

Inhaltsverzeichnis

A. The Mineralogy of Bone. By J. IBALL	1
1. Introduction	1
2. Chemical Investigations	1
a) The chemical composition of bone minerals. The elements present	1
b) Different theories of the composition of bone minerals	2
3. Roentgen ray diffraction	2
a) Techniques	2
α) The powder method	3
β) Single crystal method	4
γ) Fibre diagrams	5
b) Preparation of specimens for roentgen ray diffraction	6
α) Bone sections	6
β) Bone powder	6
γ) Pre-treatment of bone	7
c) Early results obtained by roentgen ray diffraction	7
d) More recent results obtained by roentgen ray diffraction	7
α) The nature of the crystals	7
β) The size of the bone crystals	9
γ) The orientation of bone crystals	9
4. The mineral constituent in pathological bones	10
References	11
 B. Biochemie des Knochens. Von H.-J. DULCE	12
Bausteine des Knochens	12
I. Quantitative Zusammensetzung des Knochens	12
1. Fett-, Wasser-, Mineral-, Matrix-Anteile	12
a) Bestimmungsmethodik	14
2. Zellanteile	14
a) Bestimmungsmethodik	15
II. Struktur der Knochenbausteine	15
1. Das Knochenmineral	15
2. Die organische Matrix	20
a) Kollagen	21
b) Eukeratin	24
c) Wasserbeständige Proteinfraction	24
d) Mucoproteidfraktion (Osseomucoid)	25
 Stoffwechsel des Knochengewebes	26
I. Betriebsstoffwechsel und seine Regulation	26
1. Atmung im Knochengewebe	26
2. Anaerobe Glykolyse	27
3. Aerobe Glykolyse	28
4. CO ₂ -Bildung	29
a) Citronensäurecyclus	29
b) Horeckercyclus	33
c) Aminosäurestoffwechsel	33
5. Übersicht der Hormon- und Vitaminwirkungen im Betriebsstoffwechsel	33
II. Baustoffwechsel des Knochengewebes und seine Regulation	34
1. Matrixproteine	34
a) Kollagen	34
α) Kollagensynthese	34
β) Kollagenabbau	35
b) Kollagenunähnliche Matrixproteine, Synthese und Abbau	36

2. Mucopolysaccharide, Synthese und Abbau	36
3. Knochenmineral	39
a) Bilanz- und Umsatzstudien	39
b) Austauschvorgänge am Knochenmineral und Knochen	42
c) Intestinale Resorption der Bausteine des Knochenminerals	46
d) Renale Ausscheidung der Knochenmineralbausteine	47
4. Regulation des Knochenmineralumsatzes	47
a) Parathormon	47
α) Wirkung am Knochen	47
β) Intestinale Wirkung	48
γ) Renale Wirkung	48
b) Thyreocalcitonin-Calcitonin	49
c) Vitamin D	49
α) Vitamin D- und Calcium-Phosphor-Bilanz	49
β) Wirkung am Knochen	49
γ) Intestinale Wirkung	50
δ) Renale Wirkung	52
d) Glucocorticoide	53
α) Calcium-Bilanz	53
β) Wirkung am Knochen	53
γ) Intestinale Wirkung	53
δ) Renale Wirkung	53
e) Mineralocorticoide und Katecholamine	54
f) Oestrogene und Androgene	54
g) Somatotropes Hormon (STH)	55
h) Schilddrüsenhormon	56
i) Vitamine	56
5. Übersicht der Hormon- und Vitaminwirkung im Baustoffwechsel des Knochens	57
III. Spezielle Enzymaktivitäten im verknöchernden Gewebe	57
1. Alkalische Phosphatase	57
2. Saure Phosphatase	58
3. Proteinphosphokinase	58
4. Anorganische Pyrophosphatase	59
5. Carboanhydratase	59
6. Weitere Enzyme	59
7. Regulation spezieller Enzymaktivitäten	60
a) Alkalische Phosphatase	60
b) Saure Phosphatase	60
c) Anorganische Pyrophosphatase	60
d) Andere Enzyme	60
Extracelluläre Flüssigkeit und Knochen	60
I. Knochenmineralbausteine und Knochenenzyme in der extracellulären Flüssigkeit	60
1. Calcium- und anorganischer Phosphor-Gehalt	61
a) Calcium-Fractionen in der extracellulären Flüssigkeit	61
α) Ultrafiltrable Ca-Ionen	61
β) Ultrafiltrable Ca-Chelate	61
γ) Nicht ultrafiltrable und adialysables Ca-Proteinat	62
b) Anorganische Phosphor-Fraktion in der extracellulären Flüssigkeit	62
2. Magnesium-Gehalt	63
3. Enzym-Gehalt	63
II. Regulation der Zusammensetzung der extracellulären Flüssigkeit	63
1. Parathormon	63
a) Calcium-Gehalt	63
b) Anorganischer Phosphor-Gehalt	64
c) Magnesium-, Citrat-, Mucoproteid-Gehalt	64
2. Thyreocalcitonin-Calcitonin	64
Calcium-, anorganischer Phosphor-, Magnesium-Gehalt	64
3. Das Regelsystem: Calcium- und Magnesiumionenkonzentration im Plasma, Parathormon-, Calcitonin-Thyreocalcitoninausschüttung	65
a) Reiz für Hormonausschüttung	65
b) Erfolgsorgane des Reizes	66
4. Vitamin D	66
a) Calcium-Gehalt	66

b) Anorganischer Phosphor-Gehalt	67
c) Citrat-, Carbonat-, Phosphatase-Gehalt.	67
5. Glucocorticoide	67
a) Calcium-Gehalt	67
b) Anorganischer Phosphor- und Citrat-Gehalt	67
6. Oestrogene — Androgene	67
Calcium-, anorganischer Phosphor- und Phosphatase-Gehalt	67
7. Peptidhormone der Hypophyse	68
Calcium-, anorganischer Phosphor- und Magnesium-Gehalt	68
8. Thyroxin	68
III. Das primäre Mineralisationsprodukt und seine Reifung	68
IV. Einflüsse auf die Kristallisation von Calciumphosphaten	70
1. Calcium-, Phosphat-, Carbonat-Ionenüberschuß	70
2. Induktionsstoffe	70
3. Fluorid-Ionen	70
4. Magnesium-Ionen	71
5. Hemmstoffe	71
V. Löslichkeit des Knochenminerals in vitro und in vivo.	71
1. Lösungsgleichgewicht: extracelluläre Flüssigkeit/Knochenmineral	72
a) $\text{Ca}^{2+} \times \text{P}_{\text{anorg.}}$ -Ionenprodukt in der extracellulären Flüssigkeit	72
b) $\text{Ca}^{2+} \times \text{CO}_3^{2-}$ -Ionenprodukt in der extracellulären Flüssigkeit	73
c) Löslichkeit des Knochenminerals in vitro	73
d) Löslichkeit synthetischer Calciumphosphate	73
e) Löslichkeit von synthetischem Calciumcarbonat	74
f) Löslichkeit eines Gemisches von synthetischem Mischapatit und Calciumcarbonat	74
2. Sättigungsgrad der extracellulären Flüssigkeit	75
Mineralisations- und Verknöcherungsvorgang	75
I. Voraussetzungen der Mineralisation und Verknöcherung	75
II. Experimentelle Studien zur Verknöcherung und Mineralisation	76
1. Kristallkeimbildung	76
a) Proteinstrukturen	76
b) Abbau von Kristallisationshemmstoffen	77
c) Anreicherung von Metallen und seltenen Erden	78
2. Steigerung der Übersättigung	78
a) Calciumanreicherung	78
b) Phosphatanreicherung	78
3. Herabsetzung der Metastabilität der extracellulären Flüssigkeit	79
III. Biologische Induktoren der Verknöcherung	79
IV. Theorie des Verknöcherungsvorganges	80
Der Vorgang der Knochenauflösung	80
I. Voraussetzung der Knochenauflösung und Demineralisation	80
II. Auflösung des Knochenminerals durch Stollwechselsäuren oder H^+ -Ionensekretion	81
1. Milchsäure	81
2. Citronensäure	81
3. Kohlensäure	82
4. Aktive Wasserstoff-Ionensekretion	82
III. Auflösung des Knochenminerals durch Calciumchelatbildner	83
IV. Auflösung der Knochenmatrix	83
V. Theorie der Knochenauflösung.	83
Schlußbetrachtung	83
Literatur	84
C. Die radiologische Erfassung des Mineralgehaltes des Knochens. Von F. HEUCK	106
I. Einleitung	106
II. Anatomische Grundlagen radiologischer Messungen des Mineralgehaltes von Knochen	107
1. Der Knochen als Organ und Skeletbaustein	107
2. Der strukturelle Aufbau der Knochen	107
3. Die wechselseitigen Beziehungen zwischen Struktur und Mineralkonzentration (Hydroxylapatit-Konzentration, Apatitwert) in Knochen	109

III. Grenzen und Möglichkeiten einer subjektiven Beurteilung des Knochenmineralgehaltes aus dem Röntgenbild	111
1. Der Informationswert der einfachen Röntgenaufnahme	111
2. Die Beurteilung des Knochenmineralgehaltes durch visuellen Vergleich mit einem Referenzsystem	116
IV. Theoretische Grundlagen radiologischer Messungen des Knochenmineralgehaltes	119
1. Die physikalischen Grundlagen	119
2. Die direkten Messungen der Strahlenabsorption (praktische Dosimetrie)	123
a) Die Ionisationskammer	123
b) Das Geiger-Müller-Zählrohr	123
c) Das Proportional-Zählrohr	123
d) Der Szintillations-Zähler	124
3. Die Messung der Filmschwärzung	124
a) Der Einfluß von Filmmaterial, Entwicklung und Verarbeitung	125
b) Der Einfluß der Strahlenqualität	126
c) Der Einfluß der Streustrahlungen	128
d) Die Messung der Schichtdicke des Knochens	129
e) Die zur Messung verwendeten Photometer (Densitometer)	130
V. Methoden zur Bestimmung des Knochenmineralgehaltes durch direkte Messung der Strahlenabsorption	131
1. Die Absorptionsmessungen mit einer normalen polychromatischen Röntgenstrahlung	131
2. Die Absorptionsmessungen mit monochromatischer Röntgenstrahlung	136
3. Die Absorptionsmessungen mit der γ -Strahlung von Isotopen	139
VI. Methoden zur radiologisch-densitometrischen Bestimmung des Knochenmineralgehaltes . .	145
1. Die direkte photometrische (oder densitometrische) Bestimmung von Dichte oder Mineralkonzentration der Knochen	145
2. Die Bestimmung des Knochenmineralgehaltes durch vergleichende Schwärzungsmessungen	147
a) Die geeigneten Vergleichskörper oder Referenzsysteme	147
b) Die Strahlenabsorption in Stoffmischungen („Teilchenfaktor“)	149
c) Die Berücksichtigung der Weichteile	151
3. Die klinische Anwendung von Methoden der vergleichenden Schwärzungsmessung	152
a) Die Bestimmung eines „Schwächungsgleichwertes“ mit Referenzsystemen aus Aluminium oder anderen Metallen	152
b) Die Messungen mit Referenzsystemen aus Elfenbein	173
c) Die Messungen mit Referenzsystemen aus Knochenmaterial	178
d) Die Messungen mit Referenzsystemen aus definierten, reproduzierbaren Calciumverbindungen	181
e) Die Messung mit einem Referenzsystem aus Kaliumhydrogenphosphat (K_2HPO_4)	194
f) Vergleichende photometrische Messungen bei Verwendung verschiedener Strahlenqualitäten	197
VII. Ergebnisse radiologischer Messungen der Knochendichte und Mineralkonzentration bei Gesunden	203
1. Der Knochenmineralgehalt — ausgedrückt in „Schwächungsgleichwerten“	203
2. Die Berechnung der Mineralkonzentration (Hydroxylapatitgehalt) aus Schwächungsgleichwerten	211
3. Die Ergebnisse der direkten Messung der Hydroxylapatitkonzentration („Apatitwert“)	218
VIII. Die radiologische Morphometrie von Knochen	223
1. Die Messungen der Compacta und Corticalis	224
2. Kombinierte morphometrische und densitometrische Untersuchungen der Compacta . . .	237
3. Spezielle radiologische Untersuchungen an der Wirbelsäule	239
a) Untersuchungen von Dichte oder Struktur der Wirbelkörper	239
b) Untersuchungen der Wirbelkörperdeckplatten	243
IX. Die praktische Anwendung radiologischer Messungen in der klinischen Medizin	246
1. Der Einfluß körperlicher Belastung oder Ruhigstellung (Immobilisation) auf den Knochenmineralgehalt	246
2. Meßergebnisse bei der „präsenilen“ oder „postmenopausischen“ Osteoporose (sog. „pathologische“ Osteoporose)	249
3. Meßergebnisse bei generalisierten Osteopathien	253
a) Allgemeine Befunde	253

b) Der Knochenkalksalzgehalt bei hormonellen Störungen	258
c) Der Knochenkalksalzgehalt nach Cortisonbehandlung	260
d) Der Knochenkalksalzgehalt beim Hyperparathyreoidismus	261
e) Der Knochenkalksalzgehalt bei gastrointestinalen Erkrankungen	263
f) Der Knochenkalksalzgehalt bei Osteosklerosen	265
4. Der Knochenkalksalzgehalt bei Polyarthritiden	265
5. Knochenmineralgehalt und Frakturrisiko	269
6. Der Knochenmineralgehalt nach Frakturen und beim „Sudeck-Syndrom“	272
7. Kontrollmessungen des Knochenkalksalzgehaltes in der Raumfahrtmedizin	274
X. Die Anwendung radiologischer Meßmethoden in der experimentellen Medizin und der Veterinärmedizin	276
XI. Schlußbetrachtungen	282
XII. Literatur	284
D. Microradiography of normal bone. By A. ENGSTRÖM	296
1. Introduction	296
2. Chemical composition of bone and other mineralized tissues	296
3. The molecular structure of the bone salt	296
4. Microradiography of bone	298
a) Theoretical basis	298
b) Equipment	300
c) Preparation of bone specimens	301
5. Microradiographic appearance of normal bone	301
a) Compact bone	301
b) Spongy bone	305
6. Quantitative microradiography	307
7. Teeth	311
8. Miscellaneous applications	312
9. Conclusions	314
References	314
E. Struktur und Ultrastruktur des Knochengewebes. Von K.-H. KNESE	317
1. Einleitung: Struktur und Ultrastruktur	317
2. Die Komponenten des Knochengewebes	318
a) Die sog. Grundsubstanz	318
b) Die Osteocyten	320
c) Die Kollagenfibrillen und das Kollagen	323
α) Morphologie der Kollagenfibrillen	323
β) Chemie des Kollagens	328
γ) Die Fibrillogenese	331
d) Die Peri- und Interfibrillärsubstanzen	333
α) Die sauren Mucopolysaccharide	333
β) Die Glykoproteine	335
γ) Die Beziehungen zwischen den Interfibrillärsubstanzen	336
δ) Das Wasser und die Komponenten in bezug auf das Volumen	337
3. Bemerkungen zum Ablauf der Osteogenese	338
a) Die Osteogenese zu verschiedenen Lebenszeiten	339
b) Die Osteoblasten	343
c) Bildung der Gewebekomponenten	344
d) Das Skeletorgan	349
4. Die Struktur, 5. Ordnung: Kollagenfibrillen und Kristallite	350
a) Die Gestalt der Kristalle	350
b) Die Morphologie der Mineralisation	352
5. Die Formen des Knochengewebes	357
a) Die Struktur des neugebildeten Knochengewebes	357
b) Das reife Knochengewebe	359
α) Die Lamelle (Struktur 4. Ordnung)	359
β) Die Lamellensysteme (Struktur 3. Ordnung)	365
1. Das Osteon	365
2. Die Tangentiallamellen (Schalt- und Generallamellen)	368
γ) Die Struktur der Skeletelemente (Struktur 2. Ordnung)	368
c) Die Baugeschichte des Knochens	374

d) Die Riesenzellen (Chondro- und Osteoklasten)	380
α) Verbreitung der Riesenzellen	381
β) Herkunft der Riesenzellen	382
γ) Die Morphologie der Riesenzellen	384
e) Das Periost	389
f) Die Struktur der Sehnen- und Bandansätze	394
g) Die Gefäßversorgung des Knochens	398
Literatur	401
F. Mechanik und Festigkeit des Knochengewebes. Von K.-H. KNESE	417
1. Festigkeit des Knochengewebes	418
a) Formen der Festigkeit	418
b) Durchführung der Festigkeitsuntersuchungen	420
c) Experimentelle Untersuchungen des kompakten Knochens	423
α) Die Druckfestigkeit des kompakten Knochens	423
$\alpha\alpha$) Versuche an frischen Knochen	423
$\beta\beta$) Versuche an fixierten oder macerierten Knochen	426
β) Die Zugfestigkeit des kompakten Knochens	427
$\alpha\alpha$) Versuche an frischem Knochen	427
$\beta\beta$) Versuche an fixiertem Knochen	427
γ) Die Biegefestigkeit des kompakten Knochens	428
$\alpha\alpha$) Vorbemerkungen über die Biegebelastung	428
$\beta\beta$) Biegefestigkeit des kompakten Knochens	431
δ) Die Schlagfestigkeit des Knochens	435
ϵ) Die Torsionsfestigkeit des kompakten Knochens	436
ζ) Die Scherfestigkeit des kompakten Knochens	437
η) Die Wechselfestigkeit des kompakten Knochens	438
θ) Die Härte des kompakten Knochens	439
ι) Die Zerspannbarkeit des Knochens	441
d) Die Festigkeit des kompakten Knochens	442
α) Die mechanischen Eigenschaften des kompakten Knochens	442
β) Die Veränderungen der Festigkeit durch Vorbehandlung des Knochens	444
γ) Die Materialstruktur des kompakten Knochens	448
δ) Topographische Differenzen der Knochenfestigkeit	454
ϵ) Veränderung der Knochenfestigkeit durch Ernährung, Hormone, Innervation	465
e) Die Festigkeit der Spongiosa	467
α) Experimentelle Untersuchungen der Spongiosa	467
β) Die Materialstruktur der Spongiosa	473
2. Mechanik der Skeletelemente	478
a) Der allgemeine Spannungszustand	479
b) Die äußeren Kräfte: Die Belastung der Skeletstücke	483
c) Die Mechanik der Röhrenknochen	491
d) Die Mechanik der kurzen Knochen: Die Wirbelsäule	509
e) Die Mechanik der platten Knochen	513
α) Das Becken	513
β) Der Schädel	514
3. Der Bruchmechanismus des Knochens	518
Literatur	526
G. Vorgänge bei der Bruchheilung und Pseudarthrosenentstehung. Von R. MAATZ und K. HAASCH	540
I. Die ungestörte Heilung einer Knochenwunde	540
1. Einleitung und geschichtlicher Überblick	540
2. Feingewebliche Vorgänge bei der Knochenheilung	540
a) Die angiogene oder primäre Callusbildung	541
b) Der schleichende Ersatz toten Knochens durch lebenden	542
c) Die sekundäre chondrale oder desmale Callusbildung	542
d) Die primäre Knochenheilung	543
3. Theorien der Knochenneubildung	544
4. Die Bedeutung des mechanischen Faktors in der Knochenneubildung	545
5. Röntgenologisch erfaßbare Vorgänge bei der Knochenbruchheilung	549
a) Die primäre Knochenheilung	549
b) Die sekundäre Knochenheilung über den Callus	550
c) Die Faktoren, welche Art und Form der Callusbildung bestimmen	552

α) Das Alter des Patienten	552
β) Die Rolle des Periostes	552
γ) Der Sitz der Fraktur	555
δ) Die Form der Fraktur	555
ε) Die Art der Kontinuitätstrennung	556
ζ) Die Stellung der Bruchenden	556
η) Der mechanische Faktor	557
θ) Die Mitverletzung von Weichgeweben	557
ι) Das Callushütcchen	558
6. Die Beurteilung der knöchernen Verfestigung eines Bruches	558
II. Die gestörte Knochenbruchheilung.	561
1. Störfaktoren in der Heilung	561
a) Verlust des Bruchhämatoms	561
b) Knochennekrosen im Frakturbereich	561
c) Die Infektion im Frakturbereich	566
d) Der mechanische Störfaktor	570
e) Fremdkörper im Frakturbereich	572
f) Der Knochendefekt	574
g) Die Interposition von Weichgeweben	574
h) Trophische Störungen	575
2. Die Bilder der verzögerten Verfestigung	575
3. Pseudarthrosen und Nearthrosen	579
4. Die Sudeck'sche Krankheit	582
5. Die Bruchheilung im kranken Knochen	585
6. Die Besonderheiten der Callusbildung und Calluserkrankungen, auch Myositis ossificans	589
7. Besonderheiten bei offenen Frakturen	591
8. Besonderheiten bei Schußbrüchen	592
9. Besonderheiten bei Epiphyseolysen	593
10. Besonderheiten bei Frakturen am Schädel	593
11. Besonderheiten bei Mehrfach-Brüchen	595
12. Die ischämische Kontraktur	595
13. Die posttraumatische Arthrosis deformans	595
14. Die posttraumatische Osteolyse	596
15. Akzidentelle Schädigungen	597
16. Heilung in Fehlstellung, ihre Bedeutung für die Funktion, ihr spontaner Ausgleich und ihre operative Korrektur	598
17. Formen der Osteosynthese	604
Literatur	610
H. Radiologische Prognostik der Knochenbruchheilung. Von A. HULTH	617
1. Einleitung	617
a) Knochenbruchheilung und Gefäßversorgung	617
b) Avasculäre Formen der Schenkelhalsfrakturen und ihre Manifestation	617
c) Die Frühdiagnose der Avascularität	618
α) Die Bedeutung des Frakturtyps	618
β) Die Artheriographie	619
γ) Die Venographie	619
δ) Die Untersuchung mit Isotopen	619
2. Intraossale Venographien	619
3. Intraossale Venographien bei Schenkelhalsfrakturen	620
a) Die Gefäßanatomie des oberen Femurteiles	620
b) Die Gefäßversorgung des Caputfragmentes bei verschiedenen Typen von Schenkelhalsbruch	622
c) Die Technik der venographischen Untersuchung des Femurkopfes	622
α) Verschiedene Venographietypen	623
β) Diskussion der positiven Venographien	626
γ) Diskussion der negativen Venographien	626
δ) Resultat der Venographie im Verhältnis zum Grade der primären Dislokation	627
ε) Nachuntersuchung	628
ζ) Venographische Untersuchung der Pseudarthrosen	629
d) Diskussion der Untersuchungsmethode	629
Literatur	630

J. Vorgänge bei der Knochentransplantation. Von R. MAATZ und K. HAASCH	633
I. Geschichtlicher Überblick	633
II. Immunologie der Knochentransplantation	636
III. Feingewebliche Vorgänge bei der freien Knochenverpflanzung	637
1. Der autologe Span	638
2. Der homologe Span	641
3. Der heterologe Span	641
IV. Eigenheiten von Corticalis und Spongiosa	645
V. Die Bedeutung der Intaktheit des Knochengengerüsts	645
VI. Kombination von Spänen verschiedener Herkunft	645
VII. Besondere Spanformen	648
VIII. Die Technik der Verpflanzung	654
IX. Das röntgenologisch-klinisch erfaßbare Schicksal des Knochentransplantats	658
1. Allgemeingültiges	658
2. Das Frühschicksal eines Spans	659
a) Die aseptische Abstoßung	659
b) Die Infektion mit Eiterung	659
c) Der mehr oder minder gute Anschluß an den Mutterknochen	661
3. Das späte Schicksal des Spanes	663
a) Die bindegewebige Einscheidung	663
b) Die Resorption des Spanes	665
c) Substitution und Umbau	666
d) Spanfraktur	672
Literatur	674
K. Struktur und Ultrastruktur des Knorpels. Von K.-H. KNESE	678
1. Einleitung: Allgemeine Kennzeichen des Knorpelgewebes	678
2. Die Komponenten des Knorpelgewebes	680
a) Die Zellen	680
α) Die chondroiden Zellen	680
β) Die Zellen des Zellknorpels und des Vorknorpels	684
γ) Bemerkungen über Zellgestalt und Zelleistung	692
δ) Die Zellen des Hyalin-Knorpels	694
b) Die Fasern	698
α) Die Kollagenfibrillen	698
β) Die elastischen Fasern	700
c) Die organischen Inter- bzw. Perifibrillärsbstanzen	701
α) Die sauren Mucopolysaccharide (MPS)	702
β) Bindung der Mucopolysaccharide an Proteine	704
γ) Charakter der Mucopolysaccharide und ihre Aufgaben in der Intercellularsubstanz	706
δ) Die Darstellung von Kohlenhydraten und Mucopolysacchariden durch Färbung im Schnitt	711
Perjodsäure-Schiff-Reaktion (PJS, PAS)	711
Basophilie	711
Metachromasie	712
Eisenhydroxyd-Berliner Blau-Reaktionen	712
Die Spezifität topochemischer Reaktionen	712
e) Bildung des Mucopolysaccharid-Protein-Komplexes	714
ζ) Die Mucopolysaccharide während der Ontogenese	721
d) Die Mineralablagerungen im Knorpel	722
3. Die Beziehungen zwischen Knorpel- und Knochengewebe im Skeletsystem	725
a) Die diaphysäre-chondrale Osteogenese	726
b) Die Epiphysen und die enchondrale Osteogenese	732
c) Die Knochenbildung in Apophysen und die Bildung des Faserknorpels	747
4. Die Formen des Knorpelgewebes und die Struktur knorpeliger Skeletstücke	754
a) Der Hyalinknorpel	754
α) Der Epiphysenknorpel	755
β) Der Rippenknorpel	755
γ) Der Gelenknorpel und die Gelenke	756
b) Der Faserknorpel	760
5. Die Ernährung und das Gefäßsystem des Knorpels	764
6. Materialstruktur und Mechanik des Knorpelgewebes	765
Literatur	766

L. Biological bases of the radioisotope investigation of the skeleton. By R. AMPRINO.	784
1. Use of bone-seeking radioactive elements in the study of the skeleton	785
a) Autoradiography	786
2. Autoradiographic pattern of bone formation, growth and reconstruction	787
a) Bone matrix formation, calcification, resorption	787
b) Intramembranous ossification	792
c) Endochondral ossification	793
α) Cartilage differentiation and growth	793
β) Cartilage replacement by trabecular bone	794
γ) Periosteal bone formation and growth	796
δ) Secondary bone changes	799
d) Distribution and redistribution of radioactive elements in the skeleton	805
e) Bone repair and transplantation	806
f) Vitamins and bone	808
g) Hormones and bone	809
h) Cartilage and fibrous tissues of joints	812
3. Bone mineral metabolism	813
a) Bone inner milieu and bone-seeking radioactive elements	813
b) Uptake, absorption and excretion of radioactive elements	815
c) Fixation of radioactive elements in bone	816
d) Exchanges between bone crystals and fluid environment	821
e) Removal of radioactive elements from the skeleton	823
f) Biological half-life of bone-seeking radioactive elements	824
4. Exploration of the skeletal metabolism by means of radioisotopes	826
a) Metabolic tracer techniques	826
b) External counting methods	828
5. Bone blood-flow measurement	830
6. Effects of internal radiation on bone	830
References	836
 Namenverzeichnis — Author-Index	 848
Sachverzeichnis	886
Subject-Index	912