

## Inhaltsverzeichnis

<b>A. The Mineralogy of Bone.</b> 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
$\alpha$ ) The powder method . . . . .	3
$\beta$ ) Single crystal method . . . . .	4
$\gamma$ ) Fibre diagrams . . . . .	5
b) Preparation of specimens for roentgen ray diffraction . . . . .	6
$\alpha$ ) Bone sections . . . . .	6
$\beta$ ) Bone powder . . . . .	6
$\gamma$ ) Pre-treatment of bone . . . . .	7
c) Early results obtained by roentgen ray diffraction . . . . .	7
d) More recent results obtained by roentgen ray diffraction . . . . .	7
$\alpha$ ) The nature of the crystals . . . . .	7
$\beta$ ) The size of the bone crystals . . . . .	9
$\gamma$ ) The orientation of bone crystals . . . . .	9
4. The mineral constituent in pathological bones . . . . .	10
References . . . . .	11
 <b>B. Biochemie des Knochens.</b> Von H.-J. DULCE . . . . .	 12
<b>Bausteine des Knochens</b> . . . . .	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 Proteinfraktion . . . . .	24
d) Mucoproteidfraktion (Osseomucoid) . . . . .	25
 <b>Stoffwechsel des Knochengewebes</b> . . . . .	 26
I. Betriebsstoffwechsel und seine Regulation . . . . .	26
1. Atmung im Knochengewebe . . . . .	26
2. Anaerobe Glykolyse . . . . .	27
3. Aerobe Glykolyse . . . . .	28
4. CO <sub>2</sub> -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
$\alpha$ ) Kollagensynthese . . . . .	34
$\beta$ ) 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
$\alpha$ ) Wirkung am Knochen . . . . .	47
$\beta$ ) Intestinale Wirkung . . . . .	48
$\gamma$ ) Renale Wirkung . . . . .	48
b) Thyreocalcititonin-Calcitonin . . . . .	49
c) Vitamin D . . . . .	49
$\alpha$ ) Vitamin D- und Calcium-Phosphor-Bilanz . . . . .	49
$\beta$ ) Wirkung am Knochen . . . . .	49
$\gamma$ ) Intestinale Wirkung . . . . .	50
$\delta$ ) Renale Wirkung . . . . .	52
d) Glucoorticoide . . . . .	53
$\alpha$ ) Calcium-Bilanz . . . . .	53
$\beta$ ) Wirkung am Knochen . . . . .	53
$\gamma$ ) Intestinale Wirkung . . . . .	53
$\delta$ ) 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
<b>III. Spezielle Enzymaktivitäten im verknöchernden Gewebe</b> . . . . .	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
<b>Extracelluläre Flüssigkeit und Knochen</b> . . . . .	60
<b>I. Knochenmineralbausteine und Knochenenzyme in der extracellulären Flüssigkeit</b> . . . . .	60
1. Calcium- und anorganischer Phosphor-Gehalt . . . . .	61
a) Calcium-Fraktionen in der extracellulären Flüssigkeit . . . . .	61
$\alpha$ ) Ultrafiltrable Ca-Ionen . . . . .	61
$\beta$ ) Ultrafiltrable Ca-Chelate . . . . .	61
$\gamma$ ) Nicht ultrafiltrable und adialysables Ca-Proteinat . . . . .	62
b) Anorganische Phosphor-Fraktion in der extracellulären Flüssigkeit . . . . .	62
2. Magnesium-Gehalt . . . . .	63
3. Enzym-Gehalt . . . . .	63
<b>II. Regulation der Zusammensetzung der extracellulären Flüssigkeit</b> . . . . .	63
1. Parathormon . . . . .	63
a) Calcium-Gehalt . . . . .	63
b) Anorganischer Phosphor-Gehalt . . . . .	64
c) Magnesium-, Citrat-, Mucoproteid-Gehalt . . . . .	64
2. Thyreocalcititonin-Calcitonin . . . . .	64
Calcium-, anorganischer Phosphor-, Magnesium-Gehalt . . . . .	64
3. Das Regelsystem: Calcium- und Magnesiumionenkonzentration im Plasma, Parathormon-, Calcitonin-Thyreocalcititoninausschüttung . . . . .	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
<b>III. Das primäre Mineralisationsprodukt und seine Reifung</b> . . . . .	68
<b>IV. Einflüsse auf die Kristallisation von Calciumphosphaten</b> . . . . .	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 <i>in vitro</i> und <i>in vivo</i> . . . . .	71
1. Lösungsgleichgewicht: extracelluläre Flüssigkeit/Knochenmineral . . . . .	72
a) $\text{Ca}^{2+} \times \text{Panorg. Ionenprodukt}$ in der extracellulären Flüssigkeit . . . . .	72
b) $\text{Ca}^{2+} \times \text{CO}_3^{2-}$ -Ionenprodukt in der extracellulären Flüssigkeit . . . . .	73
c) Löslichkeit des Knochenminerals <i>in vitro</i> . . . . .	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
<b>Mineralisations- und Verknöcherungsvorgang</b> . . . . .	75
<b>I. Voraussetzungen der Mineralisation und Verknöcherung</b> . . . . .	75
<b>II. Experimentelle Studien zur Verknöcherung und Mineralisation</b> . . . . .	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
<b>III. Biologische Induktoren der Verknöcherung</b> . . . . .	79
<b>IV. Theorie des Verknochungsvorganges</b> . . . . .	80
<b>Der Vorgang der Knochenauflösung</b> . . . . .	80
I. Voraussetzung der Knochenauflösung und Demineralisation . . . . .	80
II. Auflösung des Knochenminerals durch Stollwechselsäuren oder $\text{H}^+$ -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
<b>Schlüsseleinführung</b> . . . . .	83
<b>Literatur</b> . . . . .	84
<b>C. Die radiologische Erfassung des Mineralgehaltes des Knochens. Von F. HEUCK</b> . . . . .	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 $\gamma$ -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 Polyarthritis . . . . .	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
<b>D. Microradiography of normal bone. By A. ENGSTRÖM . . . . .</b>	<b>296</b>
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
<b>E. Struktur und Ultrastruktur des Knochengewebes. Von K.-H. KNESE . . . . .</b>	<b>317</b>
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
$\alpha$ ) Morphologie der Kollagenfibrillen . . . . .	323
$\beta$ ) Chemie des Kollagens . . . . .	328
$\gamma$ ) Die Fibrillogenese . . . . .	331
d) Die Peri- und Interfibrillärsubstanzen . . . . .	333
$\alpha$ ) Die sauren Mucopolysaccharide . . . . .	333
$\beta$ ) Die Glykoproteine . . . . .	335
$\gamma$ ) Die Beziehungen zwischen den Intercellularsubstanzen . . . . .	336
$\delta$ ) 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
$\alpha$ ) Die Lamelle (Struktur 4. Ordnung) . . . . .	359
$\beta$ ) Die Lamellensysteme (Struktur 3. Ordnung) . . . . .	365
1. Das Osteon . . . . .	365
2. Die Tangentiallamellen (Schalt- und Generallamellen) . . . . .	368
$\gamma$ ) Die Struktur der Skeletelemente (Struktur 2. Ordnung) . . . . .	368
c) Die Baugeschichte des Knochens . . . . .	374

d) Die Riesenzellen (Chondro- und Osteoklasten) . . . . .	380
$\alpha$ ) Verbreitung der Riesenzellen . . . . .	381
$\beta$ ) Herkunft der Riesenzellen . . . . .	382
$\gamma$ ) 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
<b>F. Mechanik und Festigkeit des Knochengewebes. Von K.-H. KNESE . . . . .</b>	417
1. Festigkeit des Knochengewebes . . . . .	418
a) Formen der Festigkeit . . . . .	418
b) Durchführung der Festigkeitsuntersuchungen . . . . .	420
c) Experimentelle Untersuchungen des kompakten Knochens . . . . .	423
$\alpha$ ) Die Druckfestigkeit des kompakten Knochens . . . . .	423
$\alpha\alpha$ ) Versuche an frischen Knochen . . . . .	423
$\beta\beta$ ) Versuche an fixierten oder macerierten Knochen . . . . .	426
$\beta$ ) Die Zugfestigkeit des kompakten Knochens . . . . .	427
$\alpha$ ) Versuche an frischem Knochen . . . . .	427
$\beta\beta$ ) Versuche an fixiertem Knochen . . . . .	427
$\gamma$ ) Die Biegefestigkeit des kompakten Knochens . . . . .	428
$\alpha\alpha$ ) Vorbemerkungen über die Biegebelastung . . . . .	428
$\beta\beta$ ) Biegefestigkeit des kompakten Knochens . . . . .	431
$\delta$ ) Die Schlagfestigkeit des Knochens . . . . .	435
$\varepsilon$ ) Die Torsionsfestigkeit des kompakten Knochens . . . . .	436
$\zeta$ ) Die Scherfestigkeit des kompakten Knochens . . . . .	437
$\eta$ ) Die Wechselfestigkeit des kompakten Knochens . . . . .	438
$\vartheta$ ) Die Härte des kompakten Knochens . . . . .	439
$\iota$ ) Die Zerspannbarkeit des Knochens . . . . .	441
d) Die Festigkeit des kompakten Knochens . . . . .	442
$\alpha$ ) Die mechanischen Eigenschaften des kompakten Knochens . . . . .	442
$\beta$ ) Die Veränderungen der Festigkeit durch Vorbehandlung des Knochens . . . . .	444
$\gamma$ ) Die Materialstruktur des kompakten Knochens . . . . .	448
$\delta$ ) Topographische Differenzen der Knochenfestigkeit . . . . .	454
$\varepsilon$ ) Veränderung der Knochenfestigkeit durch Ernährung, Hormone, Innervation . . . . .	465
e) Die Festigkeit der Spongiosa . . . . .	467
$\alpha$ ) Experimentelle Untersuchungen der Spongiosa . . . . .	467
$\beta$ ) 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
$\alpha$ ) Das Becken . . . . .	513
$\beta$ ) Der Schädel . . . . .	514
3. Der Bruchmechanismus des Knochens . . . . .	518
Literatur . . . . .	526
<b>G. Vorgänge bei der Bruchheilung und Pseudarthrosenentstehung. Von R. MAATZ und K. HAASCH . . . . .</b>	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. Rontgenologisch 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

$\alpha)$ Das Alter des Patienten . . . . .	552
$\beta)$ Die Rolle des Periostes . . . . .	552
$\gamma)$ Der Sitz der Fraktur . . . . .	555
$\delta)$ Die Form der Fraktur . . . . .	555
$\varepsilon)$ Die Art der Kontinuitätstrennung . . . . .	556
$\zeta)$ Die Stellung der Bruchenden . . . . .	556
$\eta)$ Der mechanische Faktor . . . . .	557
$\vartheta)$ Die Mitverletzung von Weichgeweben . . . . .	557
$\iota)$ Das Callushütchen . . . . .	558
6. Die Beurteilung der knöchernen Verfestigung eines Bruches . . . . .	558
<b>II. Die gestörte Knochenbruchheilung . . . . .</b>	<b>561</b>
1. Störfaktoren in der Heilung . . . . .	561
a) Verlust des Bruchhamatoms . . . . .	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
<b>H. Radiologische Prognostik der Knochenbruchheilung. Von A. HULTH . . . . .</b>	<b>617</b>
1. Einleitung . . . . .	617
a) Knochenbruchheilung und Gefäßversorgung . . . . .	617
b) Avaskuläre Formen der Schenkelhalsfrakturen und ihre Manifestation . . . . .	617
c) Die Frühdiagnose der Avaskularität . . . . .	618
$\alpha)$ Die Bedeutung des Frakturtyps . . . . .	618
$\beta)$ Die Artheriographie . . . . .	619
$\gamma)$ Die Venographie . . . . .	619
$\delta)$ 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
$\alpha)$ Verschiedene Venographietypen . . . . .	623
$\beta)$ Diskussion der positiven Venographien . . . . .	626
$\gamma)$ Diskussion der negativen Venographien . . . . .	626
$\delta)$ Resultat der Venographie im Verhältnis zum Grade der primären Dislokation . . . . .	627
$\varepsilon)$ Nachuntersuchung . . . . .	628
$\zeta)$ Venographische Untersuchung der Pseudarthrosen . . . . .	629
d) Diskussion der Untersuchungsmethode . . . . .	629
Literatur . . . . .	630

<b>J. Vorgänge bei der Knochentransplantation.</b> 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 Knochengerüstes . . . . .	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 Spans . . . . .	663
a) Die bindegewebige Einscheidung . . . . .	663
b) Die Resorption des Spans . . . . .	665
c) Substitution und Umbau . . . . .	666
d) Spanfraktur . . . . .	672
Literatur . . . . .	674
<b>K. Struktur und Ultrastruktur des Korpels.</b> 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. Perifibrillärsubstanzen . . . . .	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
ε) 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 knorpiger Skeletstücke . . . . .	754
a) Der Hyalinknorpel . . . . .	754
α) Der Epiphysenknoepel . . . . .	755
β) Der Rippenknorpel . . . . .	755
γ) Der Gelenkknorpel 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

<b>L. Biological bases of the radioisotope investigation of the skeleton. By R. AMPRINO . . . . .</b>	<b>784</b>
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
$\alpha$ ) Cartilage differentiation and growth . . . . .	793
$\beta$ ) Cartilage replacement by trabecular bone . . . . .	794
$\gamma$ ) Periosteal bone formation and growth . . . . .	796
$\delta$ ) 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
<b>References . . . . .</b>	<b>836</b>
<b>Namenverzeichnis — Author-Index . . . . .</b>	<b>848</b>
<b>Sachverzeichnis . . . . .</b>	<b>886</b>
<b>Subject-Index . . . . .</b>	<b>912</b>