der Nieren	356
17.5	Dünndarm	325	18.1.2	Innerer Aufbau der Nieren	357
17.5.1	Abschnitte des Dünndarms	325	18.1.3	Blutversorgung der Nieren	357
17.5.2	Dünndarmschleimhaut	326	18.1.4	Nephron	359
17.5.3	Dünndarmbewegungen	326	18.1.5	Juxtaglomerulärer Apparat	361
17.6	Leber und Pankreas, Gallenwege und Gallenblase	327	18.1.6	Sammelrohre	361
17.6.1	Lage und makroskopischer Aufbau der Leber	327	18.2	Ausscheidungsfunktion der Nieren	361
17.6.2	Feinbau der Leber	328	18.2.1	Glomerulärer Filtrationsdruck	361
17.6.3	Funktionen der Leber	329	18.2.2	Autoregulation von Nierendurchblutung und glomerulärer Filtration	362
17.6.4	Galle	330	18.2.3	Funktionen des Tubulussystems	363
17.6.5	Gallenwege	331	18.3	Endokrine Funktionen der Nieren	364
17.6.6	Gallenblase	331	18.3.1	Renin	365
17.6.7	Pankreas	332	18.3.2	Erythropoetin	365
17.6.8	Pankreassaft	333	18.4	Urin	365
17.6.9	Regulation der Gallen- und Pankreassaftsekretion	333	18.4.1	Urinmenge und -bestandteile	365
17.7	Resorption	334	18.4.2	Urindiagnostik	366
17.7.1	Verdauung und Resorption der Eiweiße	334	18.5	Ableitende Harnwege	367
17.7.2	Verdauung und Resorption der Kohlenhydrate	334	18.5.1	Nierenbecken	367
17.7.3	Verdauung und Resorption der Fette	334	18.5.2	Harnleiter	367
17.7.4	Resorption der Vitamine	335	18.5.3	Harnblase und Harnröhre	367
17.8	Dickdarm und Rektum	335	18.5.4	Harnblasenentleerung	368
17.8.1	Blinddarm und Appendix	336	18.6	Wasserhaushalt	369
17.8.2	Kolon	336	18.6.1	Wasseranteil des Körpers in den verschiedenen Lebensphasen	369
17.8.3	Rektum und Analkanal	336	18.6.2	Regulation der Wasserbilanz	370
17.8.4	Stuhlentleerung	337	18.7	Elektrolythaushalt	371
17.8.5	Stuhl	337	18.7.1	Störungen des Natrium- und Wasserhaushalts	371
17.9	Physiologie der Ernährung	338	18.7.2	Störungen des Kaliumhaushalts	372
17.9.1	Energiebedarf des Menschen	338	18.7.3	Störungen des Kalzium- und Phosphathaushalts	372
17.9.2	Regulation von Essverhalten und Gewicht	340			
17.9.3	Normalgewicht und Übergewicht	340			



KNOCHEN, GELENKE UND MUSKELN

LERNZIELÜBERSICHT

6.1 Knochen und Skelett

- Skelett, Skelettmuskeln und ihre Hilfseinrichtungen bilden den Bewegungsapparat.
- Die Knochen sind nur oberflächennah sehr dicht. Im Innern bestehen sie aus Knochenbälkchen, zwischen denen sich das Knochenmark befindet. Diese Leichtbauweise spart Gewicht und ist gleichzeitig stabil.
- Osteoblasten sind Zellen, die Knochen aufbauen; Osteoklasten bauen ihn ab. Knochen wird ständig umgebaut und ist sehr regenerationsfähig.
- Die meisten Knochen werden zunächst als Knorpel „modell“ angelegt, welches dann verknöchert.
- Sehnen und Bänder verbinden die Knochen mit Muskeln bzw. untereinander.

6.2 Gelenke

- Gelenke verbinden Knochen miteinander.
- Gelenke mit Gelenkspalt und Beweglichkeit um 1–3 Achsen heißen Diarthrosen, unbewegliche Gelenke ohne Gelenkspalt Synarthrosen.

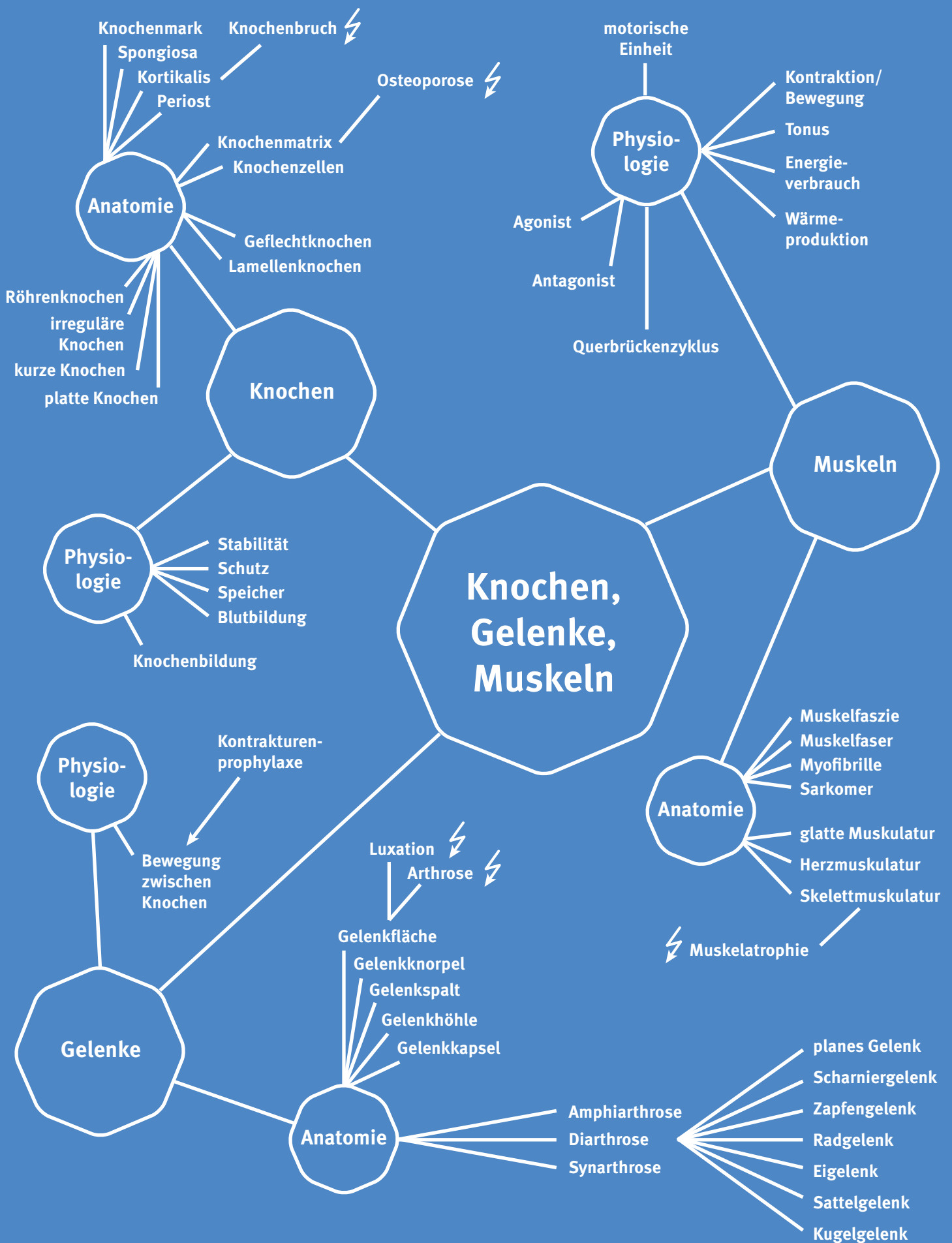
- Diarthrosen sind von einer Gelenkkapsel eingehüllt. Die Gelenkoberflächen sind von glattem Knorpel bedeckt, die Gelenkhöhle ist mit Synovia ausgefüllt.
- Disken/Meniskien schonen den Gelenkknorpel, Bänder stabilisieren ein Gelenk.

6.3 Muskulatur

- Die Skelettmuskulatur ermöglicht durch ihre Kontraktionsfähigkeit willkürliche Bewegungen und die aufrechte Körperhaltung und ist beteiligt an Wärmeproduktion und Energieumsatz.
- Aktin- und Myosinfilamente bilden den eigentlichen kontraktile Apparat der Muskeln.
- Herzmuskelgewebe ist quergestreift, aber nicht willentlich zu beeinflussen.
- Das glatte Muskelgewebe bildet den „Bewegungsapparat“ der inneren Hohlorgane (z. B. Magen, Darm, Blase).

6.4 Körperliche Arbeit

- Körperliche Arbeit beansprucht nicht nur die Skelettmuskulatur, sondern auch Herz-Kreislauf- und Atmungssystem.
- Arbeiten über der Dauerleistungsgrenze müssen schließlich wegen Erschöpfung abgebrochen werden.



6.1 Knochen und Skelett

Knochen- und Knorpelgewebe bilden ein stabiles Gerüst, das die äußere Gestalt beeinflusst und im Zusammenspiel mit den Muskeln die Bewegung einzelner Körperteile und des ganzen Körpers erlaubt. Dieses Gerüst ist das **Skelett**. Skelett und Skelettmuskulatur sowie ihre Hilfseinrichtungen werden als **Bewegungsapparat** zusammengefasst.

Das Skelett *schützt* außerdem innere Organe vor Verletzungen und *speichert* Mineralien, insbesondere Kalzium und Phosphat. Schließlich bietet das Skelett im Inneren vieler Knochen die Produktionsstätte für die Blutzellen (*Hämatopoese* → 12.1.3).

SPICKZETTEL

Bewegungsapparat: Skelett, Skelettmuskulatur und deren Hilfseinrichtungen (z. B. Sehnen).

6.1.1 Knochenformen

Die über 200 Knochen des Menschen werden meist nach ihrer *Form* eingeteilt.

Folgende **Knochenformen** werden differenziert:

Die **Röhrenknochen** oder *langen Knochen*, etwa der Oberarmknochen, bestehen aus einem langen, röhrenförmigen *Schaft* mit zwei verdickten Enden. Während sie außen aus einer sehr dichten Knochenschicht (*Kortikalis*) bestehen, haben sie innen meist eine aufgelockerte Struktur (*Spongiosa*) und enthalten dort Knochenmark (→ 6.1.2).

Kurze Knochen sind meist würfel- oder quaderförmig, z. B. die Handwurzelknochen. Ihre Außenschicht ist dünner als bei Röhrenknochen und geht ohne scharfe Grenze in die schwammartige (spongiose) Innenschicht über.

Flache, kompakte Knochen bezeichnet man als **platte Knochen**. Zwischen zwei festen Außenschichten befindet sich eine schmale spongiose Innenschicht. Beispiele sind Schädelknochen, Brustbein, Rippen, Schulterblätter und Darmbeinschaukeln.

Daneben gibt es noch unregelmäßig geformte, in kein Schema passende Knochen, die üblicherweise als **irreguläre Knochen** bezeichnet werden. Zu ihnen zählen viele Knochen des Gesichtsschädels.

Sesambeine sind kleine, in Muskelsehnen eingebettete Knochen. Sie finden sich bevorzugt dort, wo Sehnen besonderen Belastungen ausgesetzt sind, z. B. im Handgelenk. Ihre Zahl variiert, die *Kniescheiben* als größte Sesambeine sind jedoch immer vorhanden.

Durchtrittsstellen von Leitungsbahnen

Viele Knochen haben spezielle Ausformungen, um Leitungsbahnen hindurchzulassen:

- Ein **Loch** oder **Foramen** ist eine Öffnung, durch die Blutgefäße, Nerven, Bänder oder, z. B. im Falle des großen Hinterhauptloches (→ Abb. 7.6), das Rückenmark hindurchziehen
- Andere Knochen besitzen eine *Grube* (**Fossa**), *Rinne* (**Sulcus**) oder einen *Einschnitt* (**Incisura**), in der Muskeln, Sehnen oder andere Strukturen versenkt verlaufen
- Durch einen längeren **Gang** (**Meatus**) im Inneren eines Knochen verlaufen z. B. die Ohrtrompete (→ Abb. 10.14), Nerven oder Gefäße.

Pneumatisierte (luftgefüllte) Hohlräume

Um Gewicht zu reduzieren, enthalten einige Schädelknochen luftgefüllte, mit Schleimhaut ausgekleidete Hohlräume, z. B. die Nasennebenhöhlen (→ Abb. 16.3). Hierzu gehören Stirn-, Sieb- und Keilbein sowie Oberkiefer.

6.1.2 Aufbau eines Knochens

Äußere Struktur

Den Schaft eines Röhrenknochens nennt man **Diaphyse**, seine beiden Enden heißen **Epiphyse**, der Abschnitt zwischen Epiphyse und Diaphyse ist die **Metaphyse** (→ Abb. 6.1). Die beiden Epiphysen sind von einer dünnen Schicht aus hyalinem Knorpel bedeckt, der in Gelenken die Reibung herabsetzt (→ 6.2.2).

Periost

Außerhalb der Gelenkflächen ist der Knochen von dickem, gelblichen **Periost** (*äußere Knochenhaut*) umgeben. Es liegt dem Knochen fest an.

In der Wachstumsphase setzt sich das Periost aus drei Schichten zusammen: der äußeren, gefäßreichen *Adventitia des Periosts*, der mittleren *Faserschicht des Periosts* aus Kollagen und elasti-

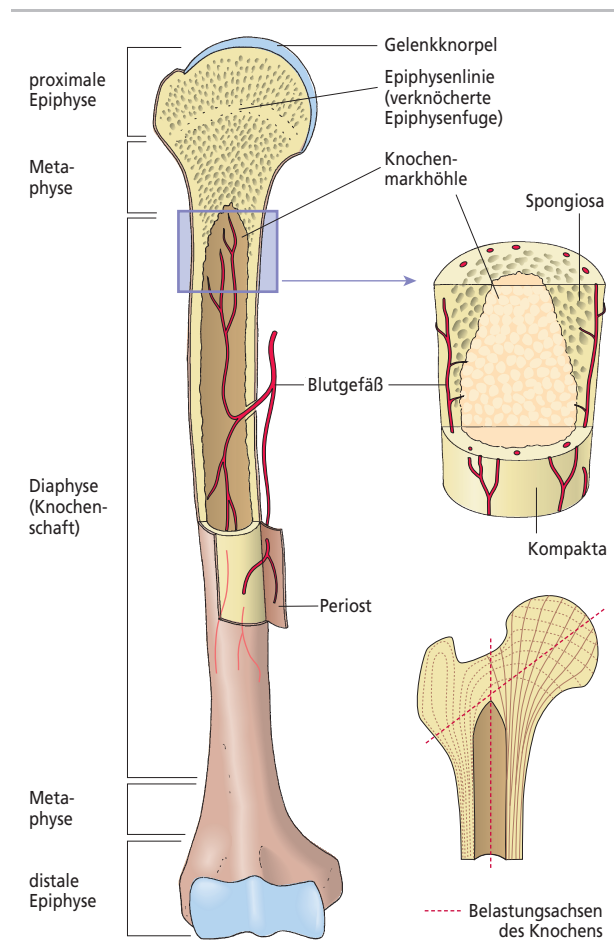


Abb. 6.1 Links und rechts oben Aufbau eines Röhrenknochens. Rechts unten Anordnung der Knochenbälkchen in Richtung der Hauptbelastungsachsen (hier am Hüftkopf).

schen Fasern sowie der inneren *Keimschicht des Periosts* mit Knochenstammzellen. Beim Erwachsenen ist das Periost dünner und die Schichten sind schlecht abgrenzbar. Auch hier enthält es aber Knochenstammzellen, Gefäße zur Versorgung des Knochens sowie Nerven (das Periost ist schmerzempfindlich).

Neben der Schutz- und Ernährungsfunktion für den Knochen dient das Periost auch dem Ansatz von Sehnen und Bändern, mit denen es sich reißfest verbindet.

Kortikalis und Spongiosa

Bei den meisten größeren Knochen ist nur die Außenschicht, die **Kortikalis** (*Knochenrinde*), aus dichtem Knochengewebe aufgebaut. Die Dicke der Kortikalis richtet sich nach funktionellen Anforderungen. Bei den Röhrenknochen ist die Kortikalis der Diaphyse sehr dicht und relativ breit und heißt dort **Kompakta**.

Der wesentlich größere Anteil im Inneren des Knochens besteht aus zarten Knochenbälkchen, der **Spongiosa** (*Schwammknochen*). Die Bälkchen sind dabei in Richtung des größten Drucks und Zugs ausgerichtet, die mechanisch wenig belasteten Stellen dazwischen bleiben hohl (*trajektorielle Bauweise*).

Durch diesen Bau wird mit einem Minimum an Material ein Maximum an Stabilität erreicht und enorm Gewicht eingespart – man spricht auch von der **Leichtbauweise** des menschlichen Skeletts: Durchschnittlich beträgt das Skelettgewicht nur etwa 10 % des Körpergewichts!

Ein Mehr würde den Organismus nur belasten, denn die zusätzliche Knochenmasse müsste nicht nur ernährt werden, sondern würde auch eine noch stärker ausgebildete Skelettmuskulatur erfordern – die Bewegungen würden kraftaufwendiger und schwerfälliger.

Endost

Die inneren Knochenoberflächen, also die Innenseite der Kortikalis und die Spongiosabälkchen, aber auch die gefäßführenden Knochenkanäle, sind von **Endost** (*innere Knochenhaut*) überzogen. Die flachen **endostalen Saumzellen** liegen auf einer dünnen Faserschicht und können bei Bedarf zu Osteoblasten differenzieren.

Knochenmark

Die Hohlräume zwischen den Knochenbälkchen (**Knochenmarkhöhle**, *Markhöhle*) werden von **Knochenmark** ausgefüllt.

Blutbildendes **rotes Knochenmark** findet sich beim Erwachsenen in den meisten kurzen, platten oder irregulären Knochen, außerdem in den Epiphysen der Röhrenknochen von Oberarm und Oberschenkel (→ Abb. 12.4). Die Markhöhlen der übrigen Knochen sind nur beim Kind mit rotem Mark gefüllt, das nach und nach in fetthaltiges **gelbes Knochenmark** (*Fettmark*) umgewandelt wird.

Ernährung des Knochens

Der Knochen wird auf zwei Wegen mit Blut und so mit Nährstoffen versorgt: Einerseits sprossen aus dem Periost winzige Blutgefäße in den Knochen ein und versorgen ihn von außen. Andererseits durchbohren größere Arterien die Kortikalis, ziehen zum Markraum und verzweigen sich dort zu einem Gefäßnetz, das den Knochen von innen versorgt. Im Inneren der Kompakta ziehen die kleinen Gefäße in den längs verlaufenden **Havers-Kanälen**. Querverbindungen dazwischen heißen **Volkmann-Kanäle** (→ Abb. 6.2). Sie verbinden auch die beiden Versorgungssysteme untereinander.

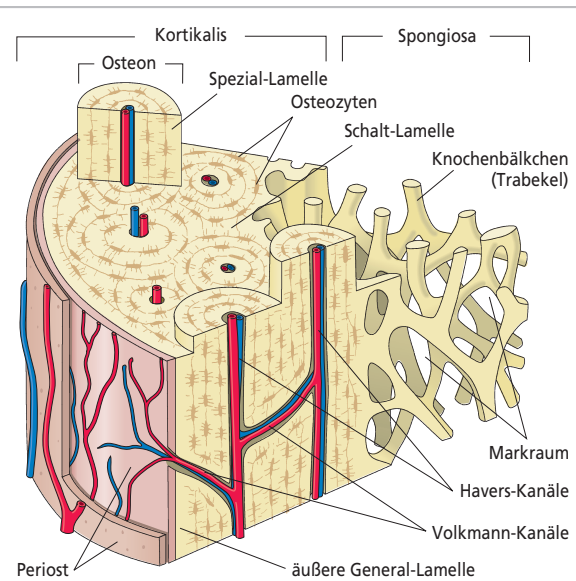


Abb. 6.2 Aufbau von Lamellenknochen. Blutgefäße durchstoßen in radiär verlaufenden Volkmann-Kanälen den Knochen und treffen auf die Havers-Kanäle, in denen sich die Blutgefäße weiter verzweigen, um das Gewebe zu versorgen.

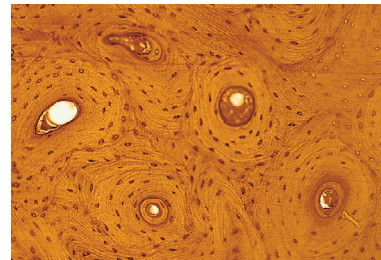


Abb. 6.3 Lichtmikroskopisches Bild der Kortikalis eines Lamellenknochens mit mehreren quer geschnittenen Osteonen. [M375]

Feinbau: Geflecht- und Lamellenknochen

Geflechtknochen besteht aus einem dreidimensionalen Geflecht von **Knochenbälkchen** (*Trabekel*) mit ungeordneten Kollagenfasern und Knochenzellen. Neugeborene haben überwiegend Geflechtknochen, der allmählich zum stärker differenzierten und stabileren Lamellenknochen umgebaut wird. Bei Erwachsenen kommt Geflechtknochen nur an wenigen Stellen vor (z. B. den Schädelnähten), außerdem bei der Knochenbruchheilung.

Im deutlich stabileren **Lamellenknochen** sind die kollagenen Fasern der Knochengrundmasse geordnet und bilden feine, dünne Plättchen, die **Lamellen**, die Bruchteile von Millimetern dick sind (→ Abb. 6.2, → Abb. 6.3). In der Spongiosa verlaufen diese Lamellen ungefähr parallel zur Bälkchenoberfläche. In Kortikalis bzw. Kompakta werden verschiedene Lamellenformen unterschieden:

- Etwa 30 dünne **Spezial-Lamellen** (*Osteon-Lamellen*) ordnen sich röhrenförmig um einen Havers-Kanal mit dem sie ernährenden kleinen Gefäß. So entsteht eine Vielzahl feiner Säulen, die **Havers-Säulen** oder **Osteone**. Sie bilden die Baueinheit des Knochens. Osteone sind 0,1–0,4 mm dick und wenige Millime-

ter bis Zentimeter lang. Sie verlaufen vorwiegend in Längsrichtung und bestimmen so die Biegefestigkeit des Knochens

- **Schalt-Lamellen** füllen die Lücken zwischen den Osteonen
- Große **General-Lamellen** umgeben zirkulär den Röhrenknochen und begrenzen ihn zum Periost und nach innen.

Knochenmatrix und Knochenzellen

Das Knochengewebe gehört zu den Binde- und Stützgeweben (→ 5.3). Entsprechend findet man neben (Knochen-)Zellen viel Interzellularsubstanz, die *Knochengrundsubstanz* (**Knochenmatrix**). Die Knochenmatrix enthält Kollagenfasern und – als Besonderheit – in großer Menge Mineralien, die zu ihrer „Verkalkung“ und Festigkeit führen.

Es gibt drei verschiedene Arten von Knochenzellen:

Die **Osteoblasten** bauen die Knochengrundsubstanz auf. Sie bilden zunächst eine *organische* Grundsubstanz, die vornehmlich aus Kollagen und Glykoproteinen besteht und als **Osteoid** bezeichnet wird. Auch an der nachfolgenden *Mineralisation* oder „Verkalkung“ der Grundsubstanz sind die Osteoblasten beteiligt, indem sie *anorganische* Kalziumphosphate und Kalziumkarbonate in den interstitiellen Raum ausscheiden. Da diese Salze schlecht löslich sind, kristallisieren sie entlang den Kollagenfasern aus und mauern so die Osteoblasten ein. Von der Umgebung weitgehend abgeschnitten, verlieren sie ihre Fähigkeit zur Zellteilung und heißen dann **Osteozyten**. Über lange, dünne Fortsätze bleiben die Osteozyten miteinander in Verbindung. Schließlich verhärtet sich das Gewebe und bildet die extrem belastbare Knochenstruktur.

Gegenspieler sind die mehrkernigen **Osteoklasten**, die sich aus Blutstammzellen im Knochenmark entwickeln und zum Monozyten-Makrophagen-System gehören (→ 13.2.2). Sie können Knochen wieder auflösen, was in Umbauphasen wie im Wachstum oder nach Knochenbrüchen notwendig ist.

Zeitlebens wird Knochengewebe in einem *dynamischen Gleichgewicht* neu gebildet und abgebaut und werden ständig Knochenminerale in die Blutbahn abgegeben und von dort wieder aufgenommen. Dadurch kann sich der Knochen veränderten Anforderungen anpassen oder während einer Schwangerschaft Knochenminerale zur Verfügung stellen. Mitentscheidend für diesen Umbau sind die auf den Knochen einwirkenden mechanischen Belastungen: Belastung fördert die Osteoblastentätigkeit und damit Knochenaufbau und -mineralisation.

Knochenmasse

Bei Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen nimmt die **Knochenmasse** kontinuierlich zu. Nach Erreichen der **maximalen Knochenmasse** (*peak bone mass*) mit etwa 30 Jahren nimmt die Knochenmasse wieder ab, zunächst bei Männern und Frauen gleich schnell, ab den Wechseljahren bei Frauen stärker als bei Männern (→ Abb. 6.4).

Osteoporose

Die **Osteoporose** ist eine generalisierte Knochenerkrankung mit verminderter Knochenmasse und veränderter Knochenmikroarchitektur (→ Abb. 6.5): Der Knochen wird brüchig, oft sintern Wirbelkörper zusammen (die Betroffenen werden mehrere Zentimeter kleiner und bekommen einen Rundrücken), und nicht selten führen „banale“ Verletzungen zu Knochenbrüchen. Betroffen sind vor allem ältere Frauen, wobei dem Östrogenmangel nach den Wechseljahren eine bedeutende Rolle zugeschrieben wird.

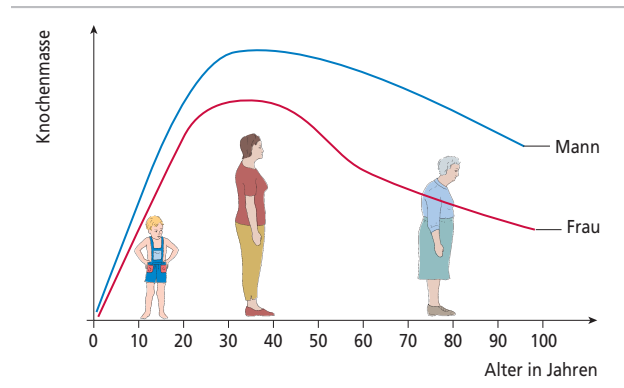


Abb. 6.4 Knochenmasse in Abhängigkeit vom Alter. Frauen verlieren vor allem in den Wechseljahren deutlich schneller an Knochenmasse als Männer.

Wichtiges Hilfsmittel in der Diagnostik ist die **Knochendichtemessung**, bei der der für die Knochenstabilität bedeutsame Mineralgehalt des Knochens mit radiologischen Verfahren bestimmt wird.

Die Knochenarchitektur ist bisher nur indirekt und begrenzt beurteilbar.

Behandelt wird die Osteoporose derzeit vor allem mit Kalzium, Vitamin D und Bisphosphonaten (z. B. Fosamax®). Die normale Knochendichte und -struktur kann aber nicht wiederhergestellt werden.

PRÄVENTION

Je höher die maximale Knochenmasse ist und je langsamer der Knochen in der zweiten Lebenshälfte abgebaut wird, desto länger dauert es, bis die Knochendichte eine „kritische“ Grenze unterschreitet.

Entsprechend sollten alle Menschen zu einer **„knochengesunden“ Lebensweise** beraten werden:

- Genügend körperliche Bewegung, möglichst im Freien wegen der besseren Vitamin-D-Bildung
- Ausreichende Kalziumzufuhr, aber auch ausreichende Versorgung mit anderen Mineralstoffen und Vitaminen
- Möglichst kein Untergewicht
- Rauchverzicht

Das Frakturrisiko wird außerdem von Faktoren wie Muskelkraft und Koordination beeinflusst. Insbesondere ältere Menschen werden daher zusätzlich zur **Sturzprophylaxe** beraten (→ 22.5.2).

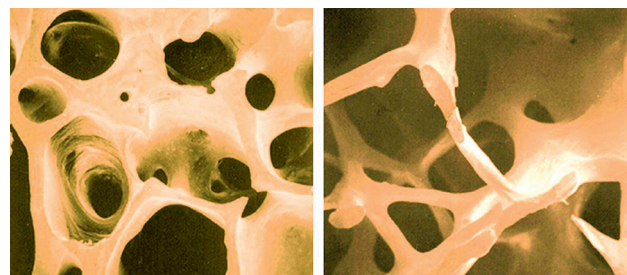


Abb. 6.5 Links gesunder, rechts osteoporotischer Knochen mit zu wenigen und zu schmalen Knochenbälkchen. [E437]

SPICKZETTEL

Knochen: Zum einen gleichbedeutend mit Knochengewebe (→ 5.3.6) gebraucht, zum anderen Bezeichnung für die festen Skeletteile, die in ihrer Gesamtheit zusammen mit geringen Knorpelanteilen das **Skelett** bilden. Beim Erwachsenen ca. 210 Knochen sehr unterschiedlicher Größe und Form. Von außen nach innen aufgebaut aus:

- **Periost** (*äußere Knochenhaut*). Bindegewebige Knochenhülle mit Gefäßen und Nerven
- **Kortikalis** (*Knochenrinde*) aus dichtem Knochengewebe, bei Röhrenknochen besonders dick und **Kompakta** genannt
- **Spongiosa** (*Schwammknochen*) aus einem dreidimensionalen Netz von Knochenbälkchen
- **Endost** (*innere Knochenhaut*)
- Knochenmark.

Histologisch beim Erwachsenen überwiegend **Lamellenknochen**, in Kortikalis/Kompakta mit Bildung zylindrischer **Osteone** mit kreis- bzw. zylinderförmigen Lamellen um einen gefäßführenden **Havers-Kanal**.

Zeitlebens ständiger Knochenumbau mit Knochenaufbau durch **Osteoblasten** und Knochenabbau durch **Osteoklasten**.

6.1.3 Knochenentwicklung

Der Vorgang der Knochenbildung heißt **Ossifikation** (*Verknöcherung*). In einem ersten Entwicklungsschritt bilden sich an den Stellen der späteren Knochen zusammenhängende Stränge aus *embryonalem Bindegewebe*. Von diesem Stadium aus gibt es zwei Möglichkeiten: die direkte Verknöcherung (*desmale Ossifikation*) und die Verknöcherung über knorpelige Zwischenstufen (*chondrale Ossifikation*). In beiden Fällen entsteht zunächst *Geflecht-knochen*, der dann zu *Lamellenknochen* umgebaut wird.

Desmale Ossifikation

Die Knochen des Schädeldaches, die meisten Gesichtsknochen und das Schlüsselbein verknöchern direkt durch **desmale Ossifikation**. Osteoblasten häufen sich im embryonalen Bindegewebe an und bilden Knochengrundsubstanz, die dann vor und nach der Geburt in Form der Knochenbälkchen (Trabekel) verkalkt. Über desmale Ossifikation gebildete Knochen werden auch als *Bindegewebsknochen* bezeichnet.

Chondrale Ossifikation

Die meisten Knochen des Körpers entwickeln sich jedoch über einen Umweg:

- Zunächst entstehen aus den embryonalen Bindegewebssträngen Stäbe aus glasartigem *hyalinem Knorpel* (→ 5.3.6)
- In einem zweiten Schritt wird der Knorpel Stück für Stück durch Knochengewebe ersetzt (**chondrale Ossifikation** → Abb. 6.6).

Daher heißen die so gebildeten Knochen auch *Ersatzknochen*.

Bei dieser Verknöcherung der knorpeligen Zwischenstufe unterscheidet man zwei Formen, die parallel zueinander stattfinden:

- Die **enchondrale Ossifikation** im Knorpelinneren. Blutgefäße dringen in den Knorpelstab ein. Im Innern des Knorpelstabes entsteht ein **primärer Knochenkern**, der durch schichtweise Auflösung von Knorpel und Anlagerung von Knochen allmählich größer wird. Überwiegend erst nach der Geburt entstehen so auf vergleichbare Weise **sekundäre Knochenkerne** in den Knorpelenden (Epiphysen)
- Die vom Perichondrium ausgehende **perichondrale Ossifikation**. Hierbei bildet sich innen am Perichondrium eine Hülle aus Osteoblasten, die eine dünne, strohhalmartige Knochenmanschette erzeugen.

Die perichondrale Knochenmanschette verschmilzt mit den aus dem Knocheninneren herauswachsenden primären und sekundären Knochenkernen. Durch weiteren Umbau entwickelt sich dann oberflächennah die dichte *Kortikalis* und im Inneren größerer Knochen die *Spongiosa* (→ 6.1.2).

Epiphysenfugen

Nach Ausbildung der sekundären Knochenkerne ist das Knorpelgewebe der Epiphyse mit zwei Ausnahmen vollständig durch Knochen ersetzt: Auf der Gelenkfläche der Epiphyse verbleibt der hyaline Knorpel als hoch belastbarer **Gelenkknorpel** und in Richtung Diaphyse die knorpelige **Epiphysenfuge** (*Längenwachstumszone, Wachstumsplatte*).

Von der Epiphysenfuge geht das weitere Längenwachstum des Röhrenknochens aus, bis sie zur **Epiphysenlinie** verknöchert („sich verschließt“) und somit das Skelettwachstum abgeschlossen ist.

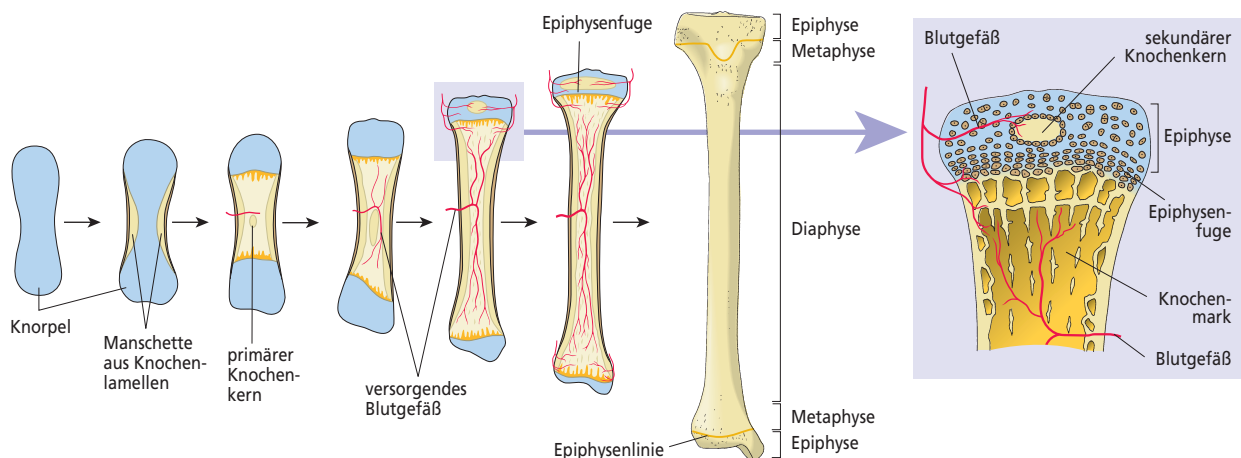


Abb. 6.6 Ablauf der chondralen Ossifikation.

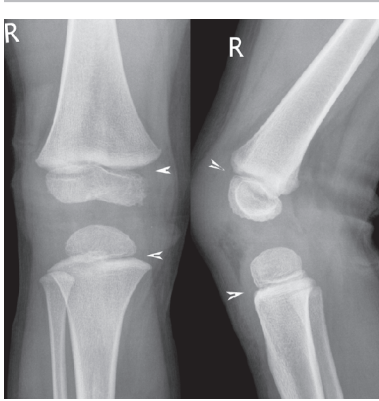


Abb. 6.7 Röntgenaufnahme des Kniegelenks eines Vierjährigen mit deutlich sichtbaren Epiphysenfugen (Pfeilspitzen) und Epiphysenkernen von Oberschenkelknochen und Schienbein. Der Epiphysenkern des Wadenbeins fehlt noch. [M500]

Skelettalter

Beim Neugeborenen bestehen unter anderem Epiphysen, Hand- und Fußwurzel aus Knorpel. Auftreten und Wachstum von Knochenkernen und Schluss der Epiphysenfugen sind von Knochen zu Knochen unterschiedlich und folgen einem festen Muster (→ Abb. 6.7), sodass Atlanten mit typischen „Knochenbildern“ für Jungen bzw. Mädchen bestimmten Alters erstellt wurden.

PÄDIATRIE

Durch Vergleich meist einer Röntgenaufnahme der linken Hand mit Standardbildern kann z. B. bei Verdacht auf Wachstumsstörungen das *Knochen-* oder *Skelettalter* eines Kindes bestimmt werden. Es weicht normalerweise nicht mehr als ein Jahr vom Lebensalter ab.

SPICKZETTEL

Ossifikation: Knochenbildung, Verknöcherung.

- **Desmale (direkte) Ossifikation** unmittelbar aus Bindegewebe → *Bindegewebsknochen*, z. B. Schädelknochen
- **Chondrale (indirekte) Ossifikation** über hyalinen Knorpel, der dann durch Knochen ersetzt wird → *Ersatzknochen*, z. B. Röhrenknochen
- In beiden Fällen zuerst Geflechtknochen, dann Umbau zu Lamellenknochen.

Epiphysenfuge (*Längenwachstumszone, Wachstumsplatte*): Bei Röhrenknochen im Rahmen der chondralen Ossifikation verbleibende Knorpelschicht zwischen bereits verknöchelter *Metaphyse/Diaphyse* und ebenfalls schon verknöchelter *Epiphyse*. Ausgangspunkt des weiteren Längenwachstums. Nach Wachstumsende Verknöcherung zur **Epiphysenlinie**.

6.1.4 Knochenwachstum und Wachstumshormon

Die Wachstumsgeschwindigkeit des Knochens wird vor allem durch das *Wachstumshormon* bestimmt (→ 11.2.2). Solange Wachstumshormon ausgeschüttet wird, bilden sich auf der zur Epiphyse zeigenden Grenzfläche der Epiphysenfuge neue Knorpelzellen. Diese werden auf der zur Diaphyse zeigenden Grenzfläche der Fuge durch Knochenzellen ersetzt. So bleibt die Dicke der Epiphysenfuge ziemlich konstant, während der knöcherne Anteil auf der Diaphysenseite wächst.

Zu Beginn der Pubertät kommt es durch das Zusammenwirken von Wachstumshormon mit den Sexualhormonen Östrogen und

Testosteron zum *pubertären Wachstumsschub* (→ 21.3.1). Gegen Ende der Pubertät werden durch die Sexualhormone und das Absinken des Wachstumshormonspiegels die epiphysären Knorpelzellen zunehmend inaktiv.

Schließlich hören sie auf, sich zu teilen, die knorpelige Epiphysenfuge wird knöchern durchbaut, und das Längenwachstum des entsprechenden Knochens ist unwiderruflich beendet.

6.1.5 Mineralhaushalt des Knochens

Der ständige Auf- und Abbau von Knochengewebe muss auch nach dem Abschluss des Knochenwachstums fein reguliert werden, damit es nicht zu Funktionsstörungen kommt:

- Als Grundvoraussetzung muss die Nahrung ständig ausreichend **Kalzium** und **Phosphat** enthalten – sie verleihen der Knochenmatrix Festigkeit. Zu wenig Kalzium in der Nahrung begünstigt eine Osteoporose. Vor allem in Schwangerschaft, Stillperiode und Alter sollte auf eine ausreichende Kalziumzufuhr, z. B. durch reichlich Milchprodukte, geachtet werden (→ 18.8.3). Ein Mangel an Phosphat dagegen ist selten
- **Vitamin-D-Hormon** (*Kalzitriol* → 11.5) entsteht aus Vitamin-D-Vorstufen, welche unter UV-Strahlung in der Haut gebildet und mit der Nahrung aufgenommen werden. Unser Körper braucht Vitamin D unter anderem für die Aufnahme von Kalzium aus dem Darm
- Die Regulation des Kalziumhaushalts übernehmen die Hormone **Parathormon** und **Kalzitonin** unter Mitwirkung des Vitamin-D-Hormons (Details → 11.5)
- Auch die Sexualhormone **Östrogen** (bei der Frau, → 19.2.5) und **Testosteron** (beim Mann, → 19.1.3) unterstützen beim Erwachsenen den Knochenerhalt
- Schließlich sind auch die **Vitamine A, B₁₂ und C** (→ 17.9.9) für die Regulation der Osteoblasten- und Osteoklastentätigkeit und die Aufrechterhaltung der Knochengrundsubstanz von Bedeutung.

6.1.6 Sehnen und Bänder

Über bindegewebige, derbe **Sehnen** (*Tendines*, Sing. *Tendo*) sind die Muskeln an die Knochen angeheftet. An vielen Körperstellen sind auch Knochen untereinander zur besseren Stabilität direkt durch sehnenähnliche derbe Bindegewebszüge verknüpft – die **Bänder** (*Ligamenta*, Sing. *Ligamentum*).

Wo Sehnen in unmittelbarer Knochennähe verlaufen oder umgelenkt werden, sind sie nicht selten von **Sehnenscheiden** (*Vaginae tendinum*, Sing. *Vagina tendinis*) umhüllt, etwa die langen Sehnen an Händen und Füßen. Diese doppelwandigen, ähnlich wie eine Gelenkkapsel aufgebauten Röhren führen die Sehnen und vermindern durch geringste Flüssigkeitsmengen zwischen den beiden „Wänden“ die Reibung bei Bewegungen.

MEDIZIN

Bei Überlastung können sich die Sehnenscheiden entzünden. Diese **Sehnenscheidenentzündung** (*Tendovaginitis*) zeigt sich durch starke Schmerzen bei Bewegung.

Oberflächenstrukturen von Knochen

Die Anheftungsstellen von Sehnen und Bändern an der Knochenoberfläche müssen hohen mechanischen Belastungen standhalten. An solchen **Knochenanheftungsstellen** bildet der Knochen speziell ausgeformte *Oberflächenstrukturen*, z. B.:

- **Knochenleisten (Cristae)**, z. B. die Crista iliaca des Hüftknochens → Abb. 7.36)
- (**Gelenk-)****Knorren (Condylus)** mit Fortsätzen darauf (**Oberlenknorren, Epicondylus**), die Muskeln als Ursprung dienen, z. B. beim Oberarmknochen (→ Abb. 7.25)
- **Aufrauungen (Tuberositas)** zum Ansatz von Bändern oder Sehnen
- **Schmale spitze Ausläufer** (Dornfortsätze der Wirbelkörper → Abb. 7.11).

SPICKZETTEL

Sehne (Tendo): Verbindung zwischen Muskel und Knochen aus straffem, parallelfaserigem Bindegewebe. Überträgt die Muskelkraft auf das Skelett.

Band (Ligamentum): Verbindung zwischen Knochenstücken. Meist aus straffem, parallelfaserigem Bindegewebe. Stabilisiert v. a. Gelenke und kann inner- oder außerhalb des Gelenks liegen.

6.1.7 Frakturen

Bei einer **Fraktur (Knochenbruch)** ist die Kontinuität des Knochens unterbrochen – mindestens zwei Knochenbruchstücke werden durch einen **Frakturspalt** voneinander getrennt (→ Abb. 6.8).

Traumatisch bedingte Frakturen sind Folge starker äußerer Kräfte, z. B. eines Autounfalls; bei **pathologischen Frakturen** bricht ein z. B. durch Tumor oder Osteoporose vorgeschädigter Knochen (fast) ohne Gewalteinwirkung. Ist die Haut über der Bruchstelle intakt, handelt es sich um eine **geschlossene Fraktur**. Bei einer gleichzeitigen Haut- und Weichteilverletzung im Frakturbereich spricht der Mediziner von einer **offenen Fraktur**. Es besteht das Risiko einer (bakteriellen) **Ostitis** und **Osteomyelitis**, einer bedrohlichen Infektion von Knochen und Knochenmark.

Ziel jeder Frakturbehandlung ist der stabile Wiederaufbau des Knochens über den Frakturspalt hinweg. Je nach Lokalisation und Art des Knochenbruchs wird entweder **konservativ** (durch festen **Gips- bzw. Kunststoffverband** oder ruhigstellende **Orthese**) oder **operativ** behandelt (**Osteosynthese** mit operativem Zusammenfügen von Knochenstücken, z. B. mittels Schrauben oder Metallplatten).

PFLEGE

Noch **nicht stabilisierte Frakturen** sind sehr schmerzempfindlich. Die betroffene Extremität wird in einer Schiene ruhiggestellt. Umlagerungen werden zur Verhinderung von Schmerzen, Gefäß- und Nervenschäden auf ein Minimum beschränkt und erfolgen behutsam, ggf. nach vorheriger Schmerzmittelgabe.

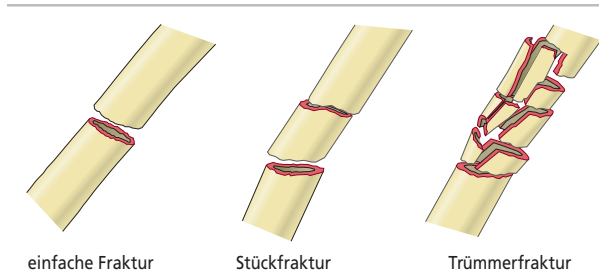


Abb. 6.8 Frakturen. Einteilungskriterien sind u. a. der Verlauf der Frakturlinie (z. B. Querfraktur, links, und Schrägfraktur) oder die Zahl der Knochenbruchstücke (z. B. einfache, Stück-, Trümmerfraktur).

Frakturheilung

Werden die Knochenbruchstücke durch Osteosynthese unter Druck genau passend aufeinandergepresst, so erfolgt der Durchbau direkt (**primäre Frakturheilung**).

Liegen jedoch die Knochenbruchstücke nicht genau aneinander oder ist der Bruch nicht absolut ruhiggestellt, entsteht an den Bruchenden zunächst ein knorpelartiger **Kallus**, der die Bruchstelle nach und nach verlötet. Er wird sekundär über viele Monate wie bei der chondralen Ossifikation (→ 6.1.3) in Knochen umgewandelt (**sekundäre Frakturheilung**).

Kindliche Knochenbrüche

Generell heilen Knochenbrüche bei Kindern schneller als bei Erwachsenen. Darüber hinaus gibt es zwei Besonderheiten:

- Zum einen sind insbesondere am Unterarm **Grünholzfrakturen** nicht selten, bei der Knochen und Periost auf einer Seite intakt bleiben
- Zum anderen kann bei kindlichen Frakturen die Epiphysenfuge geschädigt werden. Wachstumsstörungen sind die mögliche Folge. Nach bestimmten Frakturen sind deshalb spätere Kontrollen anzuraten.

6.2 Gelenke

6.2.1 Gelenkarten

Körperbewegungen finden nicht an den Knochen selbst statt, sondern an den Verbindungsstellen zwischen den Knochen – den **Gelenken**.

Bei den meisten Gelenken besteht zwischen den gelenkbildenden Knochen eine „richtige Lücke“, der **Gelenkspalt**. Diese Gelenke heißen **Diarthrosen**, *echte* oder *freie Gelenke*, und sind überwiegend gut beweglich. Sehr straffe Diarthrosen mit geringer Beweglichkeit nennt man **Amphiarthrosen** (*straffe Gelenke*). Zu ihnen gehört das Sakroiliakgelenk zwischen Darmbein und Kreuzbein (→ Abb. 7.35).

Es gibt aber auch unbewegliche Gelenke *ohne* Gelenkspalt. Solche **Synarthrosen** (*Fugen, Haften*) sollen Knochen möglichst unverrückbar zusammenhalten:

- **Syndesmosen** (*Bandhaften*) sind durch straffes kollagenes Bindegewebe fest überbrückt (z. B. die Membrana interossea → 7.7.3)
- **Synchondrosen** (*Knorpelhaften*) sind knorpelige Verbindungen wie z. B. an der Symphyse (Schambeinfuge → 7.5.1) oder zwischen Rippen und Brustbein
- **Synostosen** (*Knochenhaften*) entstehen, wenn das Bindegewebe zwischen zwei Knochen im Laufe der Entwicklung durch Knochen ersetzt wird, z. B. bei der Verknöcherung des Kreuzbeins aus fünf Wirbelsegmenten (→ Abb. 7.12).

6.2.2 Aufbau von Diarthrosen

Die meist gute Beweglichkeit in Diarthrosen wird durch folgende Grundstrukturen ermöglicht (→ Abb. 6.9):

- Die **Gelenkflächen**. Die gelenkbildenden Knochenenden werden von hyalinem **Gelenknorpel** überzogen, der die weißliche, spiegelglatte Gelenkfläche bildet
- Die **Gelenkhöhle**, die durch **Gelenkflüssigkeit (Synovia)** ausgefüllt wird. Der zwischen den gelenkbildenden Knochenflächen befindliche Teil der Gelenkhöhle heißt **Gelenkspalt**

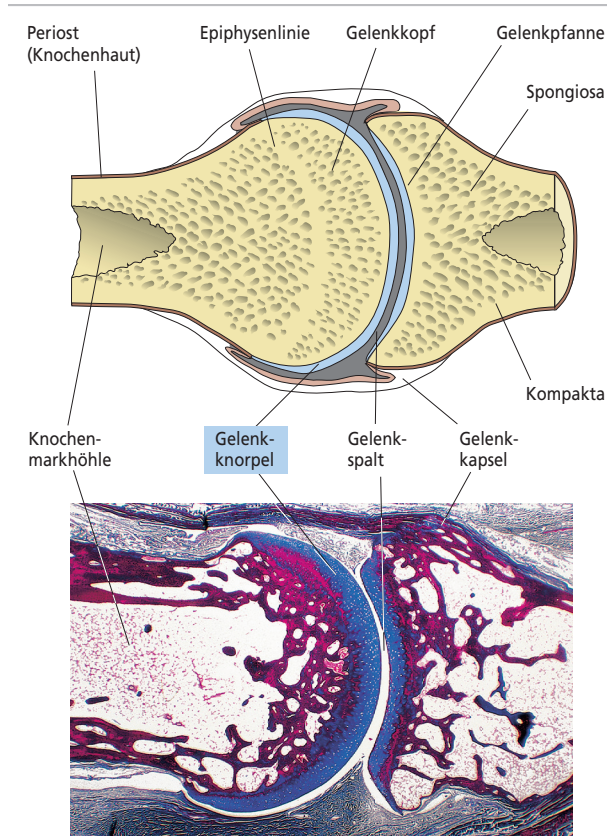


Abb. 6.9 Längsschnitt durch eine Diarthrose, oben Schemazeichnung, unten lichtmikroskopisches Bild. [Foto M375]

- Die **Gelenkkapsel** als straffe Umhüllung des Gelenkraums. Sie besteht aus zwei Schichten: außen die *Membrana fibrosa* aus kollagenem Fasermaterial, die durch ihren festen Halt vor Verrenkungen schützt, und innen die *Membrana synovialis (Synovialmembran)* mit elastischen Fasern, Gefäßen und Nerven, welche die Synovia absondert
- Die **Synovia**, eine klare, fadenziehende, eiweiß-, fett- und muzzinhaltige (*muzin* = Schleim) Flüssigkeit. Sie schmiert wie ein Getriebeöl die Gelenkflächen und ernährt den gefäßlosen Knorpel durch Diffusion (→ 3.5.4). Ihre Bildung und ihr Eindringen in den Knorpel werden durch Bewegung des Gelenks gefördert. In die Gelenkkapsel sind oft **Bänder** eingeflochten, derbe Verstärkungsstränge, welche die Knochen direkt verbinden und das Gelenk in ungünstigen Belastungssituationen stabilisieren (z. B. das Innen- und Außenband des oberen Sprunggelenks).

MEDIZIN

Bei einer **Luxation (Verrenkung, Auskugelung)** verschieben sich die Gelenkflächen, sodass sie keinen Kontakt mehr zueinander haben. Begleitverletzungen z. B. von Gelenkkapsel oder Bändern sind häufig. Je beweglicher ein Gelenk ist, desto größer ist das Luxationsrisiko.

Schleimbeutel

Um Gewebeschäden durch Reibung bei Körperbewegungen zu verhindern, sind an vielen Stellen in der Nähe oder am Rand der

Gelenkhöhle dünnwandige, mit Synovialmembran ausgekleidete Säcke ausgebildet, die **Schleimbeutel (Bursae synoviales)**. Sie verteilen an druckbelasteten Stellen den Druck gleichmäßiger, erleichtern das Aufeinandergleiten der beteiligten Strukturen und dienen als Puffer bei Bewegungen.

Diskens und Menisken

In manchen Gelenkhöhlen liegt ein scheiben- oder ringförmiger Zwischenknorpel. Ein **Diskus** unterteilt den Gelenkspalt vollständig, ein **Meniskus** unvollständig. Disken und Menisken schonen den Gelenkknorpel, indem sie den Druck gleichmäßiger verteilen und Krümmungsungleichheiten zwischen den Gelenkflächen ausgleichen. Medizinisch bedeutsam sind insbesondere die Menisken des Knies (→ 7.5.5).

Altersveränderungen der Gelenke

Im Alter wird der Gelenkknorpel dünner, weniger elastisch und vor allem an mechanisch besonders belasteten Stellen rau. Sehnen und Bänder verlieren an Dehnbarkeit und reißen leichter.

GERIATRIE

Eine sehr häufige Gelenkerkrankung älterer Menschen ist die **Arthrose**. Altersveränderungen des Knorpelgewebes (→ 5.3.6), gefördert durch starke Belastung (etwa bei Übergewicht), aber auch Bewegungsmangel, lassen den Gelenkknorpel rau und dünn werden und schließlich schwinden, sodass Knochen auf Knochen reibt. Zuerst schmerzen die Gelenke nur zu Bewegungsbeginn und nach längerer Belastung, in schweren Fällen lassen **Knies- und Hüftgelenkarthrose (Gon- bzw. Coxarthrose)** als häufigste Formen jeden Schritt zur Qual werden. Behandelt wird so lange wie möglich konservativ (Bewegung bei geringer Belastung, ggf. Medikamente). Bei starken Schmerzen und erheblicher Bewegungseinschränkung kann die Implantation einer **Gelenkprothese (Endoprothese)** unumgänglich sein.

6.2.3 Gelenkformen und -beweglichkeit

Auch Diarthrosen sind sehr unterschiedlich beweglich. Die Bewegungsmöglichkeiten eines Gelenks – man spricht von **Freiheitsgraden** – werden dabei entscheidend von der Gestalt der gegenüberstehenden Gelenkflächen mitbestimmt. Es gibt sechs verschiedene Grundformen von Gelenken (→ Abb. 6.10):

Scharniergelenk

Bei einem **Scharniergelenk** wird eine nach außen gewölbte (*konvexe*) Gelenkfläche in Rollenform von einer nach innen gewölbten (*konkaven*) Gelenkfläche schalenförmig umgriffen. Ähnlich wie ein Türscharnier das Öffnen oder Schließen einer Tür ermöglicht, also eine Bewegung um *eine* Achse in zwei Richtungen, haben auch **Scharniergelenke** nur *einen* Freiheitsgrad. Scharniergelenke finden sich zwischen Finger- und Zehengliedern.

Zapfen- und Radgelenk

Auch bei Zapfen- und Radgelenken steht eine *konvexe*, zylindrisch geformte Gelenkfläche einer *konkaven* gegenüber. Zapfen- und Radgelenke haben nur einen Freiheitsgrad:

- Beim **Zapfengelenk** dreht sich die konvexe Gelenkfläche innerhalb eines Bandes, das die konkave Gelenkfläche zum Ring ergänzt. Ein Beispiel hierfür ist das proximale Radioulnargelenk am Ellenbogen (→ Abb. 6.10)

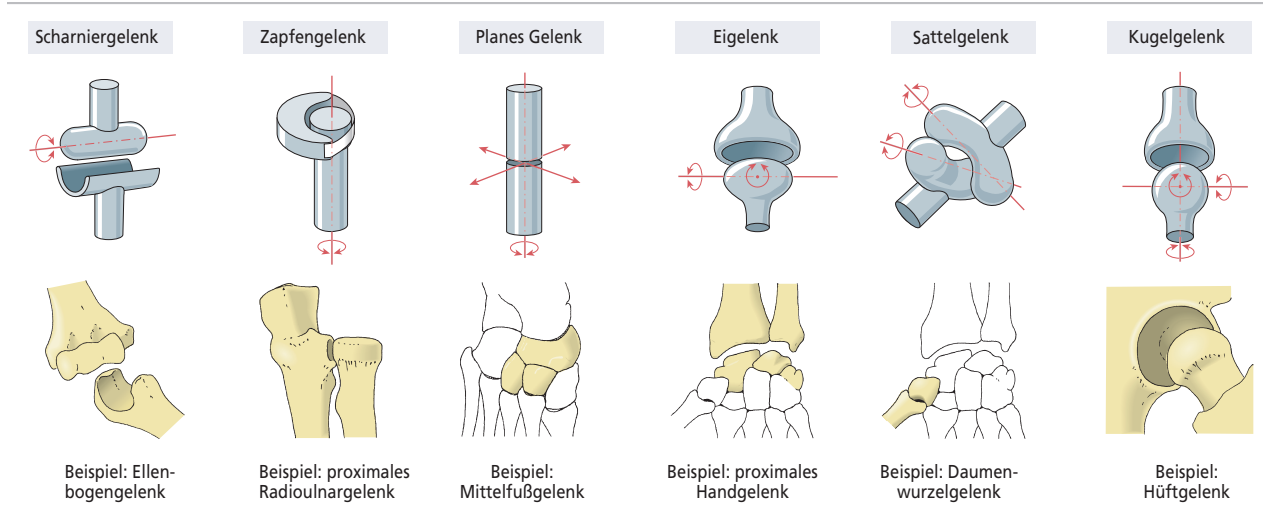


Abb. 6.10 Verschiedene Gelenkformen.

- Beim **Radgelenk** bewegt sich die konkave Gelenkfläche um die konvexe (z. B. das distale Radioulnargelenk → Abb. 7.20).

Planes Gelenk

Plane Gelenke haben flache oder allenfalls leicht gewölbte Gelenkflächen. Sie erlauben Rotation sowie Gleitbewegungen, wobei für Letztere als Besonderheit keine einheitliche Bewegungsachse angegeben werden kann. Ihre Beweglichkeit wird aber in aller Regel durch kräftige Bänder ganz erheblich eingeschränkt. Plane Gelenke befinden sich beispielsweise in der Hand- und Fußwurzel, auch die Zwischenwirbelgelenke sind plane Gelenke.

Eigelenk

Beim **Eigelenk** (*Ellipsoidgelenk*) stehen *ellipsenförmige* konvexe und konkave Gelenkflächen einander gegenüber. Eigelenke erlauben Bewegungen um *zwei* Achsen, nämlich die Beuge-Streck- und die Seit-zu-Seit-Bewegung (Abduktion bzw. Adduktion). Sie besitzen also *zwei* Freiheitsgrade.

Das proximale Handgelenk zwischen Speiche und Elle einerseits und Handwurzelknochen andererseits ist ein solches Eigelenk.

Sattelgelenk

Beim **Sattelgelenk** besitzt eine Gelenkfläche die Form eines Sattels, während die andere der Form eines Reiters auf seinem Sattel ähnelt. Ein Sattelgelenk erlaubt die Seit-zu-Seit-Bewegung und die Vorwärts-rückwärts-Bewegung, hat also *zwei* Freiheitsgrade.

Beispiel für ein Sattelgelenk ist das Daumenwurzelgelenk.

Kugelgelenk

Die meisten Bewegungsmöglichkeiten bietet ein **Kugelgelenk**. Hier sitzt eine kugelige Gelenkfläche, der **Gelenkkopf**, in einer schüsselförmig ausgehöhlten **Gelenkpfanne**. In Kugelgelenken, wie z. B. dem Schulter- oder Hüftgelenk, sind Bewegungen in allen *drei* Freiheitsgraden möglich (→ Abb. 6.10):

- Beugung und Streckung (Flexion und Extension)
- Seit-zu-Seit-Bewegung (Abduktion und Adduktion)
- Drehung (Innen- und Außenrotation).

PFLEGE

Werden Gelenke längere Zeit wenig oder gar nicht bewegt (etwa bei Ruhigstellung, schmerzbedingter Schonhaltung oder Lähmung), droht die dauerhafte Verkürzung von Muskeln, Sehnen und Bändern mit der Folge einer bleibenden **Gelenkversteifung (Kontraktur)**. Einschätzung der Kontrakturgefährdung und **Kontrakturenprophylaxe** sind eine wesentliche Aufgabe der Pflege. Die Kontrakturenprophylaxe fußt vor allem auf regelmäßigem Lagerungswechsel sowie (passiven und aktiven) Bewegungsübungen.

SPICKZETTEL

Gelenk: Verbindung zwischen zwei oder mehr Skeletteilen, meist Knochen.

Diarthrose (echtes, freies Gelenk): Gelenk mit einem Spalt zwischen den gelenkbildenden Skeletteilen, meist gut beweglich.

- Aufgebaut aus **Gelenkflächen** (mit einem Überzug aus hyalinem **Gelenkknorpel**), **Gelenkhöhle** mit **Gelenkspalt** und **Synovia**, umhüllender **Gelenkkapsel**
- Beweglichkeit abhängig v. a. von der Gelenkform. Drei Freiheitsgrade (= drei Bewegungsachsen, höchste Beweglichkeit) beim **Kugelgelenk**, zwei Freiheitsgrade bei **Ei-, Sattel-, planem Gelenk**, ein Freiheitsgrad bei **Scharnier-, Zapfen-, Radgelenk**.

Synarthrose (Fuge, Haft): Gelenk mit Bindegewebe oder Knorpel zwischen den gelenkbildenden Skeletteilen, kaum beweglich.

6.3 Muskulatur

Es gibt wie erwähnt drei Grundtypen von Muskelgewebe: *Skelett-, Herz- und glatte Muskulatur*. Stand in Kapitel 5 die Histologie im Vordergrund (→ Abb. 5.8), sollen hier anatomische und funktionelle Aspekte einschließlich der molekularen Grundlagen der Kontraktion dargestellt werden (→ auch Tab. 6.1).

Alle Muskelzellen sind hoch spezialisiert mit folgenden vier Grundeigenschaften:

- Sie sind *erregbar*, d. h. sie können auf Nervenreize reagieren
- Sie sind *kontraktile*, d. h. sie können sich verkürzen

- Sie sind *dehnbar*, d. h. sie lassen sich auseinanderziehen
- Sie sind *elastisch*, d. h. sie kehren nach Dehnung oder Kontraktion in ihre ursprüngliche Ruhelage zurück.

6.3.1 Skelettmuskulatur und Skelettmuskeln

Die **Skelettmuskulatur** erfüllt mehrere wichtige Aufgaben:

- Die **aktive Bewegung des Körpers**. Die aktive Bewegung des Körpers kommt durch den Wechsel zwischen Anspannung und Erschlaffung der Skelettmuskulatur zustande. Sie ist sichtbar beim Laufen oder Rennen und bei lokalisierten Bewegungen wie z. B. dem Ergreifen eines Bleistifts
- Die **aufrechte Körperhaltung**. Infolge einer kontinuierlichen Stimulation von Muskelzellen durch das zentrale Nervensystem wird der Körper in sitzender oder stehender Position gehalten, ohne dass wir bewusst darauf achten
- **Wärmeproduktion**. Von der Energie, die zur Muskelarbeit eingesetzt wird (bereits in Ruhe entfallen 20–25 % des Energieumsatzes auf die Muskulatur), können nur 45 % für die Kontraktion selbst verwendet werden. Als „Abfallprodukt“ entsteht die Körperwärme. Wenn wir vor Kälte zittern, dient die Muskelkontraktion sogar *ausschließlich* der Wärmeproduktion. Insgesamt werden bis zu 85 % der Körperwärme durch Muskeln erzeugt.

Geschlechts- und altersbedingte Unterschiede

Männer haben wesentlich mehr Skelettmuskulatur als Frauen. Dafür verantwortlich ist vor allem das Sexualhormon *Testosteron* (→ 19.1.3), das stark muskelaufbauend wirkt. Noch stärker weicht die maximale Muskelkraft voneinander ab – Frauen vermögen durchschnittlich nur 65 % der Kraft des „Durchschnittsmannes“ zu entwickeln.

Ab etwa dem 30. Lebensjahr nimmt die Muskelmasse jährlich um ca. 0,5–1 % ab, die geschwundenen Muskeln werden in der Regel durch Fett ersetzt. Die Ursache ist noch nicht im Detail geklärt, sicher spielt aber auch der bei älteren Menschen häufige Bewegungsmangel eine Rolle.

PRÄVENTION

Durch **Training** kann auch im höheren Alter die Muskelmasse wieder zunehmen, zusätzlich wirkt sich das Training positiv auf Fraktur- und Herz-Kreislauf-Risiko aus.

6.3.2 Mechanik der Skelettmuskeln

Ansatz und Ursprung eines Skelettmuskels

Skelettmuskelkontraktionen erzeugen Bewegung durch die Ausübung von Zug auf die Sehnen, welche die Zugkräfte auf die Knochen übertragen, an denen sie angeheftet sind. Als **Ursprung** des Muskels ist in der Regel der *kranial* (kopfwärts), bei Armen und Beinen der *proximal* (rumpfwärts) befestigte Teil definiert, als **Ansatz** die *kaudal* bzw. *distal* davon liegende Befestigung. Die zwischen Ansatz und Ursprung liegende fleischige Portion des Muskels heißt **Muskelbauch**.

Agonist und Antagonist

Für flüssige Bewegungen ist meist das Zusammenspiel gegensätzlich wirkender Muskeln erforderlich. Ein **Agonist** (*Spieler*) führt eine bestimmte Bewegung aus, sein **Antagonist** (*Gegenspieler*) ist für die entgegengesetzte Bewegung verantwortlich (→ Abb. 6.11).

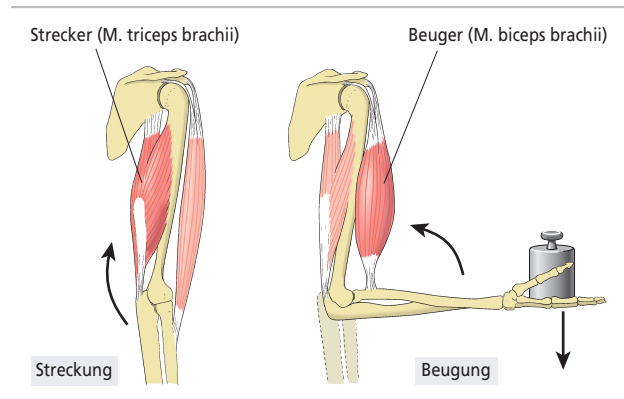


Abb. 6.11 Die Beziehung zwischen Agonist und Antagonist am Beispiel des Zusammenspiels von Beuger (M. biceps brachii) und Strecker (M. triceps brachii) am Ellbogengelenk.

Je nach beabsichtigter Bewegungsrichtung wirkt ein und derselbe Muskel als Agonist oder als Antagonist. Soll z. B. der Unterarm *gebeugt* werden, muss sich der M. biceps brachii zusammenziehen, er ist **Agonist**. Gleichzeitig muss sich sein Gegenspieler, der M. triceps brachii, entspannen. Er ist **Antagonist**. Soll der Ellbogen nun *ausgestreckt* werden, ist der M. triceps brachii der Agonist und der M. biceps brachii der (sich entspannende) Antagonist. Kontrahieren sich Agonist und Antagonist gleichzeitig mit gleicher Kraft, so entsteht keine Bewegung (*isometrische Kontraktion*, → 6.3.6).

Muskeln, die sich in ihrer Arbeit unterstützen, nennt man **Synergisten**. So unterstützt der M. brachialis (→ Abb. 7.25) die Arbeit des M. biceps brachii bei der Armbeugung.

6.3.3 Namensgebung der Skelettmuskeln

Die meisten der über 400 Skelettmuskeln werden nach einem oder mehreren der folgenden Kriterien benannt:

- Dem **Faserverlauf**. Beispiele: Die Fasern des M. *transversus* abdominis verlaufen rechtwinklig (quer = *transvers*) zur Körpermittellinie. Die Fasern des M. *obliquus* externus abdominis liegen diagonal (schräg = *obliquus*) zur Mittellinie
- Der **Lage** des Muskels. Der M. *temporalis* liegt nahe dem Os temporale (Schläfenbein). Der M. *tibialis anterior* verläuft am vorderen Anteil der Tibia (Schienbein)
- Der **Größe** bzw. **Länge** des Muskels. *Maximus* bedeutet der größte, *minimus* der kleinste, *longus* der lange und *brevis* der kurze. Beispiele hierfür sind der M. *gluteus maximus*, M. *gluteus minimus*, M. *fibularis longus* sowie der M. *fibularis brevis*
- Der **Zahl der Ursprünge**. Der M. *biceps* brachii besitzt zwei, der M. *triceps* brachii drei und der M. *quadriceps* femoris vier Ursprünge
- Die **Muskelform**, z. B. beim M. *deltoideus* (bedeutet dreieckig), M. *trapezius* (bedeutet trapezförmig) oder M. *serratus* anterior (bedeutet sägezahnförmig)
- Der **Lokalisation von Ursprung** (bzw. Ursprüngen) und Ansatz, z. B. entspringen der M. *obturatorius* externus und internus an der Membrana obturatoria.

6.3.4 Aufbau eines Skelettmuskels

Der elementare Baustein des Skelettmuskelgewebes ist die quer-gestreifte **Skelettmuskelfaser** (→ Abb. 6.12b, c). Sie ist eine riesige

WIEDERHOLUNGSFRAGEN

1. Welche Knochentypen gibt es? (→ 6.1.1)
2. Wie ist ein Röhrenknochen aufgebaut? (→ 6.1.2)
3. Wie verändert sich die Knochenmasse während des Lebens? (→ 6.1.2)
4. Wie wird Knochengewebe gebildet? (→ 6.1.3)
5. Wie unterscheiden sich desmale und chondrale Ossifikation? (→ 6.1.3)
6. Welche Substanzen sind für den Aufbau von gesundem Knochengewebe unentbehrlich? (→ 6.1.5)
7. Wie unterscheiden sich Sehnen und Bänder? (→ 6.1.6)
8. Wie sind Diarthrosen aufgebaut? (→ 6.2.2)
9. Welche Gelenkformen gibt es? (→ 6.2.3)
10. Wie heißen die Grundtypen des Muskelgewebes? (→ 6.3)
11. Welche wichtigen Aufgaben erfüllt der Skelettmuskel? (→ 6.3.1)
12. Woraus besteht ein Sarkomer? (→ 6.3.4)
13. Wie kontrahiert sich ein Skelettmuskel? (→ 6.3.5)
14. Was ist eine motorische Einheit? (→ 6.3.5)
15. Wie unterscheiden sich isotonische und isometrische Kontraktion? (→ 6.3.6)
16. Durch welche Besonderheiten zeichnet sich das Herzmuskelgewebe aus? (→ 6.3.7)
17. Wo befindet sich glattes Muskelgewebe hauptsächlich? (→ 6.3.8)
18. Auf welche Muskelarten können wir keinen bewussten Einfluss nehmen? (→ 6.3.8)
19. Welche Anpassungsvorgänge laufen bei körperlicher Anstrengung im Körper ab? (→ 6.4)