

297929

DE STRUCTUUR VAN DE  
SUBSTANTIA COMPACTA VAN DE  
METATARSUS IN VERBAND MET DE  
CALCIUM- EN FOSFORHUISHOUDING  
BIJ RUNDVEE

P. VAN DER WAL

NN08201.213



## STELLINGEN

### I.

De structuur van de substantia compacta van de rundermetatarsus staat onder invloed van de calcium- en fosforhuishouding.

dit proefschrift.

### II.

Door een voortdurende, steeds in intensiteit wisselende verbouwing van de substantia compacta van de rundermetatarsus wordt in Nederland gemiddeld ongeveer 25% van het primaire weefsel vervangen door secundair weefsel.

dit proefschrift.

### III.

Uit de structuur van beencoupes kunnen geen juiste conclusies worden afgeleid omtrent de calcium- en fosforhuishouding van dieren, wanneer niet rekening wordt gehouden met de plaats in het skelet waarvan deze coupes afkomstig zijn.

HENNAUX, L. en COMPÈRE, R. – Publ. d. I.N.E.A.C. – 45 (1955)

### IV.

De landbouwkundige problemen van droogtegevoelige gronden kunnen in zeer vele gevallen beter worden opgelost door wijzigingen in het bouwplan en door gebruik te maken van droogteresistente gewassen dan door ingrijpende waterhuishoudkundige maatregelen.

### V.

Er bestaat geen duidelijk verband tussen de uitkomsten van botanisch graslandonderzoek en die van een gedetailleerde bodemkartering, behalve ten aanzien van de waterhuishouding.

### VI.

Het organische stofgehalte is bij blijvend grasland op zandgrond in de laag van 0–20 cm in Nederland in het algemeen niet hoger dan dat bij overeenkomstig bouwland.

'T HART, M. L. Landbk. Tijdschr. 62 (1950) 532–542.

### VII.

De landbouwkundige voordelen van de watervoorziening uit de toekomstige Deltameren zijn op zeer aanvechtbare wijze berekend.

Commissie ter bestudering van de ruimtelijke ordening in de Landbouw-Belangen van landbouw en visserij bij afsluiting van de zeegaten in zuidwestelijk Nederland. 's-Grav. 1954.

### VIII.

Er bestaan geen overwegende bezwaren tegen het mengen van antibiotica in het voeder van jonge dieren, die voor de fokkerij bestemd zijn.

### IX.

De bestrijding van alcoholmisbruik dient in de eerste plaats op morele overwegingen te zijn gegrondvest.

DE STRUCTUUR VAN DE SUBSTANTIA COMPACTA VAN  
DE METATARSUS IN VERBAND MET DE CALCIUM- EN  
FOSFORHUISHOUDING BIJ RUNDVEE

*THE STRUCTURE OF THE SUBSTANTIA COMPACTA  
OF THE METATARSUS IN RELATION TO CALCIUM  
AND PHOSPHORMETABOLISM OF CATTLE*

Dit proefschrift met stellingen van

PIETER VAN DER WAL

landbouwkundig ingenieur, geboren te Oosterlittens, 21 augustus 1928, is goedgekeurd door de promotor, Dr. E. BROUWER, hoogleraar in de fysiologie der dieren.

*De Rector Magnificus der Landbouwhogeschool,*  
W. DE JONG

*Wageningen, 13 november 1956*



DE STRUCTUUR VAN DE  
SUBSTANTIA COMPACTA VAN DE  
METATARSUS IN VERBAND MET DE  
CALCIUM- EN FOSFORHUISHOUDING  
BIJ RUNDVEE

*THE STRUCTURE OF THE SUBSTANTIA COMPACTA  
OF THE METATARSUS IN RELATION TO THE CALCIUM  
AND PHOSPHOR METABOLISM OF CATTLE*

*WITH A SUMMARY IN ENGLISH*

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DE GRAAD  
VAN DOCTOR IN DE LANDBOUWKUNDE  
OP GEZAG VAN DE RECTOR MAGNIFICUS IR. W. DE JONG,  
HOOGLEERAAR IN DE VEETEELTWETENSCHAP,  
TE VERDEDIGEN TEGEN DE BEDENKINGEN  
VAN EEN COMMISSIE UIT DE SENAAT  
DER LANDBOUWHOGESCHOOL TE WAGENINGEN  
OP VRIJDAG 14 DECEMBER 1956 TE 16 UUR

DOOR

PIETER VAN DER WAL



H. VEENMAN & ZONEN - WAGENINGEN - 1956

Dit proefschrift verschijnt tevens in de Mededelingen van de Landbouwhogeschool  
te Wageningen (Nederland) 56(13) 1-96 (1956).



*Oan ús Heit en Mem*

## VOORWOORD

Dit proefschrift zou niet tot stand gekomen zijn zonder de toewijding van degenen, die mijn studie mogelijk hebben gemaakt en zonder de medewerking van hen, die tot mijn vorming hebben bijgedragen. Mijn dank gaat uit naar hen allen.

Een bijzonder woord van dank richt ik gaarne tot degenen die nauw betrokken zijn geweest bij het ontstaan van dit proefschrift. In de eerste plaats geldt mijn dank U Hooggeleerde BROUWER, hooggeachte promotor, voor hetgeen ik als onderzoeker van U mocht leren. Uw nauwgezetheid, Uw kritische instelling en Uw veelomvattende kennis zullen voor mij een voorbeeld blijven. Uw belangstelling voor mijn onderzoek heeft mij steeds weer getroffen. Voorts doet de zeer grote mate van vrijheid die U mij bij mijn studie liet mij met dankbaarheid en genoegen terugzien op de afgelopen jaren.

Zeergeleerde FRANKENA, het was mede op Uw aanraden, dat ik het in dit proefschrift beschreven onderzoek op mij nam. Ook overigens mocht ik vele malen van Uw goede raad gebruik maken. Uw enthousiasme voor weidebouwkundige en vele veevoedkundige vraagstukken, wist U dikwijls op mij over te dragen. Voor dit alles ben ik U veel dank verschuldigd.

Een bijzonder woord van waardering komt ook toe aan de Heren DE VOOGD en VAN EDEN, die de talrijke preparaten vervaardigden en hiervan foto's maakten, terwijl de laatste tevens de tekeningen voor dit proefschrift verzorgde. Beiden hebben mijn werk zeer vergemakkelijkt.

Dr. DOROTHY L. DUNCAN en de Heer N. G. UILENBURG dank ik tenslotte voor het corrigeren van het Engelse deel van de tekst.



## INHOUD<sup>1)</sup>

Inleiding . . . . .	3
HOOFDSTUK I. De structuurelementen van het bot . . . . .	4
1. De structuurelementen van de derde orde . . . . .	5
2. De structuurelementen van de tweede orde . . . . .	7
HOOFDSTUK II. De groeiprocessen en de verbouwing van de metatarsus . . . . .	12
1. De groeiprocessen . . . . .	12
a. De lengtegroei . . . . .	12
b. De diktegroei . . . . .	13
2. Resorptie en reconstructieprocessen . . . . .	13
a. De resorptieprocessen aan de oppervlakte van de beenmantel . . . . .	14
b. De verbouwing in de substantia compacta . . . . .	15
3. De factoren, die invloed hebben op de resorptie en de reconstructie van de substantia compacta . . . . .	17
a. De invloed van mechanische factoren . . . . .	17
b. De invloed van de voeding . . . . .	19
c. De invloed van de groeisnelheid en de leeftijd . . . . .	20
d. De invloed van de dracht . . . . .	20
e. De invloed van de lactatie . . . . .	21
f. De invloed van tuberculose . . . . .	21
HOOFDSTUK III. De bouw en de ontwikkeling van de substantia compacta van de rundermetatarsus . . . . .	21
1. De structuur van de substantia compacta voor en omstreeks de geboorte . . . . .	22
2. De structuur van de substantia compacta tijdens de groeiperiode . . . . .	23
3. De structuur van de substantia compacta bij het volwassen dier . . . . .	26
HOOFDSTUK IV. Een onderzoek aangaande de bouw en de ontwikkeling van de substantia compacta van de rundermetatarsus . . . . .	28
1. Materiaal en techniek . . . . .	28
a. Het verzamelen van het materiaal . . . . .	28
b. Het verzamelen van de gegevens . . . . .	28
c. Beschrijving van het materiaal . . . . .	29
d. Het bewaren en bewerken van het materiaal . . . . .	30
e. De waarnemingen . . . . .	33
2. De structuur van de substantia compacta van de metatarsus van het nuchtere kalf . . . . .	35
a. Het periostale beenweefsel . . . . .	35
b. De opgevulde spongiosa . . . . .	37
c. De verwijding van de mergholte en de remodellatie van de diafyse . . . . .	38
3. De structuur van de substantia compacta van de metatarsus tijdens de groeiperiode . . . . .	38
a. Het periostale beenweefsel . . . . .	40
b. De opgevulde spongiosa . . . . .	44
c. De endostale apposities langs de mergholte . . . . .	44
d. De verbouwingsverschijnselen . . . . .	45
e. De uitbreiding van de mergholte en de remodellatie van de diafyse . . . . .	48

<sup>1)</sup> Dit onderzoek werd verricht met steun van de Directie van de Landbouw in het kader van een der landbouwkundige projecten gefinancierd met M.S.A.-gelden.

4. De veranderingen in de substantia compacta bij volwassen dieren . . . . .	48
<i>a.</i> De generaallamellen aan de buitenkant. . . . .	50
<i>b.</i> Het laminaire periostale weefsel en de opgevulde spongiosa . . . . .	50
<i>c.</i> De endostale apposities langs de mergholte . . . . .	51
<i>d.</i> De verbouwingsverschijnselen in de substantia compacta . . . . .	51

**HOOFDSTUK V. Een onderzoek omtrent het verband tussen de calcium- en fosforhuishouding van het rund en de structuur van de substantia compacta van de metatarsus . . . . . 52**

1. Materiaal en techniek . . . . .	52
<i>a.</i> Het verzamelen en bewerken van het materiaal . . . . .	52
<i>b.</i> De gegevens omtrent de dieren . . . . .	52
<i>c.</i> De keuze van een representatief deel van de metatarsus . . . . .	54
<i>d.</i> De waarnemingen aan de metatarsus . . . . .	55
2. Het aantal resorptieholten in de metatarsus . . . . .	56
<i>a.</i> Resorptieholten en leeftijd . . . . .	56
<i>b.</i> Resorptieholten en het aantal malen dat een koe gekalfd heeft . . . . .	57
<i>c.</i> Resorptieholten en het stadium van dracht en lactatie . . . . .	58
<i>d.</i> Resorptieholten en melkproductie . . . . .	60
<i>e.</i> Resorptieholten en slachtmaand . . . . .	60
<i>f.</i> Resorptieholten en duur van de stalstand . . . . .	60
<i>g.</i> Resorptieholten en grondsoort . . . . .	60
<i>h.</i> Resorptieholten en tuberculose . . . . .	61
3. Het verbouwingspercentage in de metatarsus . . . . .	61
<i>a.</i> Verbouwingspercentage en leeftijd . . . . .	62
<i>b.</i> Verbouwingspercentage en het aantal malen dat een koe gekalfd heeft . . . . .	63
<i>c.</i> Verbouwingspercentage en het aantal kilogrammen melk, die een koe in haar leven heeft geproduceerd . . . . .	64
<i>d.</i> Verbouwingspercentage en grondsoort . . . . .	64
<i>e.</i> Verbouwingspercentage en tuberculose . . . . .	65
4. De dikte van de endostale apposities in de metatarsus . . . . .	65
<i>a.</i> Endostale apposities en leeftijd . . . . .	65
<i>b.</i> Endostale apposities en het aantal malen dat een koe gekalfd heeft . . . . .	66
<i>c.</i> Endostale apposities en het stadium van dracht en lactatie . . . . .	66
<i>d.</i> Endostale apposities en melkproductie . . . . .	66
<i>e.</i> Endostale apposities en slachtmaand . . . . .	66
<i>f.</i> Endostale apposities en duur van de stalstand . . . . .	66
<i>g.</i> Endostale apposities en grondsoort . . . . .	66
<i>h.</i> Endostale apposities en tuberculose . . . . .	66
5. Het onderlinge verband tussen het aantal resorptieholten, het verbouwingspercentage en de dikte van de endostale apposities . . . . .	67
<i>a.</i> Resorptieholten en endostale apposities . . . . .	68
<i>b.</i> Resorptieholten en verbouwingspercentage . . . . .	68

**HOOFDSTUK VI. Bespreking van de uitkomsten van het onderzoek . . . . . 68**

1. De bouw en de ontwikkeling van de substantia compacta van de metatarsus . . . . .	68
<i>a.</i> De algemene vorm en de groeiprocessen van de matatarsus . . . . .	68
<i>b.</i> Het primaire weefsel van de substantia compacta . . . . .	69



<i>c.</i> De concentrische endostale apposities langs de mergholte . . . . .	71
<i>d.</i> De buitenste generaallamellen en de jaarringen . . . . .	71
<i>e.</i> De verbouwingsverschijnselen in de substantia compacta . . . . .	71
2. Het verband tussen de calcium- en fosforhuishouding van het rund en de structuur van de substantia compacta van de metatarsus. . . . .	72
<i>a.</i> De invloed van de leeftijd . . . . .	72
<i>b.</i> De invloed van de dracht en de lactatie . . . . .	74
<i>c.</i> De invloed van het aantal kalveren en de grootte van de melkgift . . . . .	74
<i>d.</i> De invloed van het seizoen en de duur van de stalstand . . . . .	75
<i>e.</i> De invloed van de grondsoort . . . . .	75
<i>f.</i> De invloed van tuberculose . . . . .	75
Samenvatting . . . . .	76
Summary . . . . .	79
Literatuur . . . . .	82
Tabellen I, II en III. . . . .	84

## INLEIDING

Sinds de publikaties van FORBES e.a. (1917, 1918, 1922 en 1935), van ELLENBERGER e.a. (1931 en 1932) en van tal van anderen, omtrent de calcium- en fosforbalans van het melkvee staat het vast, dat de hoeveelheden calcium en fosfor, die door runderen met de melk, de urine en de faeces worden uitgescheiden, aanmerkelijk groter kunnen zijn dan de hoeveelheden, die met het voedsel en het drinkwater worden opgenomen, zodat de calcium- en fosforbalansen negatief kunnen zijn. Of dit inderdaad geschiedt en zo ja in welke mate, hangt van verschillende factoren af, waarbij de hoeveelheid mineralen in het rantsoen en de grootte van de melkproduktie een belangrijke rol spelen. Wanneer de verliezen aan calcium en fosfor al te groot worden, kunnen hieruit verschillende, meer of minder ernstige bezwaren voortvloeien, waarbij wij vooral denken aan beengebreeken, verminderde produktie en een suboptimale gezondheidstoestand van de dieren. Aangezien dergelijke verschijnselen in Nederland bij het rundvee allerm minst zeldzaam zijn, is het van belang de calcium- en fosforhuishouding van dit vee nader te bestuderen om aldus te onderzoeken of mineralenverlies voor de genoemde bezwaren verantwoordelijk is.

Zoals gezegd verrichtten FORBES e.a. en ELLENBERGER e.a. hun onderzoek met behulp van balansproeven. Deze proeven zijn echter zeer bewerkelijk. Een andere mogelijkheid is gelegen in het microscopische onderzoek naar het slinken en het aangroeien van de reservevoorraden. Aangezien 99 % van de calcium en ongeveer 80 % van de fosfor, die in het lichaam voorkomen, zich in het skelet bevindt, ligt het voor de hand in de eerste plaats de resorptie- en appositieprocessen te bestuderen, die gedurende het gehele leven van een dier afwisselend in het skelet plaats vinden.

Been van volwassen dieren bestaat gemiddeld uit: water 50 %, as 26 %, eiwit 20 % en vet 4 %. Behalve magnesium bevat de as 36 % calcium en 17 % fosfor. Daarnaast komen nog kleine hoeveelheden van andere mineralen in de beenas voor. Resorptie van beenweefsel gaat dus gepaard met calcium- en fosforverliezen uit de beenderen en appositie met calcium- en fosforafzetting.

Het beenweefsel komt voor in de vorm van balkjes en schotjes, de substantia spongiosa en op andere plaatsen als een compacte massa, de substantia compacta. BROUWER wees in 1952 op de mogelijkheden, die speciaal de bestudering van de structuur van de substantia compacta biedt, voor de oplossing van de hierboven genoemde problemen. Het onderzoek omtrent het verband tussen de structuur van de substantia compacta van de rundermetatarsus en de calcium- en fosforhuishouding van deze dieren, welk onderzoek in het volgende wordt beschreven, is uit de genoemde publikatie voortgevloeid.

Voor dit onderzoek werden in de eerste plaats de bouw en de ontwikkeling van de structuur der substantia compacta van een runderpijbeen (de metatarsus) bestudeerd, omdat hierover in de literatuur te weinig gegevens ter beschikking stonden.

Vervolgens werd een groot aantal metatarsen verzameld van koeien, die geslacht waren op verschillende leeftijden en in zeer verschillende stadia der lactatie; ook op de metatarsen van een aantal stieren konden wij beslag leggen. Aan de hand van dit beendermateriaal is nagegaan hoe de microscopische structuur samenhangt met factoren, die verband houden met de calcium- en fosforhuishouding, zoals geslacht, leeftijd, jaargetijde, het stadium van de lactatieperiode e.d.

Dit onderzoek is tot stand gekomen met de medewerking van velen, aan wie ik hierbij mijn grote erkentelijkheid betuig.

Prof. Dr. E. BROUWER stelde dit onderzoek voor en wist door zijn nimmer verflauwende belangstelling het verloop er van te stimuleren.

Drs. G. WIERTZ verschaftte waardevolle adviezen omtrent het histologische deel van het onderzoek.

Prof. Dr. E. REINDERS en zijn medewerkers waren behulpzaam bij het oplossen van de moeilijkheden bij het fotograferen van de preparaten.

De Gezondheidsdienst voor Vee in Friesland, de fa. SINNEMA te Warga, het Gemeentelijk Slachthuis te Sneek en de fa. TRIJSSENAAR te 's-Gravenhage verleenden medewerking voor het verzamelen van het beendermateriaal.

Het Friesch Rundvee Stamboek, de Provinciale Melkcontrole Dienst voor Friesland, verschillende melkcontrole verenigingen en vele Friese boeren verschaften ons de benodigde gegevens.

## HOOFDSTUK I

### DE STRUCTUURELEMENTEN VAN HET BOT

Voor een grondige bespreking van de microscopisch-anatomische bouw van het bot is het nodig de elementen, waaruit het is samengesteld, goed te kennen. Wij zullen hiertoe allereerst uiteenzetten wat er in de loop der tijden omtrent deze elementen bekend is geworden.

Bij de hieronder volgende beschrijving maken wij gebruik van een indeling van PETERSEN (1931), die structuren onderscheidt van verschillende orde. Een rundermetatarsus bestaat, evenals de meeste andere pijpbeenderen, uit een schacht van compact materiaal, de substantia compacta, die aan de beide uit-

einden een bouwwerk van balkjes en schotjes, de substantia spongiosa, omgeeft. De rangschikking van deze elementen ten opzichte van elkaar vormt *de structuur van de eerste orde*. De substantia compacta en spongiosa op hun beurt zijn opgebouwd uit beenlagen, de zogenaamde laminae, osteonen en andere elementen welke rangschikking *de structuur van de tweede orde* wordt genoemd. Ook de laatstgenoemde elementen zijn niet homogeen; zij laten bij sterke vergroting een fijne structuur zien, *de structuur van de derde orde*.

Hoewel ons onderzoek in de eerste plaats betrekking heeft op de structuur van de tweede orde, willen wij voor een goed begrip een korte bespreking van de structurelementen van de derde orde aan die van de tweede orde vooraf laten gaan.

### 1. DE STRUCTUURELEMENTEN VAN DE DERDE ORDE

Beenweefsel bestaat uit een intercellulaire substantie, waarin de beencellen met hun uitlopers liggen ingebed.

De *beencellen of osteocyten* liggen verspreid in uitgespaarde ruimten in de grondsubstantie, de *beenholtten of beenlichaampjes*. Van de cel uit gaan naar alle richtingen meer of minder talrijke, meestal vertakte, fijne uitlopers, die soms samensmelten met die van naburige cellen. Zij zijn gelegen in nauwe kanaaltjes, de *canaliculi*. Grootte, vorm en aantal van de cellen en van de uitlopers variëren al naar de aard van het beenweefsel waarin zij voorkomen; zij zullen elders in dit proefschrift nader besproken worden. De beenlichaampjes en de canaliculi zijn vooral in gedroogd been goed waar te nemen, doordat ze dan met lucht gevuld zijn. Door totale reflectie van het licht schijnen ze dan zwart in het beeldveld onder de microscoop (WEIDENREICH 1931; WEINMANN en SICHER 1947).

De *intercellulaire substantie* of grondsubstantie is voor het eerst duidelijk beschreven door VON EBNER (1875). Zijn uitspraak: „Die Knochengrundsubstanz ist aus leimgebenden nicht verkalkten Fibrillen zusammengesetzt, welche durch eine Kittsubstanz, die die Knochenerde enthält, zusammengehalten werden”, heeft nog niets aan geldigheid ingeboet, ondanks de vele kritiek, die op deze opvatting is geleverd.

Naar de rangschikking van de fibrillen of vezels werd het beenweefsel door WEIDENREICH (1931) ingedeeld in „grobgebündelte Grundsubstanz” en „fein gebündelte Grundsubstanz”.

Het *grob gebundelde beenweefsel*, dat ook wel „Faserknochen” wordt genoemd, kan voorkomen met evenwijdig verlopende en met min of meer gevlochten vezelbundels. VON EBNER (1875) noemde het laatste „Geflechtartig” en gaf er de volgende beschrijving van: „Faserbündel von wechselnder Dicke durchkreuzen sich in verschiedener Richtungen; die Knochenhöhlen sind zahlreich, sehr unregelmäßig...”. KÖLLIKER (1886) sloot zich bij deze beschrijving aan. Vooral de onregelmatige rangschikking van vezelbundels en cellen is voor dit weefseltype karakteristiek. Waar het grof gebundelde beenweefsel ingesloten wordt door het hierna te bespreken lamellaire weefsel, dringen bundels van het grove weefsel dikwijls in het laatste door. Deze opvallende *vezels van SHARPEY* (MÜLLER 1860; THEILER 1932) geven aan de grof gebundelde beenvezellaagjes, waarvan ze uitgaan, een typisch uiterlijk. GEGENBAUR (1867) gaf er de naam „Wurzelstock” aan.

Het *fijn gebundelde beenweefsel* onderscheidt zich van het vorige door een regelmatiger rangschikking van de fibrillen en de beencellen. Ook bij dit type

kunnen de vezelbundels zowel evenwijdig verlopen, als dooreengevlochten zijn. Het weefseltype met evenwijdige bundels – „parallelfaserig” – bestaat volgens VON EBNER uit vezelbundels van ongeveer 3 micron dikte, die bijna evenwijdig verlopen en onderling zijn verbonden door uitwisseling van fibrillen. De beencellen zijn langwerpige en liggen met hun lange as in de richting van de vezels. De beschrijving van WEIDENREICH (1931) komt hiermee overeen.

Behalve aan het weefseltype met evenwijdige vezelbundels geeft het fijn gebundelde beenweefsel ook het aanschijn aan de *lamellen*, die wederom voor het eerst duidelijk beschreven werden door VON EBNER: „...die Knochenfibrillen zunächst Bündel von cirka 3 Mikron Durchmesser bilden, welche in einfacher Lage oder nur wenige übereinander durch zahlreiche spitzwinkelige Anastomosen eine dichte gewebte Platte mit kleinen rhombischen Maschen, primäre Lamellen darstellen.” De beencellen zijn ook hier in de richting van de bundels gerekt. Wij zien nu doorgaans, dat in lamellair weefsel de lamellen zich duidelijk van elkaar onderscheiden. Men heeft dit lange tijd verklaard door aan te nemen, dat de bundels van twee aan elkaar grenzende lamellen elkaar onder een bepaalde hoek kruisen. Veelal heeft namelijk één daarvan een gepuncteerd uiterlijk; men meende in deze punten dwarse doorsneden van de vezelbundels te zien. De aangrenzende lamel heeft veelal een gestreept uiterlijk; de vezels zouden hier overlans in het vlak van de coupe liggen. In gepolariseerd licht zijn de eerstbedoelde lamellen donker, de laatstbedoelde zijn helder. De gestreepte lamellen zijn minder basofiel dan de gepuncteerde. MATSCHINSKY (1892) betwijfelde reeds of de verschillen in eigenschappen van de twee typen lamellen ten opzichte van kleurstoffen, alleen uit een verschil in vezelrichting te verklaren zouden zijn. Hij sprak er zelfs aarzelend zijn twijfel over uit, of alle lamellen wel fibrillen bevatten. Dat deze twijfel gerechtvaardigd was, bleek door een onderzoek van RUTH (1946 en 1947). Door een behandeling van lamellair beenweefsel met KOH verdwenen de puntjes in de gepuncteerde lamellen en de fibrillen werden beter zichtbaar. Er bleken twee typen lamellen voor te komen. Het ene stemt ongeveer overeen met het door VON EBNER beschreven type, in het andere overheerst een granulaire substantie, die later cement is genoemd. Ongeveer loodrecht op het vlak van de lamellen staande, weinig talrijke fibrillen, verbinden deze lamellen aan elkaar.

Bovenstaande onderzoekingen van RUTH werden grotendeels bevestigd door onderzoekingen met de electronenmicroscop. In de *fibrillaire lamellen* hebben de ongeveer evenwijdig lopende fibrillen een tamelijk uniforme diameter van ongeveer 0,1 millimicron (HUBER en ROUILLER 1951; ROBINSON en WATSON 1952; RUTISHAUSER e.a. 1950; RUTISHAUSER en MAJNO 1951). Zij hebben een geringd oppervlak; de ringen liggen ongeveer 600 Ångström van elkaar verwijderd (HUBER en ROUILLER 1951; ROUILLER e.a. 1951; RUTISHAUSER e.a. 1950; RUTISHAUSER en MAJNO 1951). Voorts bleek, dat de fibrillen in bundels liggen, die tot een gaasvormig patroon zijn samengevoegd (HUBER en ROUILLER 1951; ROUILLER e.a. 1951).

De *cement bevattende lamellen* hadden in de onderzochte preparaten een onregelmatig oppervlak door hoopjes kitsubstantie (ROUILLER e.a.; RUTISHAUSER e.a.). Het beeld was gelijk op dwarse, overlansse en scheve doorsneden, die in groot aantal werden gemaakt.

De afstand tussen de ringen op de fibrillen bleek ongeveer overeen te komen met de gemiddelde lengte van de hydroxylapatiet-kristallen, die de anorganische bestanddelen van het beenweefsel vormen. De ringen liggen bij de grenzen tussen de kristallen, die regelmatig rond de fibrillen zijn gerangschikt, met hun lengteas



evenwijdig aan die van de fibrillen (BECHER e.a. 1954; ROBINSON 1952; STÜHLER 1938).

## 2. DE STRUCTUURELEMENTEN VAN DE TWEDE ORDE

De structuurelementen van de tweede orde kunnen wij onderscheiden in primaire elementen, die worden gevormd bij het ontstaan van het been, dat men het primaire been zou kunnen noemen en secundaire elementen, die ontstaan op plaatsen waar het primaire been geresorbeerd is.

*De primaire structuurelementen van periostale herkomst* ontstaan door appositie van beenweefsel langs het buitenoppervlak van het beenstuk. Deze elementen hebben bij het rund een ander aanzien dan bij de mens. In leerboeken worden ze zelden beschreven (BROUWER 1952). De hoofdmassa van het primaire periostale weefsel wordt bij het rund gevormd door beenlagen, die dikwijls ongeveer concentrisch om de mergholte van het bot zijn gerangschikt. Deze structuur wordt „in toto concentrisch” genoemd (MEYBURG 1904; GEBHARDT 1906). De genoemde beenlagen bestaan uit een middenlaagje van grof gebundeld beenweefsel, waarop ter weerszijden enige lamellen van fijn gebundeld beenweefsel zijn afgezet. Tussen de beenlagen bevinden zich vaatlagen (zie Plaat I, fig. 1 en Plaat II, fig. 3).

Velen beschouwen de beschreven beenlagen als de belangrijkste structuurelementen van de tweede orde in het primaire been; zowel de naam lamel (MÜLLER 1860) als de naam lamina (FOOTE 1916) wordt er voor gebezigd. In dit proefschrift zullen wij het woord *lamina* gebruiken om het woord lamel te reserveren voor de dunne laagjes fijn gebundeld beenweefsel, zoals die door VON EBNER zijn beschreven (zie onder 1. van dit hoofdstuk).

Andere auteurs echter menen in het primaire been een ander structuurelement van de tweede orde te moeten aannemen. Deze beschouwen een vaatlaag als het centrum van het structuurelement, waartoe bovendien de fijn gebundelde beenweefsellaagjes, de lamellen, ter weerszijden van de vaatlaag worden gerekend. In dat geval wordt gesproken van primaire osteonen (AMPRINO en GODINA 1944) of van gemengde systemen (THEILER 1932).

De laminae ontstaan doordat op geringe afstand van het reeds bestaande beenweefsel een laagje grofgebundeld beenweefsel wordt gevormd, waarop achtereenvolgens enige lamellen worden afgezet. Dikwijls lopen de grofgebundelde laagjes vrijwel evenwijdig aan het beenoppervlak; andere malen liggen zij in plooien. De ruimten, die aldus worden ingesloten, worden *primaire Haversse ruimten* genoemd. Zij kunnen sterk verschillen in vorm en afmeting. Door de afzetting van de zoëven genoemde lamellen worden zij steeds nauwer. Dit proces gaat voort, totdat zij gereduceerd zijn tot dunne vaatlagen of tot kanalen met enkelvoudige bloedvaten.

Uit de afbeeldingen van THEILER blijkt vrij duidelijk, dat ook aan de buitenkant van het buitenste grof gebundelde beenweefsellaagje nog beenweefsel wordt afgezet. Het is dus niet juist, dat er op de grofvezelige laagjes alleen van de primaire Haversse ruimten uit lamellen worden afgezet, zoals men zou moeten verlangen, wanneer men het primaire been opgebouwd denkt uit de primaire osteonen van AMPRINO en GODINA. Om deze reden lijkt het meer voor de hand liggend, de laminae als de belangrijkste structuurelementen van de tweede orde te beschouwen, waarvan de laagjes grof gebundeld beenweefsel de centra vormen en de vaatlagen de scheidingen tussen de systemen.

In het geval dat slechts één of slechts enkele bloedvaten zijn ingesloten, lopen

de lamellen echter wel concentrisch hier om heen. Deze systemen worden vrij algemeen als primaire osteonen aangeduid, wegens hun gelijkenis met de nog te bespreken secundaire osteonen. Zoals reeds opgemerkt is, wordt deze naam door sommige auteurs uitgebreid tot die systemen, waarbij een vaatlaag wordt ingesloten. Bij de genoemde primaire osteonen kan men inderdaad niet spreken van laminae, die gescheiden zijn door vaatlagen.

Uit het bovenstaande blijkt dus, dat beide groepen benamingen de primaire periostale structurelementen niet geheel juist karakteriseren. Een deel van het lamellaire weefsel is op de grof gebundelde beenlaagjes afgezet, een ander deel is concentrisch rond een vat of vaatlaag gelegen.

De laminae werden het eerst duidelijk beschreven door MÜLLER (1860), die zijn beschrijving van een tekening vergezeld deed gaan. Hierop ziet men, in het midden van elke lamina, een niet lamellair deel, aan weerskanten begrensd door een aantal lamellen. Van de grof gebundelde middenlaag uit, dringen vezels ongeveer loodrecht in de lamellaire substantie; dit zijn de vezels van SHARPEY. De middenlaag werd door GEGENBAUR (1867) „Wurzelstock” genoemd, door anderen „blasse Mittellinie van KÖLLIKER”. VIGNOLO LUTATI (1940) geeft zeer fraaie afbeeldingen van laminae in gewoon en in gepolariseerd licht (Plaat I, fig. 1). In gepolariseerd licht blijken op de dwarse doorsneden enige grof gebundelde bestanddelen op te lichten, evenals enkele lamellen langs de vaatlagen. Het overige beenweefsel blijft donker. Op overlangse doorsneden licht het overgrote deel der laminae op. Iets donkerder lijnen geven de grof gebundelde lagen aan. Hieruit wordt geconcludeerd, dat het vezelverloop voornamelijk evenwijdig is aan de lengteas van het systeem en in het geval van „in toto concentrische laminae” dus evenwijdig aan de beenas. De grof gebundelde middenlaag en de lamellen langs de buitenkant der laminae hebben een tangentieel verloop; de vezels van SHARPEY zijn radiaal gericht.

Behalve de primaire elementen van periostale herkomst komen in de substantia compacta der pijpbeenderen nog andere *primaire elementen* voor, die *menendostaal zou kunnen noemen*. Daar, waar de substantia spongiosa grenst aan de substantia compacta, worden plaatselijk de ruimten tussen de spongiosabalkjes opgevuld met concentrische systemen, die evenals sommige elementen van periostale oorsprong, primaire osteonen worden genoemd (MAXIMOW en BLOOM 1939; BROUWER 1952). Deze opgevulde spongiosa kan van het periostale beenweefsel worden onderscheiden, doordat de grof gebundelde laagjes ontbreken. Daarentegen komen soms verkalkte kraakbeenresten in de vroegere spongiosabalkjes voor (THEILER 1932). De vroegere beenbalkjes, die tussen de primaire osteonen liggen, bestaan uit lamellair weefsel met afwisselende fibrillenrichting (PETERSEN 1931).

Belangrijke structurelementen van de tweede orde zijn ook de *generaallamellen* langs het buiten- en het binnenoppervlak der substantia compacta (KÖLLIKER 1873; PETERSEN 1931). Ze verlopen over lange afstanden evenwijdig aan het beenoppervlak. Fraaie afbeeldingen van de generaallamellen bij de rundermetacarpus vonden wij in een publikatie van VIGNOLO LUTATI (Plaat I, fig. 2). De generaallamellen langs de mergholte, die in Plaat I, fig. 2 zijn afgebeeld, zijn doorgaans in dikke pakketten aanwezig, zoals ook hier het geval is. Zij omgeven dikwijls de gehele mergholte.

Langs de buitenomtrek van de metacarpus trof VIGNOLO LUTATI bij koeien van vier jaar en ouder soortgelijke generaallamellen aan, als hierboven werden beschreven. Zij hadden evenals de generaallamellen langs de mergholte een



FIG. 1. Dwarse doorsnede van de substantia compacta van de metacarpus van een 5 maanden oud kalf. Vergr. 45 ×. (VIGNOLO LUTATI).

„In toto concentrische” structuur, opgebouwd uit laminae. Aan de onderkant zijn ze lang en regelmatig van bouw, aan de bovenkant van de figuur komen minder regelmatige delen voor. De grof gebundelde vezellagen in het midden van de laminae zijn duidelijk te zien. Tussen de laminae ziet men donkere punten en strepen. Dit zijn de holten, waarin de bloedvaten liggen.

FIG. 1. Cross section of the substantia compacta of the metacarpus of a five month old calf. Magnif. 45 × (VIGNOLO LUTATI).

„In toto concentric” structure, built up in laminae. In the lower part they are long and regularly built; in the upper part of the figure less regular areas occur. The coarsely bundled fibre layers in the middle of the laminae are clearly visible. Between the laminae dark points and stripes are visible. These are cavities with vessels.

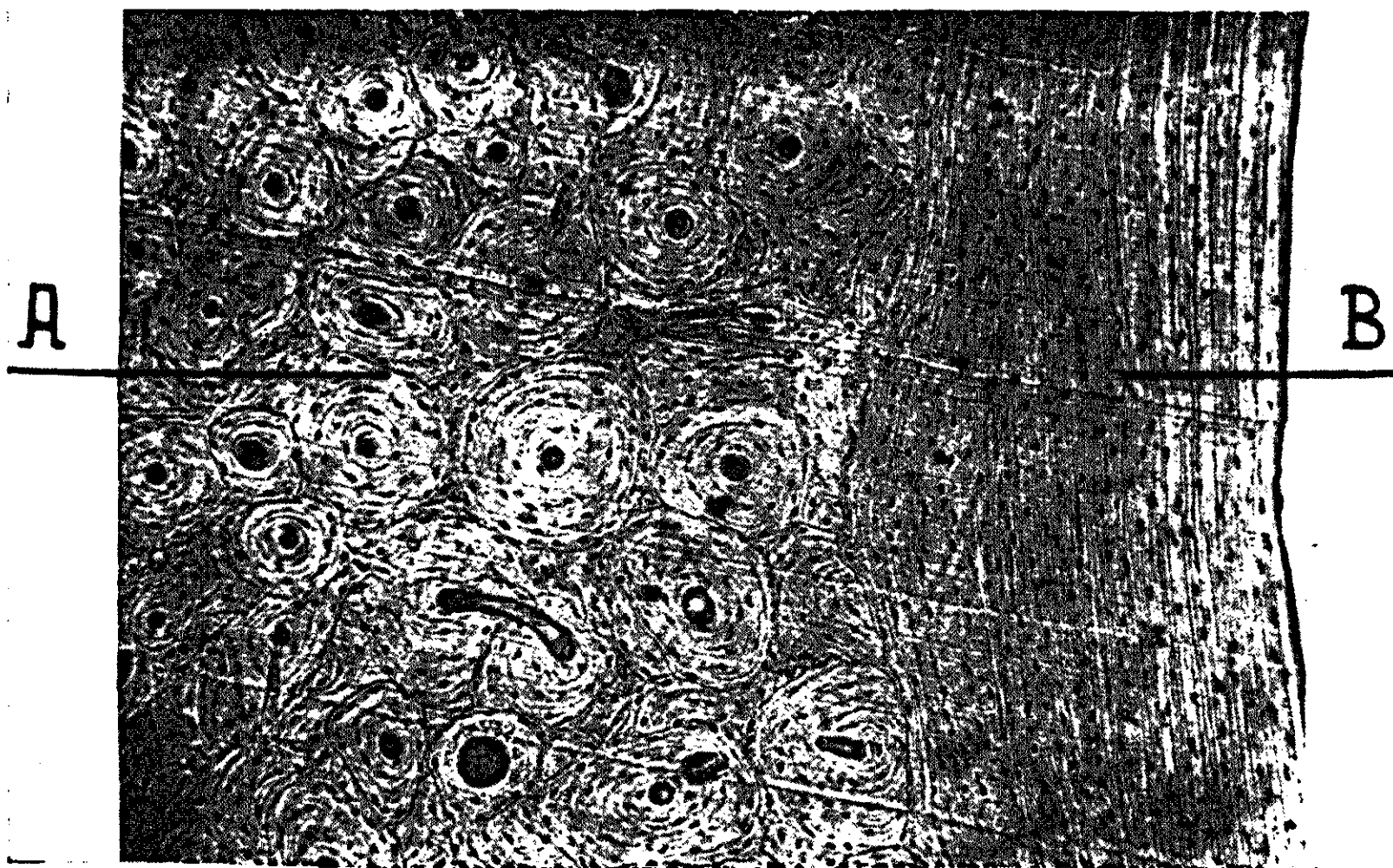


FIG. 2. Dwarse doorsnede van de substantia compacta van de metacarpus van een vier jaar oud rund. Vergr. 45 × (VIGNOLO LUTATI).

A: Secundaire osteonen waarvan de omringende resorptiekitlijnen hier en daar goed zichtbaar zijn. Enige verbindingskanalen tussen de osteonen zijn in de lengte getroffen.

B: Generaallamellen langs de mergholte. Een resorptiekitlijn scheidt deze lamellen van het gebied met osteonen.

FIG. 2. Cross section of the substantia compacta of the metacarpus of a four year old cow. Magnif. 45 ×.

A: Secondary osteons of which the surrounding resorption connecting lines are clearly visible here and there. Some junction canals between the osteons are cut lengthwise.

B: General lamellae along the marrow cavity. A resorption connecting line separates these lamellae from the region with osteons.



wisselende fibrillenrichting. De dikte van de generaallamellen langs het buitenoppervlak van de metacarpus was doorgaans geringer dan van die langs de mergholte.

In de afbeeldingen van VIGNOLO LUTATI bevinden zich in het periostale compacte beenweefsel op enige afstand binnen de buitenomtrek hier en daar elementen, die sterk doen denken aan buitenste generaallamellen, die later zijn bedekt door laminae. PETERSEN (1931) besprak soortgelijke elementen en bezigde hiervoor de naam *jaarringen*. Ook elders in de literatuur worden dergelijke structuurbeelden beschreven (MATSCHINSKY 1892; MEYBURG 1904; SISSONS 1949; THEILER 1932).

PETERSEN noemde nog het veelvuldig voorkomen van *onderbrekingskitlijnen* in de binnenste generaallamellen. Ook in de buitenste generaallamellen worden ze gevonden. Deze lijnen, of beter vlakken, lopen steeds evenwijdig aan het lamellensysteem, waaraan ze grenzen en hebben een veel rechter verloop dan de nog te bespreken resorptiekitlijnen, die enigszins kronkelen. Volgens RUTISHAUSER en MAJNO (1951) zijn de onderbrekingskitlijnen dikker naarmate de onderbreking van de appositie van beenmateriaal, waardoor zij zouden ontstaan, langer heeft geduurd.

*Secundaire structurelementen* ontstaan door afzetting van nieuw beenweefsel na resorptie van primair weefsel (laminae, primaire osteonen, generaallamellen). Secundair beenweefsel kan op zijn beurt weer worden vervangen door nieuw secundair weefsel en dit proces kan zich enige malen herhalen. Op de grens van het oude en het nieuwe weefsel treffen wij *resorptiekitlijnen* aan, die een grote overeenkomst vertonen met de onderbrekingskitlijnen. Deze resorptiekitlijnen of -vlakken zijn meestal gemakkelijk te herkennen door een iets lichter uiterlijk dan het omgevende weefsel en zij staan dikwijls zodanig, dat de oude lamellen worden afgesneden (Plaat I, fig. 2). PETERSEN meende, dat de substantie der kitlijnen vrij is van fibrillen. RUTISHAUSER en MAJNO vermoedden, dat kitvlakken zo duidelijk zichtbaar worden, doordat het beenoppervlak een chemische verandering heeft ondergaan, hetgeen bijvoorbeeld daaruit blijkt, dat zij sterker basofiel zijn dan de rest van het been. Zij beschreven de resorptiekitlijnen als dunne, kronkelende lijntjes, die weinig in dikte verschillen. Zij zijn, evenals de onderbrekingskitlijnen, argyrofoob en basofiel, hetgeen in het algemeen wijst op het ontbreken van fibrillen. Bij een onderzoek met de electronenmicroscopie bleken echter toch fibrillen in de kitlijnen aanwezig te zijn.

De resorptiekitlijnen vormen een zeer belangrijk criterium bij het onderscheiden van een bekend secundair structurelement van de tweede orde: het *secundaire Haversse systeem* of *secundaire osteon* (Plaat I, fig. 2). Doordat dit structurelement bij volwassen mensen het hoofdbestanddeel vormt van de substantia compacta, is het veel beter bestudeerd dan de eerder besproken laminae. Een goede definitie van een secundair osteon vonden wij in een publikatie van GROSS (1934): „Als sekundäres Osteon wird hier das bezeichnet was im allgemeinen schlechthin Osteon oder Haverssches System genannt wird. Es ist die dickwandige Knochenröhre, die in einem Resorptionskanal entstanden ist und ein Blutgefäß einschlieszt... Der Hof der sekundäre Osteone wird von einer Kittlinie umgeben, die ihrerseits durch eine ausgebuchtete Resorptionslinie begrenzt wird". In tegenstelling met de primaire osteonen ontstaan dus de secundaire osteonen in een holte, die is gevormd door resorptie van beenweefsel. De aanwezigheid van een kitlijn is hierdoor kenmerkend, terwijl bovendien in de regel de lamellensystemen, die het osteon omringen, abrupt eindigen tegen de resorptiekitlijn; zij



zijn als het ware afgesneden (PETERSEN 1931). De lamellen van het Haversse systeem noemt men wel Haversse lamellen. Ze omsluiten het min of meer centraal gelegen Haversse kanaal; dit is het vaatkanaal.

CLOPTON HAVERS was in 1691 de eerste, die deze elementen beschreef (TOMES 1839). TOMES en DE MORGAN (1853) stelden vast, dat zij alleen in resorptieholten worden afgezet. Afbeeldingen van de bedoelde structurelementen komen voor in publikaties van vele oude onderzoekers (GEBHARDT 1906; KÖLLIKER 1873). Voorts verwijzen wij naar Plaat I, fig. 2.

GEBHARDT (1902 en 1910) stelde zich de systemen voor als fraaie cylinders met concentrische lamellen, waarvan de fibrillen schroefsgewijs verlopen, echter in de opeenvolgende lamellen beurtelings met verschillend gerichte winding. Hierdoor zou een zeer hecht geheel ontstaan, dat sterke weerstand zou bieden aan trek en druk. Wij zagen in het voorafgaande reeds, dat deze zienswijze niet geheel juist is, doch dat de fibrillaire lamellen worden afgewisseld met cement bevattende lamellen.

In gepolariseerd licht kan men een indruk krijgen van het verloop van de fibrillen in het osteon. FILOGAMO (1946a) heeft hieromtrent een onderzoek verricht bij secundaire osteonen van mensen. In sommige gevallen overheersen in dergelijke osteonen de oplichtende lamellen sterk, in andere gevallen de donkere. Dwarse coupes op verschillende hoogten van hetzelfde osteon geven doorgaans wel ongeveer hetzelfde beeld te zien. PETERSEN (1931) en DALLEMAGNE en MELON (1944) vonden evenmin als FILOGAMO een regelmatige afwisseling van lichte en donkere lamellen in de secundaire osteonen.

Het aantal lamellen per osteon kan vrij sterk wisselen. WEINMANN en SICHER (1947) gaven aantallen op die variëren van 5 tot 20. BOGDASCHEW (1930) noemde voor het rund een variatie van 4 tot 22 bij verschillende pijpbeenderen.

Bij het rund is de vorm van het osteon op dwarse doorsnede tamelijk regelmatig. Excentrische vaatkanalen komen evenwel voor. Onregelmatige buitenomtrekken zijn geen uitzondering.

De diameter van de osteonen kan sterk variëren in verschillende botten van hetzelfde dier (BOGDASCHEW 1930). Doorgaans hebben osteonen, die op hogere leeftijd gevormd zijn, een kleinere doorsnede dan die, welke op jongere leeftijd zijn ontstaan.

Hoe een osteon in de lengterichting verloopt, blijkt uit onderzoekingen van FILOGAMO (1946b) en KOLTZE (1951). Door middel van seriecoupes vormden zij zich een beeld van de opbouw van de osteonen in de lengte. KOLTZE vond bij de mens een grootste lengte van 4,6 mm, FILOGAMO trof bij de mens op 14-jarige leeftijd een gemiddelde lengte van 5,4 mm aan en op 68-jarige leeftijd een lengte van 3,2 mm. Bij een koe van 6 jaar hadden de meeste osteonen volgens deze onderzoeker een lengte tussen 4 en 5 mm. De uitersten lagen bij 1 en 12 mm.

Over hun gehele lengte zijn de osteonen echter geenszins regelmatige pijpjes. PETERSEN noemde dit reeds fantasieprodukten en FILOGAMO sprak zich in dezelfde geest uit. In de regel zijn de vertakkingen zeer talrijk en dikwijls zijn er slechts onregelmatige fragmenten van pijpjes te vinden. Volgens KOLTZE begint en eindigt een osteon in de regel als een vertakking van een ander osteon. Soms ligt het uiteinde in de substantia spongiosa. Het blind eindigen van een osteon werd door hem slechts éénmaal gezien. Sommige auteurs troffen nimmer blinde uiteinden aan; andere daarentegen zeer dikwijls. Op deze kwestie wordt nog nader teruggekomen.

De beenlichaampjes liggen met hun lange as evenwijdig aan de as van het sys-

teem. Zij zijn enigszins afgeplat met de vlakke kant evenwijdig aan de lamellen. De canaliculi staan met die van naburige cellen in verbinding, doch sluiten zelden aan op die van aangrenzende osteonen (PETERSEN). LIPP (1954) was van mening, dat anastomosen van canaliculi zeldzaam zijn.

Als *interstitiele lamellen* worden wel die systemen aangeduid, die zich tussen de secundaire osteonen bevinden. PETERSEN noemde deze elementen wel *grondlamellen of tussenlamellen*. Ze bestaan uit brokstukken van de hierboven besproken structurelementen (laminae, primaire en secundaire osteonen, generaal-lamellen), die door de vorming van resorptieholten en secundaire osteonen gedeeltelijk zijn geresorbeerd, waardoor de oorspronkelijke vorm nog slechts moeilijk is te herkennen.

Rest ons nog aandacht te schenken aan de kanalen, die de substantia compacta in vele richtingen doorkruisen. Van oudsher onderscheidt men de reeds genoemde *Haversse kanalen*, die voornamelijk in de lengterichting van het bot verlopen en *Volkmanse kanalen*, die de radiaire verbindingen in de substantia compacta vormen tussen de Haversse kanalen onderling. De Haversse kanalen vormen het centrum van de Haversse systemen; zij zijn door lamellen omgeven (PETERSEN). Het niet zeer regelmatige verloop van deze kanalen kan reeds worden afgeleid uit de eerder genoemde onderzoeken van KOLTZE en FILOGAMO betreffende het verloop van de secundaire osteonen.

De Volkmanse kanalen zijn in de loop der tijden het onderwerp van vele publikaties geweest, zulks naar aanleiding van de vraag, of deze kanalen, of althans een deel er van, als ruimten moeten worden beschouwd, die uitgespaard zijn in het primaire weefsel, of dat ze door resorptie van bestaand beenweefsel zijn ontstaan. Men noemt ze in het laatste geval ook wel perforerende kanalen. Daar in het volgende op deze kwestie wordt teruggekomen, willen wij er hier niet nader op in gaan. POMMER (1885 en 1927) onderscheidt twee typen Volkmanse kanalen. Het ene type wordt begeleid door enige lamellen, bij het andere lijken de kanalen de lamellensystemen te doorbreken. De wanden van de laatste zijn enigszins gekarteld.

SCHUMACHER (1935) wierp licht op de verhouding tussen de lamellensystemen en de kanalen. Dwarse, zowel als in de lengterichting van het beenstuk verlopen de kanalen, worden met en zonder lamellensystemen aangetroffen. Bij blind eindigende kanalen kunnen zich de volgende gevallen voordoen:

- a. Het concentrische lamellensysteem houdt eerder op dan het kanaal.
- b. Het lamellensysteem begeleidt het kanaal over de gehele lengte, zodat het uiteinde, althans aan één zijde, nog lamellen heeft.
- c. Het lamellensysteem gaat verder dan het kanaal zelf.

Op de betekenis van deze feiten komen wij nog terug.

De vaatnetten, die tussen de laminae aangetroffen worden, kunnen vergeleken worden met de primaire Haversse kanalen. Doorgaans toch worden zij door een aantal lamellen omgeven. Een verschil is, dat hier niet één, doch meer kanalen worden ingesloten.

## HOOFDSTUK II

DE GROEIPROCESSEN EN DE VERBOUWING  
VAN DE METATARSUS

Gedurende het gehele leven van een dier vinden er veranderingen plaats in het skelet. Wij willen op de verschillende processen, die hierbij een rol spelen, iets nader ingaan, alvorens in het volgende hoofdstuk wordt nagegaan, wat er in de literatuur bekend is geworden omtrent de bouw en de ontwikkeling van de *substantia compacta* van de rundermetatarsus. Deze processen zijn voor een deel reeds lang bekend en worden in de daarvoor bestemde leer- en handboeken beschreven. Niettemin moeten wij er hier enige aandacht aan schenken.

## 1. DE GROEIPROCESSEN

Een pijpbeen wordt kraakbenig gepreformeerd. De kraakbeenstaaf, die ongeveer de vorm heeft van het beenstuk, waarvan zij de voorloper is, wordt omhuld door een bindweefsellaag, het *perichondrium*, dat rijk voorzien is van cellen en bloedvaten. Om deze kraakbeenstaaf wordt nu een manchet van primair periostaal beenweefsel afgezet, die geleidelijk wordt uitgebreid naar de uiteinden. Onmiddellijk na de eerste afzetting van been dringt het bindweefsel, thans periosteum genoemd, in het midden van de kraakbeenstaaf naar binnen. Het kraakbeen wordt ter plaatse opgelost. Aldus wordt de *primaire mergholte* gevormd. Met de groei van de beenmanchet naar de uiteinden, breidt ook de mergholte zich in die richting uit. Aan de uiteinden, waar het kraakbeen niet door de beenmantel is omgeven, groeit het kraakbeen in de lengte en in de breedte door. Het beenstuk met de kraakbeenstukken aan de uiteinden krijgt hierdoor een haltervormig uiterlijk. In één of beide uiteinden ontstaat naderhand een verbeningskern, van waaruit deze uiteinden geleidelijk verbenen. Bij de metatarsus van het rund bijvoorbeeld ontstaat ongeveer 2 maanden na de geboorte in het distale uiteinde een kern. Tussen het dikke uiteinde, de *epifyse*, en het overige deel van het beenstuk, de *diafyse*, treffen wij een kraakbeenzone aan in de vorm van een schijf, loodrecht op de beenas. Deze wordt *epifysairlijn*, *epifysairschijf* of *epifysairvlak* genoemd (BOEKE en HERINGA 1948; KÜPFER e.a. 1923; WEIDENREICH 1931; WEINMANN en SICHER 1947).

*a. De lengtegroei.* Deze vindt bij een pijpbeen plaats op de volgende wijze. De kraakbeencellen in de epifysairschijf vermeerderen zich en schikken zich in rijen, die evenwijdig aan de beenas verlopen, het *zuilen- of rijenkraakbeen*. In de gedeelten van de zuilen, die naar de mergholte zijn gekeerd, worden de cellen groter en tenslotte degenereren zij. Daar waar de cellen groter beginnen te worden, worden tussen de rijen kraakbeencellen in de kraakbeengrondsubstantie kalkzouten afgezet, waardoor schotjes en balkjes ontstaan, die ongeveer in de lengterichting van het beenstuk gerangschikt zijn. Op deze balkjes wordt, nadat de kraakbeencellen zijn verdwenen, beenweefsel afgezet. De beschreven gebeurtenissen worden aangeduid als *enchondrale verbening*. Het gebied, waar de balkjes en schotjes voorkomen, wordt *metafyse* genoemd. Bij de metatarsus bevindt zich alleen aan het distale uiteinde een epifysairschijf; bij de meeste andere pijpbeenderen vindt men er één aan beide uiteinden.

De verschijnselen aan het proximale uiteinde van de rundermetatarsus, tijdens

de groei van het bot, vonden wij in de literatuur niet beschreven. Bij een dergelijk beenstuk van een konijn echter, werd ook hier een geringe enchondrale verbening aangetroffen met op rijen gerangschikte kraakbeencellen, niettegenstaande er geen epifysairschijf is (VAN WEL 1954). De lengtegroei van de diafyse wordt ook hier voor veruit het grootste deel veroorzaakt door de epifysairlijn aan het distale uiteinde van het beenstuk. Kort na de geboorte speelt het proximale uiteinde bij het metatarsale II van het konijn in het geheel geen rol meer bij de lengtegroei (LACROIX e.a. 1952).

De lengtegroei van de diafyse van de metatarsus komt nu uitsluitend tot stand in de genoemde twee gebieden aan de uiteinden, doordat tussen de zich vermeerderende, groeiende en daarna te gronde gaande kraakbeencellen steeds nieuwe schotjes worden gevormd. Tegelijkertijd groeit de beenmantel eveneens naar de uiteinden uit (BOEKE en HERINGA 1948; WEIDENREICH 1931; WEINMANN en SICHER 1947).

*b. De diktegroei.* Bij een pijpbeen komt de diktegroei tot stand door appositie van primair periostaal beenweefsel aan de buitenkant van de diafyse. Deze appositie neemt een aanvang met de afzetting van de beenmantel om de kraakbeenstaaf. Regelmatig worden vervolgens nieuwe lagen gevormd, die zich telkens iets verder naar de uiteinden van het beenstuk uitstrekken. De buitenste laag is dus de jongste en heeft de grootste lengte. De buitenste beenlaag, die wordt gevormd, bestaat in eerste aanleg uit een grof gebundeld laagje, waarop vervolgens lamellen worden afgezet. De ruimten, die aanvankelijk tussen dit laagje en het meer naar de mergholte gelegen weefsel bestaan, de primaire Haversse ruimten, worden geleidelijk verder met beenweefsel opgevuld. Zoals in Hoofdstuk I is gezegd, vormen de laminae, die aldus ontstaan, het hoofdbestanddeel van het periostale been (THEILER 1932). In plaats van laminae wordt soms een laag lamellen afgezet, die wij eerder als generaallamellen hebben beschreven. Deze lamellen worden gevormd bij een langzame appositie van beenweefsel door het periosteum. Bij een snellere diktegroei worden laminae gevormd (MEYBURG 1904; THEILER 1932).

## 2. RESORPTIE- EN RECONSTRUCTIEPROCESSEN

Zoals wij in het volgende zullen zien, wordt reeds gevormd beenweefsel dikwijls weer geresorbeerd en vervolgens al of niet door ander weefsel vervangen. De wijze, waarop de resorptie van beenweefsel tot stand komt, kan in beginsel op twee wijzen geschieden, namelijk door gelijktijdige verwijdering van het organische en het anorganische materiaal en in de tweede plaats door ontkalking van het weefsel, hetgeen na korter of langer tijd gevolgd kan worden door resorptie van het organische substraat, de beenmatrix. De ontkalking van het beenweefsel wordt *halisterese* genoemd. Hoewel sommige onderzoekers dit verschijnsel lange tijd voor mogelijk hebben gehouden (VON RECKLINGHAUSEN 1910; WESTER 1929), kwam men in het algemeen toch reeds vóór de eerste wereldoorlog tot de slotsom, dat overal, waar onverkalkte beenmatrix voorkomt, deze als zodanig is gevormd, zonder dat verkalking heeft plaats gevonden en dus niet door halisterese (AXHAUSEN 1911). Het bestaan van halisterese is nimmer bewezen en het lijkt zeker, dat zij niet plaats vindt (WEINMANN en SICHER 1947). Bij recente onderzoekingen, door middel van microröntgenopnamen van verschillende beenstukken van gezonde mensen en dieren, werd geen kalkvrije matrix aangetroffen (AMPRINO 1952).



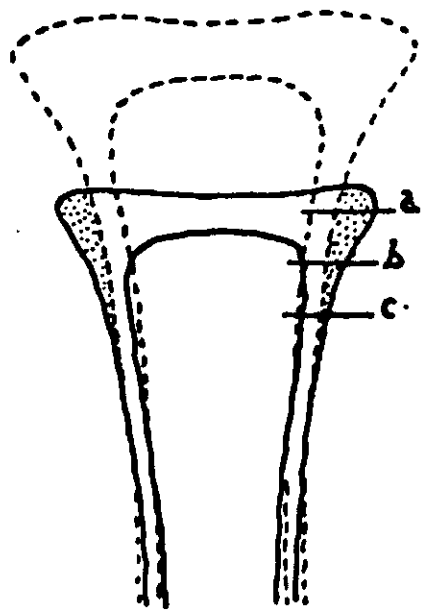


FIG. 1. Lengtedoorsnede door een tibia van een konijn in twee ontwikkelingsstadia (LACROIX).

*Longitudinal section through a tibia of a rabbit in two stages of development (LACROIX).*

Op grond hiervan nemen wij aan, dat onverkalkte beenmatrix alleen in pathologische gevallen in belangrijke mate voorkomt en dan ontstaat door het achterwege blijven van de verkalking. Resorptie van beenweefsel vindt dus plaats door gelijktijdige verwijdering van anorganische en organische bestanddelen van het weefsel. Zij is daarom gemakkelijk vast te stellen, zonder dat de tot dit doel vervaardigde preparaten behoeven te worden gekleurd.

*a. De resorptieprocessen aan de oppervlakte van de beenmantel.* Vergelijken wij de metatarsus van een pasgeboren dier met die van een volwassen individu, dan zien wij, dat de uiteindelijke vorm slechts tot stand kan komen, nadat behalve dikte- en lengtegroei ook resorptieprocessen een rol hebben gespeeld. De mergholte is bij voorbeeld veel groter geworden in de lengte en in de breedte. Dit is slechts mogelijk, doordat beenweefsel langs de binnenkant van de beenschacht alsook de zich daar bevindende beenbalkjes geresorbeerd worden.

Fig. 1 illustreert duidelijk, dat ook langs de buitenkant van de beenmantel resorptie nodig is voor het bereiken van de definitieve vorm van het bot. De tekening stelt een tibia van een konijn voor (LACROIX 1952). De getrokken lijn beeldt de toestand uit op een leeftijd van 26 dagen, de stippellijn toont hetzelfde beenstuk geruime tijd later. Het gepuncteerde deel van het jonge been is na de 26e dag geresorbeerd. Voorts blijkt, dat aan de binnenkant, bij *c* appositie van been heeft plaats gehad, terwijl meer naar het midden van de diafyse weer resorptie is opgetreden.

De bouwgeschiedenis van het been is er dus een van voortdurende appositie en resorptie, die elkaar soms op dezelfde plaatsen afwisselen. Verschillende onderzoekers hebben zich met deze verbouwingsprocessen, die het bot voortdurend van vorm doen veranderen, bezig gehouden (BRASH 1934; KÖLLIKER 1873; MATSCHINSKY 1892; WALMSLEY 1952). KÖLLIKER onderzocht onder anderen de metacarpus van een kalf, welk beenstuk grote gelijkenis heeft met de metatarsus en evenals dit laatste been slechts één epifysairlijn bezit. De diafyse van de metacarpus had „...an der hinteren Seite des oberen Endes zwei kleine Resorptionsflächen, am unteren Ende dagegen liegt eine ringsherumgehende solche Zone von 3 cm Längenerstreckung in maximo”. Deze ring komt overeen met de plaats, waar sterke resorptie voorkomt langs het buitenoppervlak aan het proximale uiteinde van het beenstuk op fig. 1.

Ook bij het volwassen dier komt resorptie aan de oppervlakte van de beenpijpen voor. Op hoge leeftijd neemt de dikte van de substantia compacta dikwijls belangrijk af door resorptie aan de binnen- en de buitenkant (AMPRINO en BAIRATI 1936). Bij de metacarpus van het rund blijven de buitenste generaal-

lamellen doorgaans bestaan, doch de binnenste generaallamellen kunnen op hoge leeftijd worden geresorbeerd (VIGNOLO LUTATI 1940). Voor de metacarpus van het paard geldt hetzelfde (GODINA 1944).

Ook in andere perioden van het leven werd onder bepaalde omstandigheden een verwijding van de mergholte vastgesteld, waaraan eerst de generaallamellen ten offer vielen (THEILER 1932; VIGLIANI 1950).

*b. De verbouwing in de substantia compacta.* Gedurende het gehele leven van het dier vindt er in de substantia compacta een verbouwing plaats, waarbij weefsel wordt geresorbeerd en nieuw weefsel wordt gevormd.

Het resorberen van beenweefsel kan geschieden door verwijding van de bestaande kanalen en voorts door vorming van nieuwe kanalen. Het laatste type kanalen wordt wel *doorborend* of *perforerend* genoemd, zoals reeds aan het slot van hoofdstuk I werd vermeld. Oorspronkelijk werden alle Volkmannse kanalen beschouwd als doorborende kanalen. VOLKMANN, die deze kanalen in 1826 voor het eerst beschreef (POMMER 1885), huldigde onder anderen deze opvatting. VON EBNER (1875) sloot zich aanvankelijk bij de zienswijze van VOLKMANN aan. Het criterium voor een doorborend kanaal was, dat het niet door lamellen zou worden begeleid, maar de bestaande structuur zou doorbreken. De wanden zouden gekarteld zijn. POMMER (1885) ontdekte echter bij een nauwkeurige bestudering van de Volkmannse kanalen, dat dunne lamellen de kanalen soms begeleiden en ging op grond hiervan over tot het onderscheiden van echte en valse doorborende kanalen, waarbij de eerste geen, de tweede wel begeleidende lamellen zouden bezitten. Verschillende auteurs twijfelden reeds spoedig ook aan het doorborende karakter van het eerstgenoemde type en hielden ze voor insluitsels, die reeds bij het ontstaan van het weefsel aanwezig zouden zijn (WEIDENREICH 1931). AXHAUSEN (1911) wees het bestaan van doorborende kanalen van de hand, daar hij geen blind eindigende kanalen vond en bovendien de criteria voor valse en echte doorborende kanalen soms in hetzelfde kanaal aantrof. MÜLLER (1924) en MEYER (1923) kwamen tot dezelfde conclusie en uiteindelijk sloot ook POMMER (1927) zich hierbij aan.

Geruime tijd later poogde ZAWISCH-OSSENITZ (1926) de theorie van de doorborende kanalen nieuw leven in te blazen, waarbij echter dezelfde argumenten werden gebruikt, die door de hierboven genoemde onderzoekers reeds als onjuist werden gekwalificeerd. Een meer steekhoudend pleidooi voor de theorie van de doorborende kanalen werd geleverd door SCHUMACHER (1935), die vele blind eindigende kanalen aantrof in de substantia compacta van menselijke pijpbeenderen. Deze schrijver was van mening, dat zowel de Haversse als de Volkmannse kanalen als perforerende kanalen kunnen ontstaan. De kanalen kunnen dan later geheel of gedeeltelijk met lamellair beenweefsel worden opgevuld (zie ook hoofdstuk I).

Hoewel het voorkomen van doorborende kanalen dus niet uitgesloten mag worden geacht, staat het toch wel vast, dat de verbouwing van de substantia compacta voornamelijk tot stand komt door het *verwijden en weer opvullen van de bestaande kanalen*.

TOMES en DEMORGAN (1853) schreven reeds het volgende omtrent wijde kanalen, die zij aantreffen in de substantia compacta van menselijke pijpbeenderen: "These spaces are irregular in shape and have an irregular festooned and often jagged outline, similar to that found on the surface of bone which has been removed by exfoliation, similar also to the surface left upon the fang of a tooth

after a part has been absorbed. Such spaces correspond in shape to the peripheral outline of one or more of the Haversian systems, and are in fact subservient to the development of those systems, and necessarily precede their formation". De schrijvers stelden voor de beschreven ruimten aan te duiden als *Haversse ruimten* om het nauwe verband met de Haversse systemen aan te geven. In dezelfde publikatie werd beschreven, hoe de genoemde ruimten tot Haversse systemen worden opgevuld door de concentrische afzetting van lamellen langs de wand. Zoals reeds in het voorgaande is uiteengezet, zullen door ons de systemen, die op deze wijze zijn ontstaan, worden aangeduid als secundaire Haversse systemen of secundaire osteonen.

BURKHARDT en PETERSEN (1928) beschreven de verbouwing aan de hand van beenmateriaal, afkomstig van een zes-jarig kind. Hier bleken resorptie en appositie soms in dezelfde ruimte plaats te vinden. Deze ruimten werden „Bauplätze" genoemd. Het is duidelijk, dat op deze wijze geen geheel rondgaande lamellen tot stand komen. Wel geschiedt dit, wanneer het systeem ten slotte wordt opgevuld. Het overblijvende kanaal ligt bij dergelijke osteonen dikwijls sterk excentrisch.

RUTH (1953) stelde vast, evenals MÜLLER (1924), POMMER (1885) en SCHUMACHER (1935), dat de resorptieholten soms geheel met lamellair weefsel worden opgevuld, zodat het kanaal in het centrum verdwijnt.

MEYBURG (1904), die de vorming van secundaire osteonen bij runderen beschreef, deelde mede, dat de oneffenheden langs de wand van de resorptieholten vóór de aanvang van de afzetting van de lamellen worden opgevuld. De situatie, zoals die door BURKHARDT en PETERSEN werd beschreven, trof MEYBURG noch THEILER (1932) bij runderen aan. Zoals reeds eerder werd aangegeven, treffen wij bij deze laatste dan ook meestal secundaire osteonen met tamelijk ronde doorsnede aan, met een niet sterk excentrisch kanaal.

Oorspronkelijk heerste de opvatting, dat de resorptie uitgaat van de Haversse kanalen, waarvan reeds is gezegd, dat zij ten naaste bij in de lengterichting van het bot verlopen. Latere onderzoekers troffen eveneens verwijde kanalen aan, die een meer radiaal verloop hadden en geheel het uiterlijk van perforerende kanalen hadden aangenomen. Mede hierdoor is het onderscheid tussen Haversse en Volkmannse kanalen steeds vager geworden (SCHUMACHER 1935).

In recente publikaties is veel aandacht geschonken aan het *kalkgehalte van het secundaire osteon in de verschillende fasen van zijn ontwikkeling*.

DALLEMAGNE en MELON (1944) waren tot de conclusie gekomen, dat de verschillende delen van het osteon eenzelfde kalkgehalte hebben. Nieuwere onderzoekingen van AMPRINO en ENGSTRÖM (1952) en van AMPRINO (1952) leidden tot de slotsom, dat dit niet steeds het geval behoef te zijn. Om dit te onderzoeken werden microröntgenopnamen gemaakt, waarbij de schaduw van de te beoordelen structuurelementen werd vergeleken met een gelijktijdig gefotografeerde standaard. Daarbij is gebleken, dat het kalkgehalte van het primaire weefsel zeer uniform is, maar dat het kalkgehalte van de secundaire osteonen varieert al naar het ontwikkelingsstadium, waarin zij zich bevinden. In het algemeen bevatten secundaire osteonen bij de mens, het paard, de os, het schaap, het konijn en de rat iets minder kalk dan het omringende weefsel. In het centrum van het osteon is de absorptie van röntgenstralen doorgaans groter dan aan de omtrek en de kalkzoutafzetting dus iets groter. De grootte van de verschillen wisselt sterk. Op lengte doorsneden krijgt men een beeld, dat met deze waarnemingen in overeenstemming is. De grens tussen oud en nieuw weefsel is steeds scherp. Uit kwan-

titatieve bepalingen bleek, dat het kalkgehalte in het centrum van het systeem ten hoogste 5% hoger is dan dat langs de omtrek. Naarmate het gehalte in het gehele osteon stijgt, wordt het verschil geringer. Het gehalte in de osteonen ten opzichte van het relatief constante gehalte in het primaire weefsel bedroeg gemiddeld over enige honderden metingen 0,95. Het laagste gehalte bedroeg 0,75 van dat in het primaire materiaal.

Uit het feit, dat de randen van de resorptieholten zeer scherp worden afgebeeld, leidden de schrijvers af, dat halisterese niet plaats vindt. Dat lage gehalten in secundaire osteonen zeldzaam zijn, wordt daardoor bewezen, dat de verkalking van deze systemen aanvankelijk zeer snel verloopt, totdat het kalkgehalte 0,9 bedraagt van dat in het primaire weefsel. Het grote aantal secundaire osteonen met een relatief gehalte van 0,92 tot 0,96 wijst er op, dat de verdere verhoging van het gehalte zeer langzaam tot stand komt. De snelle opname van mineralen door jonge secundaire osteonen wordt bevestigd door onderzoekingen met radioactief fosfor en calcium, verricht door ENGFELDT e.a. (1952) en ENGFELDT en HJERTQUIST (1954).

Uit de verschillen in het kalkgehalte binnen het secundaire osteon concludeerden AMPRINO en AMPRINO en ENGSTRÖM, dat een nieuw gevormd osteon aanvankelijk gelijkmatig verkalkt. Daarna wordt het gehalte van het bloedvat uit geleidelijk nog verhoogd. Hierdoor is dit gehalte in het centrum gedurende enige tijd hoger dan langs de omtrek.

In de substantia compacta is het verschil in gehalte tussen jong en reeds langer bestaand weefsel veel groter dan in de substantia spongiosa. Wellicht vindt dit zijn oorzaak in de gemakkelijke bereikbaarheid van het balkjesweefsel, dat aan alle kanten door bloedvaten is omgeven.

CARLSTRÖM (1954) bepaalde de hardheid van verschillende structurelementen van been en kwam daarbij tot de slotsom, dat die delen het hardst zijn, die volgens de hierbovengenoemde onderzoekingen het hoogste kalkgehalte bezitten.

De geringe verschillen in het kalkgehalte van het bestaande beenweefsel maken het naar onze mening mogelijk, de hoeveelheid volledig geresorbeerd weefsel te beschouwen als betrouwbare maatstaf voor de hoeveelheid der uit het skelet opgenomen mineralen.

### 3. DE FACTOREN, DIE INVLOED HEBBEN OP DE RESORPTIE EN DE RECONSTRUCTIE VAN DE SUBSTANTIA COMPACTA

In de loop der tijden zijn verschillende theorieën opgesteld omtrent de oorzaken van de steeds wisselende resorptie en appositie in het beenweefsel. In het volgende willen wij een overzicht geven van de factoren, die voor de verbouwing van de substantia compacta verantwoordelijk kunnen worden gesteld.

*a. De invloed van mechanische factoren.* In de tweede helft van de vorige eeuw viel het sommige onderzoekers op, dat de structuur van de substantia spongiosa in de kop van het femur in hoge mate is aangepast aan de krachten, die hierop worden uitgeoefend. Het is vooral GEBHARDT (1902, 1906, 1910 en 1910) geweest, die naar aanleiding hiervan een nader onderzoek instelde naar de structuur van de substantia compacta. Hij kwam tot de conclusie, dat „durch sekundäre Umbauvorgänge, völlig unter Einflus der funktionellen Anpassung” een weefsel met Haversse systemen tot stand komt, dat volgens stelsels treklijnen



en druklijnen is gerangschikt. De secundaire osteonen werden hierbij vergeleken met kabels, die ideaal op mechanische belasting berekend zouden zijn, doordat zij zouden zijn opgebouwd uit lagen fibrillen, die elkaar afwisselen in richting. De gedachten van GEBHARDT hebben lange tijd ingang gevonden. VON BENNINGHOFF (1927), liet compact beenweefsel splijten en daarbij bleek, dat de splijtlijnen samenvallen met de spanningslijnen en met de richting van de osteonen. De genoemde lijnen zetten zich voort in de balkjes van de substantia spongiosa en zelfs van het ene beenstuk in het andere (BRUHNKE 1929), waardoor dus het gehele skelet een functionele eenheid zou zijn. In die osteonen, welke aan trek zijn blootgesteld, zijn de fibrillen meer in de lengterichting van het systeem gericht dan bij de osteonen gelegen op plaatsen, waar hoofdzakelijk druk op het beenstuk wordt uitgeoefend (VON BENNINGHOFF 1927).

BOGDASCHEW (1930 en 1934) schreef de verschillen in de structuur tussen de metatarsus en de metacarpus bij het rund en verschillende andere dieren vooral toe aan de verschillende mechanische eisen, die aan deze beenstukken worden gesteld. De metatarsus, die aan de grootste krachten is blootgesteld en bovendien een schuine stand ten opzichte van de bodem heeft, bezit meer en dichter op elkaar liggende secundaire osteonen dan de metacarpus. De dichtheid van de secundaire osteonen in femur, humerus, tibia, radius, metacarpus en metatarsus is recht evenredig met de hoek, waaronder deze beenderen ten opzichte van het grondvlak zijn geplaatst.

Worden de mechanische eisen aan een beenstuk veranderd, dan zou ook de structuur zich aan die verandering aanpassen (GEBHARDT 1910; VON BENNINGHOFF 1927). In een recent onderzoek kwam TOWNSLEY (1948) tot de conclusie, dat de wet van WOLFF, inhoudende dat: „iedere verandering in de vorm en de functie van een beenstuk of in de functie alleen wordt gevolgd door zeer bepaalde veranderingen in de inwendige structuur en even bepaalde secundaire veranderingen in de uitwendige vorm, overeenkomstig wiskundige wetten”, goed opgaat voor de rangschikking van de beensubstantie in het rijk der gewervelde dieren.

Toch kunnen tegen de genoemde theorieën vele bezwaren worden aangevoerd. In de eerste plaats is gebleken, dat de secundaire osteonen weinig gemeen hebben met de voorstelling, die GEBHARDT zich hiervan vormde. Wij zagen reeds, dat KOLTZE (1951) en FILOGAMO (1946b) hebben uitgemaakt, dat de osteonen geen lange kabels zijn, maar korte elementen, die dikwijls gedeeltelijk worden afgebroken, zodat slechts fragmenten van korte, onregelmatige pijpjes blijven bestaan. Voorts wisselt de fibrillenrichting in de opeenvolgende lamellen van het osteon minder regelmatig af dan GEBHARDT dacht.

Voorop plaatsen, waar pezen aan een beenstuk gehecht zijn, is de verbouwing zeer intensief (FILOGAMO 1945). AMPRINO (1948) is nu van mening, dat op deze plaatsen door de verbouwing een structuur ontstaat, die minder goed in staat is trekkrachten op te vangen dan de grove, in de richting der spanningslijnen georiënteerde vezelbundels, die hier vóór de verbouwing werden aangetroffen.

Bij een onderzoek naar de verbouwingsverschijnselen in de pijpbeenderen van mensen (AMPRINO en BAIRATI 1936) bleek voorts, dat de verbouwing in de verschillende delen van het skelet gelijktijdig in intensiteit toe- en afneemt. Een factor, die invloed heeft op het gehele beenstelsel, lijkt de verbouwing te regelen. Dit kan door mechanische theorieën niet verklaard worden.

Wanneer een beenstuk om één of andere reden niet aan mechanische eisen

wordt blootgesteld, worden toch normale secundaire osteonen gevormd (VIGLIANI 1950; ENGSTRÖM en AMPRINO 1950), hoewel de resorptie in dergelijke gevallen dikwijls de overhand krijgt op de vorming van nieuw beenweefsel. Ook hieruit blijkt dus, dat de verbouwing niet alleen onder mechanische invloeden tot stand komt.

AMPRINO en SISTO (1946) vonden, dat de structuur op plaatsen van hetzelfde beenstuk, die aan verschillende mechanische invloeden zijn blootgesteld, nagenoeg hetzelfde beeld kan vertonen. De verbouwing vindt namelijk ook plaats in delen, waar de mechanische eisen zeer gering zijn, zoals langs de mergholte van een pijpbeen. Bij grote loopvogels, die geen gebruik maken van hun vleugels, was de verbouwing in de vleugelbeenderen sterker dan die in de beenderen der poten, welke laatste mechanisch zeer zwaar belast worden.

Nadat hij zich een groot aantal jaren met de hierboven besproken problemen had bezig gehouden, kwam AMPRINO (1948) tot de slotsom, „dat de verbouwing van het been niet zo zeer afhangt van de eis een materiaal samen te stellen, dat in fysisch opzicht steeds meer volmaakt wordt, dan wel van de voortdurende vraag van het organisme naar grotere of kleinere hoeveelheden mineralen”. Daarnaast spreekt het ook voor AMPRINO vanzelf, dat ook de functie een belangrijke invloed op de structuur van het beenweefsel heeft. Deze invloed zou echter volgens ENGSTRÖM en AMPRINO (1950) een grotere rol spelen bij de structuur van de eerste orde dan bij die van de tweede orde.

Wanneer de veronderstelling van AMPRINO juist is, bestaat er dus een verband tussen de calcium- en fosforbalansen van een dier en de structuur van de tweede orde van de substantia compacta. In het geval het organisme calcium en/of fosfor behoeft, zouden resorptieholten worden gevormd; wanneer de calcium- en fosforbalansen positief zijn, zouden deze holten tot secundaire osteonen worden opgevuld. In het voorafgaande zijn verschillende indirecte argumenten voor deze zienswijze besproken; in het volgende willen wij nagaan, welke directe argumenten hiervoor kunnen worden aangevoerd.

*b. De invloed van de voeding.* Het is algemeen bekend, dat rachitis, osteomalacie en osteoporose, aandoeningen, welke door gebrek aan vitamine D, aan Ca of aan P ontstaan, veelal met negatieve calcium- en fosforbalansen gepaard gaan. In deze gevallen is de resorptie van het beenweefsel versterkt.

*Rachitis* (osteomalacia juvenilis) is een bij jonge, nog groeiende individuen voorkomende ziekte van het gehele beenderstelsel, waarbij naast beenverval een ziekelijk gestoorde nieuwbouw van been meestal op de voorgrond treedt; het nieuwgevormde been verkalkt niet voldoende; de „Anbau” is gestoord, de „Abbau” is versterkt (VON RECKLINGHAUSEN 1910; WESTER 1929).

THEILER (1932) wekte bij jonge runderen langs experimentele weg rachitis op. Hij constateerde hierbij onder anderen een verwijding van de kanalen in de substantia compacta van de pijpbeenderen.

*Osteomalacie* (osteomalacia adultorum) wordt door WESTER de rachitis van de volwassen dieren genoemd. Hierbij treedt de afbraak van beenweefsel meer op de voorgrond. Ook de „Anbau” is onvolkomen door onvoldoende verkalking van nieuw gevormd beenweefsel (POMMER 1885; WESTER 1929). Volgens WESTER wordt bij osteomalacie ook beenweefsel ontkalkt. Osteoporose wordt door WESTER niet als afzonderlijke ziekte onderscheiden. Aan dit begrip worden soms sterk verschillende betekenissen gehecht.

De genoemde gevallen hebben betrekking op pathologische omstandigheden.

Het verband tussen de voeding en de structuur van de substantia compacta bij gezonde dieren werd, voor zover wij weten, nimmer grondig onderzocht.

*c. De invloed van de groeisnelheid en de leeftijd.* Bij een onderzoek van GODINA (1947) naar de verbouwingsverschijnselen in de pijpbeenderen van honden bleek, dat de structuur, karakteristiek voor een bepaalde ontwikkelingstrap van een beenstuk, bij grote dieren eerder werd bereikt dan bij kleine.

AMPRINO (1947) onderzocht beenmateriaal van twee mensen, die door endocrine stoornissen een uitzonderlijke lichaamsgrootte hadden bereikt. Bij de grootste (19 jaar, 210 cm lang) waren de verbouwingsprocessen intensiever geweest dan bij de kleinste (21 jaar, 81 cm lang). Voorts was in het eerste geval de substantia compacta opgebouwd uit grote onregelmatige structuurelementen van de tweede orde, terwijl deze elementen bij de dwerg kleiner en regelmatiger van vorm waren. Op grond hiervan en van het genoemde onderzoek van GODINA besluit AMPRINO, dat, ceteris paribus, de intensiteit van de verbouwing van been groter is gedurende perioden van snelle groei dan in perioden, waarin de groei langzamer verloopt. De intensieve resorptie in het eerste geval zou haar oorzaak vinden in de grote mineralenbehoefte van het organisme.

Mogen wij naar aanleiding van het bovenstaande in de jeugd van een dier tijdelijk een intensieve resorptie verwachten, ook op zeer hoge leeftijd kunnen de resorptieverschijnselen sterk toenemen (VIGNOLO LUTATI 1940; GODINA 1944; AMPRINO en BAIRATI 1936); men spreekt dan van seniele osteoporose. HANSARD e.a. (1954) stelden door middel van balansproeven vast, dat de calciumresorptie en -retentie bij koeien van 144 tot 190 maanden oud, belangrijk geringer is dan bij dieren van 36 tot 73 maanden, hetgeen een der oorzaken kan zijn voor de genoemde seniele osteoporose.

*d. De invloed van de dracht.* Ook voor de vorming van het skelet van het nog ongebooren jong zijn mineralen nodig, die door het moederdier moeten worden geleverd. Uit de reeds genoemde balansproeven van FORBES e.a. (1917, 1918, 1922 en 1935), van ELLENBERGER e.a. (1931 en 1932) en van vele anderen blijkt echter, dat de calcium- en fosforbalansen van drachtige koeien in de tweede helft van de draagtijd doorgaans zo'n groot overschot vertonen, dat de mineralenvoorraad van het moederdier toeneemt, zelfs na aftrek van de hoeveelheid, die nodig is voor de zich ontwikkelende vrucht. Waarschijnlijk is dit te danken aan het feit, dat de placenta gedurende de dracht grote hoeveelheden oestrogeen afscheidt, dat naar men aanneemt de retentie van calcium en fosfor bevordert (OWEN 1952).

HARTL en BURKHARDT (1952) vonden bij een onderzoek van het schedeldak van 656 vrouwen een aantal uitzonderlijk compacte beenderen, die voornamelijk afkomstig bleken te zijn van zwangeren.

URTIST e.a. (1950) vonden na een injectie van oestrogeen bij muizen een duidelijke appositie van endostaal beenweefsel. LANDAUER en ZONDEK (1944) namen dezelfde verschijnselen waar na toediening van een grote hoeveelheid oestrogeen aan hanen en woerden; geringere hoeveelheden hadden daarentegen een resorptie van beenweefsel tot gevolg.

Het is in dit verband interessant de onderzoekingen van KYES en POTTER (1934) en van BLOOM (1941) te vermelden. Bij duiven bleek vóór de vorming van de eierschalen beenweefsel in de mergholte der beenderen te worden afgezet, dat tijdens het ontstaan van de eierschalen weer werd geresorbeerd.

*e. De invloed van de lactatie.* Uit de eerder genoemde proeven van FORBES e.a., van ELLENBERGER e.a. en van vele anderen bleek, dat de calcium- en fosforbalans in het begin van de lactatieperiode steeds negatief is. Gezien de grote hoeveelheden calcium en fosfor, die met de melk worden uitgescheiden, wekt dit geen verbazing.

WARNOCK en DUCKWORTH (1944) en ELLINGER (1952) stelden vast, dat bij ratten tijdens de lactatieperiode een deel van de substantia spongiosa werd geresorbeerd. Bij de dieren van de laatstgenoemde werd bovendien compact beenweefsel langs de mergholte opgenomen; de resorptie was hier onafhankelijk van de hoeveelheid calcium in het rantsoen.

Voorts vond RUTH (1953) resorptieverschijnselen in de substantia compacta der pijpbeenderen van ratten tijdens de lactatieperiode, wanneer deze dieren op een calciumvrij rantsoen werden gehouden.

*f. De invloed van tuberculose.* Aangezien een groot deel van het materiaal voor ons eigen onderzoek afkomstig is van dieren, die positief reageerden op een injectie met tuberculine, is het van belang te weten of tuberculose invloed heeft op de calcium- en fosforhuishouding. Er bestaat uiteraard een grote kans dat ernstige ziekten, die op het gehele organisme hun invloed doen gelden, ook de calcium- en fosforstofwisseling niet ongemoeid laten. BREWER (1954) vond, dat de calciumretentie bij vrouwen met actieve longtuberculose geringer was dan bij gezonde vrouwen. Ten aanzien van de fosforretentie was er geen verschil te constateren. FREERKSEN en MEISSNER (1953) vergeleken de opname van radioactief fosfor in de organen van gezonde konijnen met die in de organen van dieren, die met tuberculose waren geïnfecteerd. De opname was bij de geïnfecteerde dieren significant hoger in het bloedplasma en in het beenmerg. Voor de andere organen werden geen verschillen vastgesteld.

### HOOFDSTUK III

#### DE BOUW EN DE ONTWIKKELING VAN DE SUBSTANTIA COMPACTA VAN DE RUNDERMETATARSUS

De bouw en de ontwikkeling van de substantia compacta van de rundermetatarsus worden in de literatuur niet uitvoerig beschreven. Wel vinden wij beschrijvingen van vergelijkbare beenstukken. Wij willen thans nagaan, wat hiervan voor ons onderzoek van belang is.

Zoals reeds in het voorgaande werd besproken, hebben wij bij de diafyse van de rundermetatarsus te doen met periostaal weefsel, dat door het periosteum wordt gevormd en voorts met enchondraal weefsel, dat bij de epifysairlijn aangroeit. Van deze twee werd het periostale weefsel het grondigst bestudeerd, daar men bij het onderzoek van pijpbeenderen in de regel uitgaat van het midden van de diafyse, waar doorgaans slechts periostaal beenweefsel wordt aangetroffen. Ook de groeiverschijnselen in de nabijheid van de epifysairlijn zijn herhaaldelijk beschreven. Goede microscopisch-anatomische beschrijvingen van het gebied tussen het midden van de diafyse en de epifysairlijn zochten wij in de literatuur tevergeefs.



## 1. DE STRUCTUUR VAN DE SUBSTANTIA COMPACTA VOOR EN OMSTREEKS DE GEBOORTE

Vóór de geboorte kan men nog nauwelijks van een substantia compacta spreken, omdat de ruimten tussen de structurelementen van dezelfde orde van grootte zijn als deze elementen zelf. De *periostale manchets* bestaat, zoals in Hoofdstuk II reeds werd besproken, uit een pijp, die naar de beide uiteinden wijder wordt. De wand van deze beenpijp is in het midden het dikst. De wijze, waarop deze schacht in de dikte door appositie groeit, werd reeds in Hoofdstuk I en II behandeld, evenals de bouw van de daarbij gevormde laminae. Met het blote oog is reeds te zien, dat wij hier te doen hebben met concentrische beenlagen, die door ruimten van elkaar zijn gescheiden. Bruggetjes verbinden de lagen met elkaar (THEILER 1932).

MEYBURG (1904), die een runderfoetus van 8 maanden onderzocht, noemde het periostale weefsel een atypisch netwerk van balkjes en wanden met een min of meer tangentiële rangschikking, waartussen zich lumina bevonden, die meestal groot waren ten opzichte van de beenlagen, doch meer naar de mergholte kleiner werden.

VIGNOLO LUTATI (1940) onderzocht eveneens pijpbeenderen van kalveren kort vóór en na de geboorte. Hij wees er op, dat de laminae niet steeds in tangentiële richting geplaatst zijn. Langs de laterale zijde van de diafyse van de metacarpus waren de ruimten tussen de beenlaagjes, de primaire Haversse ruimten, ongeveer rond. Het kleiner worden van de primaire Haversse ruimten in de richting van de mergholte wordt veroorzaakt door de afzetting van beenweefsel in deze ruimten. VIGNOLO LUTATI meende, dat de grof gebundelde beenvezellaagjes in het centrum van de laminae in de richting van mergholte geleidelijk dunner werden. Daar afbraak van dit weefsel niet werd waargenomen, zou er een geleidelijke omzetting van grof gebundeld in lamellair beenweefsel plaats vinden. De wijze, waarop dit zou geschieden, is niet aangegeven.

Binnen de periostale beenmantel bevindt zich de *substantia spongiosa*, die voor een deel is opgevuld tot een compact weefsel. De ruimten tussen de schotjes en balkjes zijn in het laatste geval met concentrische lamellensystemen opgevuld. De bouw van de schotjes en balkjes werd in hoofdstuk I reeds beschreven, evenals die van de primaire osteonen.

In de pijpbeenderen van foetus en neonatus komen de spongiosa als zodanig en de opgevulde spongiosa naast elkaar voor. Het enchondrale karakter van dit weefsel is duidelijk waar te nemen door de ingesloten kraakbeenresten. Van het periostale weefsel is de opgevulde spongiosa gescheiden door een duidelijke kitlijn (THEILER 1932).

VIGNOLO LUTATI beschreef een structuur van een 6 maanden oude runderfoetus, die blijkens de afbeelding waarschijnlijk op een opgevulde spongiosa betrekking had. Deze werd echter niet als zodanig herkend. Bij een foetus van 8 maanden oud werd hetzelfde weefsel niet meer aangetroffen, hetgeen door resorptie van de mergholte uit verklaard kan worden. Dat deze resorptie in het genoemde stadium zeer aanzienlijk kan zijn, blijkt uit de mededeling van VIGNOLO LUTATI, dat de gehele beenschacht van de metacarpus van de 6 maanden oude foetus kon worden geborgen in de mergholte van hetzelfde beenstuk van een 8 maanden oud exemplaar. Op plaatsen, waar de spongiosa en de opgevulde spongiosa verdwenen zijn, gaat de vergroting van de mergholte ten koste van het periostale weefsel. De resorptie geschiedt zowel door de vorming van grote

resorptieholten in de substantia compacta, die aan de mergholte grenst, als door een geleidelijke verwijding van de mergholte.

Omstreeks de geboorte van het kalf bestaat dus de metacarpus en zeer waarschijnlijk ook de metatarsus uit een periostale manchet, die in de dikte groeit door appositie van nieuwe laminae. Binnen deze schacht bevindt zich substantia spongiosa, die voor een deel is opgevuld. Langs de mergholte worden het periostale weefsel en het spongiosaweefsel geresorbeerd.

## 2. DE STRUCTUUR VAN DE SUBSTANTIA COMPACTA TIJDENS DE GROEIPERIODE

Als einde van de groeiperiode zullen wij het stadium beschouwen, waarop de diktegroei eindigt. Van veel belang voor de kennis van de processen, die zich in deze periode afspelen, is het onderzoek van VIGNOLO LUTATI (1940) aangaande de structuur van het midden van de diafyse van de rundermetacarpus. Voor dit onderzoek werd gebruik gemaakt van dieren van de leeftijden: 2 maanden (2 exemplaren), 5 maanden, 7 maanden, 10 maanden, 1 jaar en 2 jaar.

De laag, van primaire Haversse ruimten, die direct onder het periosteum ligt, was op een leeftijd van 2 maanden reeds belangrijk minder dik dan bij het nuchtere kalf. Bij het 5 maanden oude dier werden vooral links voor en rechts voor grote primaire Haversse ruimten gevonden. Als teken van voortdurende diktegroei trof hij de betreffende laag ook bij de dieren van 7 maanden tot en met 2 jaar oud aan. Bij het laatste dier waren de primaire Haversse ruimten niet meer langs de gehele omtrek aanwezig. Alleen daar, waar pezen aan de diafyse gehecht waren, werden ze nog aangetroffen.

THEILER (1932) vond bij een rund van ongeveer 3 jaar oud soms twee of drie lagen primaire Haversse ruimten, die in de regel in de richting van de mergholte kleiner werden.

Bij het paard vertoonde de situatie veel overeenkomst met die bij het rund (GODINA 1944).

De diktegroei wordt afgesloten met de vorming van de buitenste generaallamellen, die VIGNOLO LUTATI bij een 4 jaar oud rund aantrof. De structuur en de dikte van de generaallamellen was niet constant. Langs het grootste deel van de omtrek waren zij zeer regelmatig opgebouwd uit lamellen, die in gepolariseerd licht afwisselend licht en donker waren. Hier en daar waren secundaire osteonen in en tussen de lamellenpakketten aanwezig. Langs een deel van de achterkant ontbraken de generaallamellen; hier waren tekenen van resorptie te zien. GODINA vond de buitenste generaallamellen bij de metacarpus van een paard reeds op een leeftijd van 3 jaar.

Hoewel bij jongere dieren nimmer generaallamellen aan de buitenomtrek van de diafyse werden beschreven, merken wij op, dat toch soortgelijke structuurelementen gevormd kunnen worden vóór het einde van de diktegroei, namelijk in perioden, waarin deze trager verloopt (MEYBURG 1904; MATSCHINSKY 1892). In hoofdstuk I werden zij „jaarringen” genoemd.

Onder de besproken laag van primaire Haversse ruimten treffen wij de compacte „in toto concentrische” structuur aan, die door GEBHARDT (1906) werd beschreven voor de metatarsus van een kalf (zie ook Plaat I, fig. 1). Het weefsel bestond hier uit laminae, die fraai concentrisch rond de mergholte waren gerangschikt. Door de uniforme dikte van de laminae liepen de lagen nagenoeg evenwijdig. MEYBURG (1904) vond bij de metatarsus van een kalf een veel minder regelmatige rangschikking. Radiair gerichte laminae wisselden hier af met

tangentieel gerichte, evenals bij een dier van  $1\frac{1}{2}$  jaar oud. De beschrijving door THEILER van de betreffende structuur bij twee dieren van ruim 3 jaar oud, stemt met die van MEYBURG overeen.

VIGNOLO LUTATI wees tenslotte nog op het voorkomen van ronde systemen met een concentrische rangschikking van de lamellen rond de ingesloten kanalen, welke wij in hoofdstuk I als primaire osteonen van periostale herkomst hebben beschreven.

In het bijzonder op de plaatsen, waar pezen aan de diafyse gehecht zijn, is de rangschikking van de structurelementen anders dan in het overige periostale been. MEYBURG en THEILER vonden op dergelijke plaatsen dikwijls laminae met een radiaire rangschikking. VIGNOLO LUTATI trof in de rundermetacarpus bij peesaanhechtingen cilindrische systemen aan, waarvan de richting sterk varieerde. Hij vond een grote overeenkomst met de plaatsen van peesaanhechting bij mensen, zoals die door WEIDENREICH (1931) werden beschreven. Hier werd vooral aan de periferie van het beenstuk een belangrijke plaats ingenomen door grof gebundeld beenweefsel, waartussen zich osteonen bevonden. In de richting van de mergholte nam het aantal osteonen toe.

De „in toto concentrische structuur” werd door AMPRINO en GODINA (1947), FOOTE (1916), GROSS (1934) en DEMETER en MATYAS (1928) bij vele andere diersoorten aangetroffen en in een enigszins andere vorm door HEULER (1928), AMPRINO en GODINA (1947) en AMPRINO en BAIRATI (1936) ook bij de mens. Toch wordt dit weefseltype in de meeste leerboeken niet vermeld (BROUWER 1952).

De lotgevallen van de opgevulde spongiosa tijdens de groeiperiode worden in de literatuur niet vermeld.

De *verbouwingsverschijnselen*, waarbij het besproken primaire weefsel na resorptie wordt vervangen door secundair weefsel, treden reeds tijdens de groeiperiode op. In het materiaal van VIGNOLO LUTATI ontbraken verbouwingsverschijnselen in de metacarpus van een rund op een leeftijd van 2 maanden nog bijna geheel, met uitzondering van enkele secundaire osteonen vlak langs de mergholte. Tot een leeftijd van 1 jaar bleef het aantal resorptieholten en secundaire osteonen volgens VIGNOLO LUTATI zeer gering, doch dan trad de verbouwing snel en stormachtig in met de vorming van een dikke laag secundaire osteonen langs de mergholte. Vooral aan de laterale zijde van de achterste helft van de metacarpus lagen de osteonen dicht opeen. Bij het tweejarige dier was de hoeveelheid secundair materiaal toegenomen. De fibrillen van de osteonen verliepen in hoofdzaak evenwijdig aan de lengteas van deze systemen. De gevallen, waarin de richting van de fibrillen in opeenvolgende lamellen regelmatig afwisselden, waren zeldzaam.

Ook THEILER vond de verbouwingsverschijnselen in verschillende pijpbeenderen bij jonge runderen vooral langs de mergholte en wel in de opgevulde spongiosa. MEYBURG was van mening, dat de verbouwing bij het rund een aanvang neemt omstreeks de tijd, waarop de epifysairlijn verbeent; dit zou dus veel later zijn dan VIGNOLO LUTATI aangeeft.

In het materiaal van alle drie genoemde schrijvers waren de osteonen in dwarse doorsneden voornamelijk rond, doch niet steeds was de vorm regelmatig.

Het moment, waarop de verbouwing voor het eerst optreedt, staat dus niet geheel vast, doch het is wel zeker, dat deze op ruim 1-jarige leeftijd reeds aanzienlijk kan zijn en dat zij vooral plaats vindt in een strook langs de mergholte.

Aan de binnenkant van de beenpijp was bij het materiaal van VIGNOLO LUTATI

op een leeftijd van 2 maanden reeds een dun laagje generaallamellen afgezet en bij het 5 maanden oude dier was deze laag al van een aanzienlijke dikte. Bij de oudere dieren werden deze lamellen zonder uitzondering gevonden. De fibrillenrichtingen van de opeenvolgende lamellen wisselden elkaar doorgaans regelmatig af. In de dikke pakketten lagen hier en daar primaire osteonen tussen de lamellen. Doordat de mergholte vóór de afzetting van de generaallamellen door resorptie is verwijd, waren de binnenste generaallamellen steeds door een resorptielijn van het overige weefsel gescheiden.

MEYBURG vond in de metacarpus en de metatarsus van een  $1\frac{1}{2}$  jaar oud rund dikke pakketten generaallamellen langs de mergholte en THEILER trof ze eveneens aan bij dieren van 3 jaar oud.

In het laatste geval waren de lamellen soms afgezet op een resorptielijn, die secundaire osteonen doorsneed, hetgeen bewijst, dat deze lamellen werden gevormd nadat de eerste secundaire osteonen waren ontstaan.

In het bovenstaande is bijna uitsluitend sprake geweest van het beeld in het midden van de diafyse; het is derhalve mogelijk, dat het beeld in andere delen van het beenstuk hiervan belangrijk afwijkt. AMPRINO en SISTO (1946) stelden vast, dat de verbouwingsverschijnselen in het femur van de mens vooral plaats vinden in de oudste delen. FOOTE (1916) bevestigde dit.

Een goed inzicht in de vorming van nieuw weefsel in de verschillende delen van hetzelfde beenstuk krijgen wij door recente proeven met radioactieve mineralen. LEBLOND e.a. (1950) maakten na toediening van radioactief fosfor aan ratten autoradiogrammen op lichtgevoelige film van lengtedoorsneden van femur en tibia. Een duidelijke zwarting markeerde de plaatsen, waar appositie van beenweefsel had plaats gehad. Bij een rat van 50 gram was 2 uur na de injectie een duidelijke appositie waar te nemen op de enchondrale beenbalkjes. Nabij de epifyse werd endostaal beenweefsel tegen de binnenkant van de beenschacht afgezet; meer naar het midden van de diafyse werd aan de buitenkant van de schacht periostaal weefsel gevormd. Na 8 dagen waren de endostale apposities in de omgeving van de epifyse met nieuw weefsel bedekt. Door gelijktijdige resorptie van materiaal aan de buitenkant was het radioactieve laagje endostaal beenweefsel thans dichter bij de buitenkant van de beenmantel gelegen. Het radioactieve laagje periostaal beenweefsel rond het midden van de diafyse lag na 8 dagen dichter bij de mergholte, doordat aan de buitenkant hierop nieuw periostaal weefsel was afgezet en doordat aan de binnenkant beenweefsel geresorbeerd was. Hier en daar werd in de substantia compacta appositie van beenweefsel langs de kanalen waargenomen.

TOMLIN e.a. (1953) verrichtten soortgelijke proeven met radioactief calcium bij ratten. Autoradiogrammen van femora vertoonden hetzelfde beeld als hierboven werd beschreven. De vergroting van de mergholte kwam tot stand door resorptie van beenweefsel langs de achterwand; de voorwand van de mergholte bleef gespaard.

De besproken uitkomsten werden bevestigd door COMAR e.a. (1952) bij soortgelijke experimenten met jonge varkens.

HANSARD e.a. (1952) dienden radioactief calcium toe aan runderen. Van de metatarsus van een 19 maanden oude stier is van een lengtedoorsnede een autoradiogram afgebeeld. Langs de gehele buitenkant van de schacht bevindt zich een egale dunne zwarting, behalve in een gebied, grenzend aan de distale epifysaalijn. In de substantia compacta zien wij onder dit dunne laagje een zone waarin geen zwarting is waar te nemen. In het midden van de diafyse is deze



zone het dikst; naar de beide uiteinden wigt hij uit. Aan de binnenzijde van de genoemde zone treffen wij een gebied aan, dat de rest van de substantia compacta beslaat. Hierin bevinden zich vrij regelmatig verdeeld een groot aantal zwarte lijntjes, die min of meer in de lengte van het beenstuk verlopen. De schrijvers duiden dit aan als nieuw gevormde Haversse systemen. De dichtheid van deze systemen neemt naar het proximale uiteinde iets toe. In de substantia spongiosa getuigen vele donkere plekjes van appositie. Langs de epifysairlijn bevindt zich een brede, zeer donkere strook.

Behalve de plaatselijke intensieve zwarting, tengevolge van de aanwezigheid van radioactief materiaal, werd in het overige beenweefsel een diffuse zwarting aangetroffen bij alle hierboven genoemde onderzoeken. Dit verschijnsel werd aan uitwisseling van het radioactieve mineraal toegeschreven. Deze uitwisseling is tevens de oorzaak van de geleidelijke teruggang van de plaatselijke intensieve zwarting. Naarmate de proefdieren ouder waren, was deze uitwisseling geringer (TOMLIN e.a.; LEBLOND e.a.). De substantia spongiosa vertoonde een sterkere uitwisseling dan de substantia compacta. In het algemeen nam het eerstgenoemde weefsel sneller en meer mineralen op dan de substantia compacta. Dit verklaart ook het feit, dat het midden van de diafyse gewoonlijk minder mineralen opneemt dan de uiteinden, wat, behalve door de hierboven genoemde onderzoekers, ook werd vastgesteld door HESS e.a. (1931) en MANLY e.a. (1939) bij groeiende dieren. In hoeverre dit verschil wordt veroorzaakt door appositie dan wel door uitwisseling is niet geheel duidelijk.

### 3. DE STRUCTUUR VAN DE SUBSTANTIA COMPACTA BIJ HET VOLWASSEN DIER

De *buitenste generaallamellen* hadden bij de metacarpus van het rund hetzelfde aanzien als bij die van het 4 jaar oude dier. Tussen de lamellen kwamen onderbrekingskitlijnen voor. Ook bij een koe van 16 jaar waren de lamellen nog aanwezig (VIGNOLO LUTATI). Bij een paard van 11 jaar oud was dit laatste eveneens het geval volgens GODINA (1944), doch op een afbeelding, die wij in de publikatie van deze schrijver aantreffen, bleken de lamellen bij de metacarpus van een 30 jaar oude merrie te ontbreken.

Van de *hoofdmasse van de substantia compacta* staan ook hier geen andere beschrijvingen ten dienste dan die van doorsneden van het midden van de diafyse, waarin alleen periostaal weefsel voorkomt.

VIGNOLO LUTATI onderscheidde een buitenste laag, waarin het primaire weefsel overheerste en een binnenste laag, waarin nauwelijks andere elementen dan secundaire osteonen voorkwamen. Op 4-jarige leeftijd waren volgens zijn onderzoek in de periostale zone, die op de buitenste generaallamellen volgt, nog slechts zeer weinig secundaire osteonen aanwezig. Het grof gebundelde middenlaagje was dunner dan in de laminae van jongere dieren. De weinig talrijke secundaire osteonen lagen verspreid en waren voornamelijk opgebouwd uit lamellen, waarvan de fibrillen in de lengte van het bot gericht waren. De dwarse doorsneden van de osteonen waren tamelijk onregelmatig van vorm.

Meer naar de mergholte bevond zich de zone, die bijna uitsluitend uit secundaire osteonen bestond. Soms waren hier en daar nog fragmenten van primaire structurelementen te herkennen.

Bij de metacarpen van de runderen van 10, 12 en 16 jaar was het aantal osteonen in de buitenste zone periostaal weefsel toegenomen evenals de dikte van de geheel uit secundair materiaal bestaande laag. Op een leeftijd van 10 en 12 jaar

verschenen volgens VIGNOLO LUTATI ook secundaire osteonen in de meest perifere delen van de schacht. Naarmate de leeftijd van de dieren steeg, nam de diameter van de nieuw gevormde osteonen af. De vorm bleef op dwarse doorsnede vrij regelmatig rond. Het primaire weefsel bevatte bij de koe van 16 jaar volgens VIGNOLO LUTATI geen grof gebundelde middenlaag meer.

Naarmate de verbouwing voortschreed, werd de structuur gecompliceerder, omdat reeds gevormde osteonen soms gedeeltelijk werden afgebroken, waardoor bij de oudere dieren ook fragmenten van secundaire osteonen werden aangetroffen. Geleidelijk nam ook het aantal lamellen, waarvan de fibrillen een tangentieel verloop hadden ten opzichte van het osteon, toe.

Bij de metacarpus van het paard stemden de verbouwingsprocessen in beginsel overeen met die bij het rund (GODINA). De verbouwingsprocessen bij de mens werden zeer uitvoerig beschreven door AMPRINO en BAIRATI (1936). De verbouwing was hier veel intensiever en het secundaire materiaal had reeds voor de volwassen leeftijd al het primaire weefsel vervangen (HEULER 1928).

Op zeer hoge leeftijd traden bij het paard (GODINA) en bij de mens (AMPRINO en BAIRATI) structuurveranderingen in de beenderen op, die bij het rund niet zijn beschreven. De resorptieprocessen namen namelijk toe, waardoor de substantia compacta in extreme gevallen een spongieus karakter kreeg. De mergholte werd door resorptie groter. Deze verschijnselen worden aangeduid als seniele osteoporose. Bij de mens zowel als bij het paard trad deze osteoporose het sterkst op bij vrouwelijke individuen.

De *binnenste generaallamellen*, waarin onderbrekingskitlijnen voorkwamen, veranderden na de leeftijd van 4 jaar aanvankelijk weinig. Op een leeftijd van 10-12 jaar waren zij in de metacarpus van het rund gedeeltelijk geresorbeerd en op andere plaatsen vervangen door secundaire osteonen. Bij de koe van 16 jaar waren zij wel langs de gehele mergholte aanwezig, doch de dikte was slechts gering. Ook bij het volwassen paard vond GODINA typische generaallamellen langs de mergholte. Blijkens afbeeldingen waren zij echter bij een merrie van 30 jaar niet meer aanwezig.

Daar wij in het bovenstaande in hoofdzaak gebruik moesten maken van beschrijvingen van de substantia compacta van metacarpen, is het interessant in dit verband het onderzoek van BOGDASCHEW (1930 en 1934) te noemen, die zich bezig hield met de vergelijking van de structuur van de metatarsus en de metacarpus. In de metatarsus komen bij hetzelfde dier meer secundaire osteonen voor dan in de metacarpus en deze liggen in de metatarsus dichter opeen. De lumina van de osteonen zijn in de metatarsus nauwer.

Hoewel wij thans enigszins op de hoogte zijn van de processen, die zich afspelen in het midden van de diafyse van de metatarsus, is dit niet het geval voor de andere gebieden in dit beenstuk. Door experimenten met radioactieve mineralen kan men hier een indruk van krijgen.

ARMSTRONG en BARNUM (1948) dienden radioactief calcium en fosfor toe aan een volwassen rat. In de diafyse van het femur werd hierbij iets minder van de radioactieve mineralen vastgelegd dan in de uiteinden. Bij volwassen konijnen was de opname in de uiteinden van de diafyse twee maal zo groot als in het midden (LACROIX 1952 en LONTIE 1953). Ook resorptie van beenweefsel vond voor het grootste deel plaats in de uiteinden van pijpbeenderen en wel ten koste van het spongieuze weefsel (BAUER e.a. 1929; ELLINGER e.a. 1952).

Uit verschillende proeven kwam vast te staan, dat de metatarsus vergeleken met andere delen van het skelet, betrekkelijk weinig radioactief materiaal opnam.

(BLACK e.a. 1953; HANSARD e.a. 1952). Niettemin blijkt uit het bovenstaande, dat ook dit beenstuk meedoet aan een voortdurende resorptie en appositie van beenweefsel, waarbij beenmineralen vrijkomen en weer worden vastgelegd. Dit geschiedt echter in mindere mate dan bij de meeste andere beenderen. De rol, die de uiteinden van de metatarsus hierbij spelen, dus waarschijnlijk de rol van de substantia spongiosa, is hierbij groter dan die van het midden, waar alleen substantia compacta voorkomt.

Tenslotte wijzen wij nog op de individuele verschillen, die er tussen dieren van gelijke leeftijd bestaan ten aanzien van de intensiteit van de verbouwingsverschijnselen (AMPRINO 1948; AMPRINO en BAIRATI 1936).

#### HOOFDSTUK IV

### EEN ONDERZOEK AANGAANDE DE BOUW EN DE ONTWIKKELING VAN DE SUBSTANTIA COMPACTA VAN DE RUNDERMETATARSUS

De bouw en de ontwikkeling van de substantia compacta van de rundermetatarsus werden bestudeerd aan 15 metatarsen van runderen van verschillende leeftijd. Hiervoor werden deze beenderen in 20 even dikke schijven gezaagd en van elke schijf werd een coupe gemaakt met het vriesmicrotoom.

#### 1. MATERIAAL EN TECHNIEK

*a. Het verzamelen van het materiaal.* Het materiaal, dat voor dit onderzoek bestemd was, werd verzameld op slachthuizen. De metatarsen no 8, 10, 13, 14, 18, 19, 20, 22, 24 en 26 zijn afkomstig van de slachthuizen te Sneek en te Warga. De beenstukken werden direct bij het slachten van de betreffende dieren door de slachter van een label voorzien, waarop de naam van het dier en de naam en het adres van de boer, die het dier het laatst in bezit had, vermeld waren. Het betreft hier runderen, die positief reageerden op tuberculatie en daarom door de Gezondheidsdienst voor Vee in Friesland waren overgenomen. Daar het ook voor de sectie, die door de Gezondheidsdienst werd verricht, nodig was, dat de identiteit van de dieren vast stond, werd aan de identificatie de nodige aandacht geschonken.

De metatarsen 1, 2, 3, 5 en 28 waren reeds op het laboratorium aanwezig. Ze werden door studenten op verschillende slachthuizen verzameld. De beenderen werden door henzelf ter plaatse van een merkteken voorzien.

*b. Het verzamelen van de gegevens.* Voor de metatarsen 1 en 28 moesten wij gebruik maken van de gegevens, die hieromtrent door anderen reeds vroeger waren verzameld. Over het overige materiaal werden wij ingelicht via vragenlijsten, die door de veehouders werden ingevuld. Deze lijsten hadden wij als volgt samengesteld:

1. Tot welk veeslag behoorde het dier (M. R. IJ., zwartbont, blaar)?
2. Was het dier bij het stamboek of bij een fok- of controlevereniging ingeschreven? Zo ja, bij welke vereniging en onder welk nummer?

3. Werd het dier door U zelf gefokt?  
 Zo ja, wanneer werd het geboren?  
 Wanneer heeft het voor de eerste maal gekalfd?  
 Hoeveel kalveren heeft het in totaal gebracht?  
 Hoe vaak heeft het een kalf verworpen?
4. Indien U het dier niet zelf hebt gefokt;  
 Wie was de vorige eigenaar (naam en adres)?  
 Wanneer kocht U het dier?  
 Hoe oud was (schat U) het dier toen U het kocht?  
 Hoe vaak had het toen al gekalfd?  
 Hoeveel kalveren heeft het bij U nog gebracht?
5. Hoeveel melk gaf het dier iedere lactatieperiode (melklijsten)?
6. Hoe lang heeft het voor de laatste worp droog gestaan?
7. Wanneer is het laatste kalf geboren?
8. Hoe lang duurde de daarbij aansluitende lactatieperiode en hoeveel melk gaf het dier in deze periode (ook als de lijst niet afgesloten is)?
9. Indien het dier niet gust is, wanneer zou het dan de volgende keer gekalfd hebben?
10. Uit welke grondsoort bestaat Uw weiland? Hoe is het gesteld met de pH en de fosfaattoestand?
11. Wat en hoeveel hebt U het dier het laatste jaar gevoerd?
12. Waarom hebt U het dier thans van de hand gedaan?  
 In geval van noodslachting, wat was de reden daarvoor?  
 Als het dier voor de noodslachting ziek was, welke ziekte had het en hoe lang duurde die?  
 Indien het dier bij tuberculatie reageerde, wanneer was de reactie voor het eerst positief?
13. Heeft het dier ziekten doorgemaakt?  
 Zo ja, welke en wanneer?
14. Zijn er nog andere bijzonderheden over het dier te geven?
15. Hebt U op Uw bedrijf met ziekten bij het rundvee te kampen?  
 Zo ja, met welke?

Indien uit de 4e vraag bleek, dat de eigenaar het dier slechts korte tijd in bezit had, werd nog een vragenlijst aan de vorige eigenaar toegezonden.

Bij de Gezondheidsdienst voor Vee in Friesland werden de sectierapporten gecopieerd van de dieren, die in Sneek en Warga voor deze dienst waren geslacht.

Voor zover de produktie van de dieren gecontroleerd was, werden de produktiegegevens opgevraagd bij de melkcontroleverenigingen. Deze gegevens werden later nog aangevuld en gecontroleerd bij het Friesch Rundvee Stamboek en bij de Provinciale Melkcontrole Dienst in Friesland.

*c. Beschrijving van het materiaal.* Uit het omvangrijke materiaal, dat op de beschreven wijze verzameld was, werden 15 metatarsen van zo goed mogelijk vergelijkbare dieren genomen. Voor de bijzonderheden betreffende de dieren, waarvan deze beenderen afkomstig waren, verwijzen wij naar tabel 1.

Aangezien de veranderingen in de beenstructuur op jeugdige leeftijd het grootst zijn, werd in verhouding veel materiaal van jonge dieren uitgezocht. Omdat de jongste dieren uiteraard geen melk produceerden, werden voor de oudere dieren



beenderen van droogstaande koeien genomen. Alleen nummer 28 is van een melkgevende koe afkomstig, omdat geen metatarsus van een droogstaand dier van 15 jaar voorhanden was. Nummer 5 betreft een metatarsus van een stierkalf, omdat wij er niet in konden slagen een bot van een vrouwelijk dier van deze leeftijd te bemachtigen. Nummer 3 en 28 zijn van koeien van het M. R. IJ. veeslag; voor het overige is het materiaal afkomstig van dieren van het Fries-Hollandse veeslag.

Over de voeding der dieren en de chemische vruchtbaarheidstoestand van het grasland waren de gegevens dusdanig schaars en onnauwkeurig, dat deze niet in de tabel werden opgenomen.

Het aantal malen, dat de verschillende dieren gekalfd hadden, was normaal en wijst op een goede vruchtbaarheid. Behalve koe nummer 28 hadden alle oudere dieren op de slachtdatum een volledige lactatieperiode achter de rug, waarna ze alle enige tijd droog hadden gestaan. Al deze dieren waren opnieuw drachtig en hadden binnen twee maanden weer moeten kalven toen ze geslacht werden, met uitzondering van nummer 28. Omtrent de melkproduktie was slechts bij vier koeien iets bekend. De runderen werden op verschillende tijden van het jaar geslacht en zij waren van verschillende grondsoorten afkomstig.

Alle dieren waren van de geboorte af of langer dan een jaar bij de laatste eigenaar geweest, zodat deze, die de vragenlijst invulde, in het algemeen goed op de hoogte was van hun bijzonderheden.

De meeste dieren waren geslacht, omdat zij positief reageerden op tuberculatie, zoals uit de betreffende kolom van tabel 1 blijkt. Slechts in het lichaam van de nummers 14 en 18 werden bij de sectie tuberculeuze processen aangetroffen. Het waren enige kleine verkaasde haardjes.

*d. Het bewaren en bewerken van het materiaal.* Nadat de metatarsen naar het laboratorium waren opgezonden, werden ze van het grootste deel van de aanhangende weefsels ontdaan. Aan het proximale en het distale uiteinde werd een gat geboord tot in de mergholte, waardoor het vet hieruit kon weglopen. Een metalen plaatje met een nummer, dat overeen kwam met het nummer op de lijst met gegevens van het betreffende dier, werd aan het beenstuk bevestigd. Zonder verdere bewerking werden de botten nu opgeslagen op rekken van gaas, die waren geplaatst op een droge zolderruimte. In de loop der maanden droogden de botten geleidelijk enigszins op.

Voor de verdere bewerking werden de metatarsen eerst in frontale richting in de lengte doormidden gezaagd. Een sagittale snede zou het tussenschot hebben beschadigd. De mergholte werd vervolgens van vet ontdaan, waarna de botten gedurende 6 tot 8 uur in water werden gekookt om het laatste vet en de pezige delen zo goed mogelijk te verwijderen.

Aan het proximale uiteinde werd nu juist zoveel materiaal afgezaagd, als nodig was, om een vlak te krijgen, loodrecht op de lange as van het beenstuk. Aan het distale uiteinde werd een dergelijk vlak verkregen door een zaagsnede juist boven het meest proximale punt van de epifysairlijn. De overblijvende diafyse werd in 20 even dikke dwarse schijven gezaagd, die van het proximale naar het distale eind werden genummerd van 1 tot 20. Van de verkregen schijven werden het proximale en het distale vlak gemerkt; de voor- en de achterkant waren gemakkelijk zonder meer te herkennen.

De beenschijven werden nu gefixeerd in formol 1 : 4. De duur van de fixatie werd op ten minste 1 week gesteld. De fixatie bleek noodzakelijk te zijn. Bleef

TABEL 1. Gegevens omtrent de dieren waarvan metatarsen werden onderzocht / Data of the examined animals

Number	Leeftijd Age	Aantal malen gekalfd Number of parturitions	Laatste kalfdatum tot slachtdatum Last date of calving until slaughter date	Slachtdatum tot volgende kalfdatum Slaughter date until next date of calving	Droogstand vóór slachtdatum Dry period before slaughter date	Melkproductie in de voortgaande lactatie- periode in kg Milkproduction in the preceding lactation in kg	Slachtdatum Slaughter date	Grondsoort bedrijf laatste eigenaar <sup>1)</sup> Kind of soil of last owner's farm	Reactie op tubercu- linatie Reaction on tubercu- lination	Opmerkingen Remarks
1	1 dag	0					5-'51	Z		
2	1 mnd	0					8- 2-'54	K-V		
3	2 mnd	0					31- 3-'54	V		
5	3½ mnd	0					20- 4-'54	K-V		
8	8½ mnd	0					10-12-'51	K		
10	11 mnd	0					3- 3-'52	K		
13	20 mnd	0					25- 8-'51	V		
14	3 jaar	1	11 mnd	1 mnd	3 dg	2879 in 329 dg	9-12-'52	Z		
18	4 jaar	2	11 mnd	1 mnd	1 mnd	3471 in 313 dg	20- 2-'52	K		
19	5 jaar	3	11 mnd	1 mnd	1 mnd		19-12-'51	K		
20	6 jaar	4	11 mnd	1 mnd	1 mnd		19-12-'51	K		
22	8 jaar	6	11 mnd	1 mnd	1 mnd	4806 in 292 dg	28- 1-'52	Z-V		
24	10 jaar	8	12 mnd	1 mnd	1½ mnd	5495 in 324 dg	5- 3-'52	K		
26	12 jaar	10	8 mnd	2 mnd	0		24- 3-'52	Z		
28	15 jaar	12		4 mnd			8-11-'50	Z		

<sup>1</sup> Z = Zand, K = Klei, V = Veen.

M.R.Y.  
Stier, mestkalf

Wellicht drachtig.  
Leverbotziekte in '50-'51  
Ingewandziekte

Kalfziekte 3-'51

M.R.Y. Als 2-jarig  
lichte M.K.Z.

deze achterwege, dan vielen de coupes, die later van de schijven werden vervaardigd, soms gedeeltelijk uiteen. Na de fixatie werden de schijven gedurende 24 uur in stromend water uitgespoeld.

De hierop volgende ontkalking van de schijven geschiedde in een 6% salpeterzuuroplossing. Deze ontkalkingsvloeistof werd door ons boven andere geprefereerd om haar snelle werking en de goede resultaten, die er mee werden verkregen. De snelheid van de ontkalking was bij dit onderzoek van groot belang, omdat wij te doen hadden met grote hoeveelheden materiaal van vrij grote dikte. De ontkalkingsvloeistof werd iedere dag ververscht. De duur van de ontkalking bedroeg gemiddeld ongeveer 7 dagen en was vooral afhankelijk van de dikte van de schijven. Het einde van de ontkalking werd vastgesteld door op de dikste plaats met een dunne naald in de schijf te prikken. De hierdoor ontstane artefacten waren later in de preparaten gemakkelijk als zodanig te herkennen. Na de ontkalking werd het salpeterzuur gedurende 48 uur in stromend water uitgespoeld, waarna de ontkalkte schijven in formol 1 : 4 werden bewaard.

De hierboven beschreven methode is eenvoudiger dan de gebruikelijke, doch de behaalde resultaten waren ruimschoots voldoende voor ons onderzoek. Zelfs bleek het uitspoelen van de formol zonder enig bezwaar achterwege te kunnen blijven, waarvan later dan ook gebruik werd gemaakt.

Van de bovenkant van de aldus voorbereide beenschijven werden met behulp van een vriesmicrotoom coupes gemaakt van 30 micron dik. Uiteraard was het uit een oogpunt van arbeidsbesparing aantrekkelijk, zo groot mogelijke coupes te vervaardigen. Na enig oefenen gelukte het een volledige doorsnede van het bot in 2 gelijkmatig dikke coupes te vervaardigen. Slechts bij de uiteinden van de diafyse was het nodig de schijven in meer dan 2 stukken te verdelen, om een volledige doorsnede te kunnen maken.

Voor het snijden van de coupes werd gebruik gemaakt van een mes, fabriek JUNG, met hardheid 2, waaraan snijfacetten met een hoek van 24 graden werden geslepen. Bij een kleinere hoek brokkelde het mes af en moest het te dikwijls geslepen worden. Het slijpen van het mes geschiedde op een glazen plaat met behulp van diamantine en saffarine als slijppoeders. Op deze wijze ontstond een snede, die zich onder de microscoop bij een vergroting van 100 maal nog als een nagenoeg rechte lijn voordeed.

Aanvankelijk werd het te snijden object met water op de tafel van het vriesmicrotoom vastgevroren, doch later werd hiervoor gebruik gemaakt van een 6% gelatineoplossing, zulks op aanraden van het Histologisch Laboratorium van de Gemeentelijke Universiteit te AMSTERDAM. Het voordeel van deze werkwijze is, dat de bevroren gelatineoplossing minder hard is dan gewoon ijs, waardoor de slijtage van het mes wordt beperkt. De coupes werden ingesloten in formol 1 : 4 en omrand met Venetiaanse terpentijn. De aldus vervaardigde doorsneden waren naar de overeenkomstige schijven genummerd van 1 tot 20.

Het fotograferen van de coupes geschiedde met behulp van een kleinbeeldcamera op een fijnkorrelige film van 10/10 din. De opnamen werden bij doorvallend licht en op ware grootte gemaakt. Van de negatieven werden vergrotingen vervaardigd van 6,5 maal lineair. Alleen de doorsneden van de metatarsen 8 en 13 werden door toevallige omstandigheden ruim 7 maal vergroot. De vergrotingen werden zodanig aan elkaar geplakt, dat telkens complete doorsneden van de metatarsen ontstonden.

Wij kregen dus op deze wijze de beschikking over 15 maal 20 afbeeldingen, die de metatarsus van het rund in dwarse doorsnede toonden op verschillende leef-

tijden, namelijk van nuchter kalf tot 15 jaar oude koe. Deze vergrotingen hadden het voordeel, dat ze zeer gemakkelijk onderling vergeleken konden worden. Het bestuderen ervan kon in vele opzichten gemakkelijker geschieden dan van de preparaten onder de microscoop en de houdbaarheid overtreft die van de preparaten.

*e. De waarnemingen.* Zoals reeds werd gezegd, werden de metatarsen, voordat ze in dwarse schijven werden gezaagd, in frontale richting in de lengte doorsneden gezaagd. Aan deze doorsneden werd een aantal *macroscopische waarnemingen* verricht. Met behulp hiervan en van enige metingen onder de microscoop werden de lengtedoorsneden van alle bij het onderzoek betrokken metatarsen getekend (fig. 2 en fig. 4).

De waarnemingen aan deze doorsneden hadden betrekking op de volgende punten:

1. De lengte van het beenstuk tussen de eerder genoemde zaagsneden.
2. De diameter van het proximale en het distale grensvlak.
3. De kleinste diameter van de schacht.
4. De grootste dikte van de substantia compacta mediaal en lateraal.
5. Van de substantia spongiosa aan het proximale en het distale uiteinde: de grootste en de kleinste hoogte van de substantia spongiosa zowel in de laterale als in de mediale helft, benevens de lengte van het tussenschot tussen deze helften, alles gerekend van de eerder genoemde proximale en distale grensvlakken af. Bij een tussenschot, dat van het ene naar het andere uiteinde doorliep, werd voor beide uiteinden de helft van de totale lengte vermeld.

De uitkomsten van deze metingen werden onderling en met de microscopische gegevens vergeleken. Hierbij werden geen belangwekkende correlaties gevonden, die niet reeds in fig. 2 en 4 tot uiting komen, zodat wij van de vermelding van de waarnemingsuitkomsten hebben afgezien.

*Het aantal resorptieholten* in de doorsneden werd geteld. Daar voor ons onderzoek slechts de resorptieholten in de substantia compacta van belang waren, stuiten wij op moeilijkheden in die gevallen, waar behalve substantia compacta ook substantia spongiosa in de doorsneden werd aangetroffen. In deze gevallen was het onmogelijk een scherpe grens tussen beide weefseltypen te trekken. Om deze reden besloten wij slechts de doorsneden in beschouwing te nemen, die alleen uit substantia compacta bestonden.

Bij de metatarsen van de vier jongste dieren werd een gering aantal resorptieholten langs de mergholte aangetroffen. Deze holten vormden voor het merendeel de inleiding tot de volledige resorptie van het weefsel, waarin ze werden gevormd, ten behoeve van de uitbreiding van de mergholte. Omdat het dus geen verbouwingsverschijnselen betrof, zoals deze op oudere leeftijd werden aangetroffen en omdat bovendien de substantia compacta, waarin zij zich bevonden, dikwijls overging in een substantia spongiosa, werden de resorptieholten bij deze jonge dieren van 0 tot 13 maanden niet geteld.

Grootte en vorm van de resorptieholten varieerden ook bij de oudere dieren vrij sterk. Het aantal holten met een diameter van minder dan 0,5 mm en meer dan 2 mm op de foto's was doorgaans gering. Deze holten hadden in werkelijkheid een diameter van minder dan  $\pm 0,08$  mm en meer dan  $\pm 0,3$  mm.

Het aantal resorptieholten werd bepaald als een maat voor de hoeveelheid mineralen, die op een gegeven moment aan de substantia compacta was ont-



trokken. Het geringe aantal holten met een diameter van minder dan 0,5 mm op de foto's vertegenwoordigde slechts een zeer gering deel van de totale hoeveelheid geresorbeerd beenweefsel. Bovendien waren deze kleine holten met de gebruikte hulpmiddelen moeilijk waar te nemen, waardoor de telling ervan niet wel mogelijk was. De holten met een diameter groter dan 2 mm waren meestal doorsneden van grote kanalen, die in het bot waren uitgespaard om plaats te bieden aan grote bloedvaten, en dus geen resorptieholten. De holten met een diameter tussen 0,5 en 2 mm waren voor het overgrote deel resorptieholten, die al of niet gedeeltelijk met lamellair weefsel waren opgevuld. Op grond van het bovenstaande werden alleen de holten met een diameter van 0,5 tot 2 mm op de foto's geteld.

Als diameter gold de grootste diameter van elke holte, omdat het werken met gemiddelde diameters bezwaarlijk was. Voor de telling werd gebruik gemaakt van een vergrootglas en een staafje, dat aan de uiteinden 0,5 en 2 mm breed was. In twijfelgevallen werd dit staafje op de te meten holte gelegd om de diameter te bepalen. Alle waarnemingen geschieden door twee personen onafhankelijk van elkaar. De gemiddelden van beide waarnemingen zijn vermeld in tabel 3.

Om na te kunnen gaan, hoe intensief de verbouwing op verschillende plaatsen van de metatarsus gedurende het gehele leven van de dieren geweest was, was het noodzakelijk de *hoeveelheid secundair materiaal* te bepalen, die in elk van de dwarse doorsneden aanwezig was. Het tellen van de secundaire osteonen was praktisch niet uitvoerbaar door het grote aantal van deze structurelementen; bovendien kwamen op oudere leeftijd ook fragmenten van osteonen voor.

Daarom werd door ons een schatting gemaakt van het percentage van de oppervlakte van de dwarse doorsneden, dat door secundair materiaal en resorptieholten tezamen werd ingenomen. Dit percentage noemden wij het *verbouwingspercentage*; het vormt een maat voor de resorptieprocessen, die gedurende het gehele leven tot de slachtdatum hebben plaats gevonden, met uitzondering van die, welke in de jeugd dicht langs de mergholte tot stand kwamen. Van deze laatste resorptieprocessen werden de sporen uitgewist doordat het weefsel waarin zij voorkwamen door de uitbreiding van de mergholte werd geresorbeerd.

Het schatten geschiedde wederom door twee personen onafhankelijk van elkaar, waarna de uitkomsten werden gemiddeld. In gevallen, waarbij de schattingen belangrijk uiteen liepen, hetgeen overigens niet dikwijls voorkwam, werd het percentage door een vergelijking met reeds goed bevonden uitkomsten opnieuw vastgesteld. Door voortdurende vergelijking van de foto's tijdens het schatten, zijn de aangegeven verschillen tussen de doorsneden voldoende betrouwbaar. In mindere mate was dit het geval voor de absolute hoogte van de percentages. Om deze reden werden de percentages boven 25 afgerond op een veelvoud van 5. Bij percentages lager dan 25 werd dit niet gedaan, omdat in dat geval duidelijk aanwezige verschillen tussen de doorsneden met lage percentages zouden verdwijnen.

De waarnemingen zijn weergegeven in tabel 4. Tevens is hier het gemiddelde percentage per bot vermeld. Bovendien is van de metatarsen 14 tot en met 28 het gemiddelde percentage over alle gelijk genummerde doorsneden aangegeven.

De *concentrische endostale apposities langs de mergholte* hadden, zoals in het volgende nog nader zal worden besproken, niet altijd het karakter van generaal-lamellen, zoals die in Hoofdstuk I werden beschreven. Soms was er sprake van een laminaire structuur, die met het periostale laminaire weefsel overeenkwam. De dikte van de laag endostale apposities was slechts duidelijk vast te stellen op

plaatsen, waar de substantia compacta niet door een substantia spongiosa werd begrensd. De doorsneden, waar dit wel het geval was, werden buiten beschouwing gelaten. Op plaatsen, waar de endostale apposities afgezet waren op de opgevulde spongiosa, bestond dikwijls een geleidelijke overgang tussen dit weefsel en de endostale apposities, die evenwijdig aan de binnenwand van de beenschacht waren afgezet. In deze gevallen werd de dikte van de laatstgenoemde laag zo goed mogelijk gemeten.

De dikte van de concentrische endostale apposities werd voor elke doorsnede gemeten op vier plaatsen langs de mergholte en wel links en rechts voor en links en rechts achter. Deze maten en de som van deze vier, uitgedrukt in mm, zijn opgenomen in tabel 2.

## 2. DE STRUCTUUR VAN DE SUBSTANTIA COMPACTA VAN DE METATARSUS VAN HET NUCHTERE KALF

Het onderzochte deel van de metatarsus van het nuchtere kalf is afgebeeld in fig. 2. Het beenstuk vertoonde de typische vorm van een pijpbeen. De schacht werd naar de uiteinden wijder, de wand dunner. Het tussenschot liep ononderbroken door de gehele mergholte, welke voor een belangrijk deel was opgevuld door substantia spongiosa. De substantia compacta bestond uit periostaal beenweefsel en uit twee gescheiden gebieden met opgevulde spongiosa.

*a. Het periostale beenweefsel.* Dit weefsel is op fig. 2 aangegeven. In doorsnede 1 en 2 was de kitlijn, die gewoonlijk de grens vormt tussen de opgevulde spongiosa en het periostale beenweefsel, slechts plaatselijk te vinden. In doorsnede 1 was compact periostaal weefsel langs de voorkant en de achterkant aanwezig; in doorsnede 2 strekte het zich langs het grootste deel van de omtrek uit. Van doorsnede 3 tot en met doorsnede 15 omsloot het de gehele beenschacht, in doorsnede 16 wigde het aan de omtrek uit. Van hier af nam het in distale richting een steeds kleiner deel van de omtrek aan de voor- en achterkant in beslag.

De *primaire Haversse ruimten* troffen wij op deze leeftijd in grote getale aan. In de *voorste helft* van de beenpijp waren de ruimten tussen de laminae nog nergens tot zulke kleine *afmetingen* teruggebracht als dit bij volwassen dieren het geval is. Langs de buitenomtrek waren de ruimten het grootst. In de richting van de mergholte werden ze kleiner. Bij doorsnede 4 tot en met 12 gold deze verkleining van de ruimten in de richting van de mergholte slechts tot ongeveer het midden van de beenschacht. Van hieraf werden de lumina weer groter. Tot doorsnede 5 waren vooral in het laterale gedeelte van de voorste helft grote *aantallen* wijde ruimten te vinden. Van doorsnede 6 af was de verdeling meer gelijkmatig langs de gehele omtrek van de voorste helft. Het aantal grote primaire Haversse ruimten verminderde enigszins in distale richting van doorsnede 13 af, maar bleef groot tot doorsnede 17. De *vorm* van de ruimten varieerde in de voorste helft van de beenpijp sterk. Tot doorsnede 8 overheersten de tangentieel gerichte ruimten. Bij de meer distaal gelegen doorsneden vonden wij daarnaast zeer veel ronde en radiair gerichte ruimten. In het algemeen waren de dichter bij de mergholte gelegen ruimten iets korter dan die aan de periferie.

In de *achterste helft* van de diafyse waren het *aantal* en de *grootte* van de primaire Haversse ruimten tot en met doorsnede 9 gering (Plaat II, fig. 4). Langs de omtrek lagen 1 tot 2 lagen met vrij kleine afmetingen. Langs de mergholte vonden wij eerst in doorsnede 7 een gering aantal ruimten. In tegenstelling tot die in

de voorste helft, waren de overige ruimten in deze doorsneden reeds praktisch tot hun definitieve grootte gereduceerd. Wij konden hier met recht al van een compact weefsel spreken. Van doorsnede 9 af breidde het aantal ruimten zich weer uit en werden ze groter. In doorsnede 10 vonden wij weer grote ruimten langs de omtrek en langs de mergholte, die naar het midden van de schacht kleiner werden. In de meer distaal gelegen doorsneden, waar het periostale weefsel aan de binnenkant werd begrensd door opgevulde substantia spongiosa, vonden wij alleen langs de omtrek grote ruimten, waarvan de grootte afnam in de richting van de mergholte. Een zeer diepe zone met grote primaire Haversse ruimten vonden wij vooral in doorsnede 10 tot en met 16. De diepte van deze zone nam naar de zijkanten af (Plaat III, fig. 5). De vorm van de ruimten was in de achterste helft bijna uitsluitend langgerekt en ze lagen voor het overgrote deel tangentiëel gericht. Ook hier waren de meer naar de mergholte gelegen ruimten korter dan die aan de periferie (Plaat III, fig. 5).

Als wij aannemen, dat de aanwezigheid van een dikke laag grote primaire Haversse ruimten een teken is van sterke appositie, blijkt uit het bovenstaande, dat de appositie vooral plaats vond aan de voorkant van doorsnede 6 tot en met 15 en in nog sterkere mate aan de achterkant in doorsnede 10 tot en met 16. Aan de zijkanten was de diktegroei het geringst.

Het *primaire periostale beenweefsel*, op dwarse doorsneden gezien, bestond vooral uit laminae, waarvan de tangentiële afmeting belangrijk groter was dan de radiaire. Op de buitenste laminae was aan weerszijden van de grof gebundelde middenlaag een even dikke strook beenweefsel afgezet. In dit weefsel konden wij in gewoon licht, in gepolariseerd licht en met behulp van een fasencontrastmicroscop geen lamellaire structuur onderscheiden. In gepolariseerd licht was op dwarse doorsneden de grof gebundelde vezellaag in het midden met de daarvan uitgaande vezels van SHARPEY helder, het omringende weefsel donker. Iets verder van de buitenomtrek van het bot af waren op de genoemde balkjes soms ook duidelijk lamellen afgezet, die in gepolariseerd licht gedeeltelijk helder en gedeeltelijk donker waren. De primaire Haversse ruimten, steeds kleiner geworden door het voortdurend dikker worden van de beenlagen, waren tenslotte geleidelijk verder opgevuld met lamellen, die concentrisch gerangschikt waren om één of meer bloedvaten (Plaat III, fig. 6). Aanvankelijk was dus niet-lamellair beenweefsel afgezet aan weerszijden van een grof gebundeld beenvezellaagje, vervolgens waren de ruimten tussen deze beenlagen opgevuld met lamellair beenweefsel, dat concentrisch was gerangschikt. Vooral de lamellen, die het laatst waren afgezet, lichtten op dwarse doorsneden in gepolariseerd licht op.

Hoewel de bouw van het primaire periostale beenweefsel in alle delen van het beenstuk volgens het genoemde schema tot stand kwam, varieerde het aandeel van het weefsel aan weerskanten van het grof gebundelde vezellaagje in het midden en van het lamellaire weefsel. In sommige gevallen was het lamellaire weefsel slechts door een zeer dunne laag niet lamellair weefsel van de middenlaag gescheiden. Bij alle laminae was de middenlaag duidelijk waar te nemen en de dikte hiervan nam niet af naarmate het weefsel ouder werd, zoals blijkt hoofdstuk III door anderen is beweerd. Ook de vezels van SHARPEY waren steeds goed te zien, vooral in gepolariseerd licht. Zij bevonden zich meest in het niet lamellaire weefsel aan weerskanten van de middenlaag en drongen soms in het lamellaire weefsel door.

Op lengtedoorsneden, was de grote massa van de laminae, zowel op radiaire als tangentiële doorsneden in gepolariseerd licht helder. Dit was in overeenstem-



FIG. 3. Dwarse doorsnede van de compacta aan een pijpbeen van een twee-jarig rund (kanalen gevuld met O. Indische inkt; montage in canadabalsum). Vergr. 20 × (BROUWER). De vaatnetten tussen de doorzichtige laminae zijn als zwarte lijnen zichtbaar. De radiaire verbindingskanalen tekenen zich fraai af. Sommige treden door een groot aantal op elkaar volgende laminae heen; andere zijn nauwer en doorboren slechts één of weinige laminae.

FIG. 3. Cross section of the compacta in a long bone of a two year old cow (canals filled with Indian ink; mounted in Canada Balsam. Magnif. 20 × (BROUWER).

The vascular nets between the transparent laminae are visible as black lines. The radial junction canals are clearly visible. Some penetrate a large number of consecutive laminae; others are narrower and penetrate only one or a few laminae.

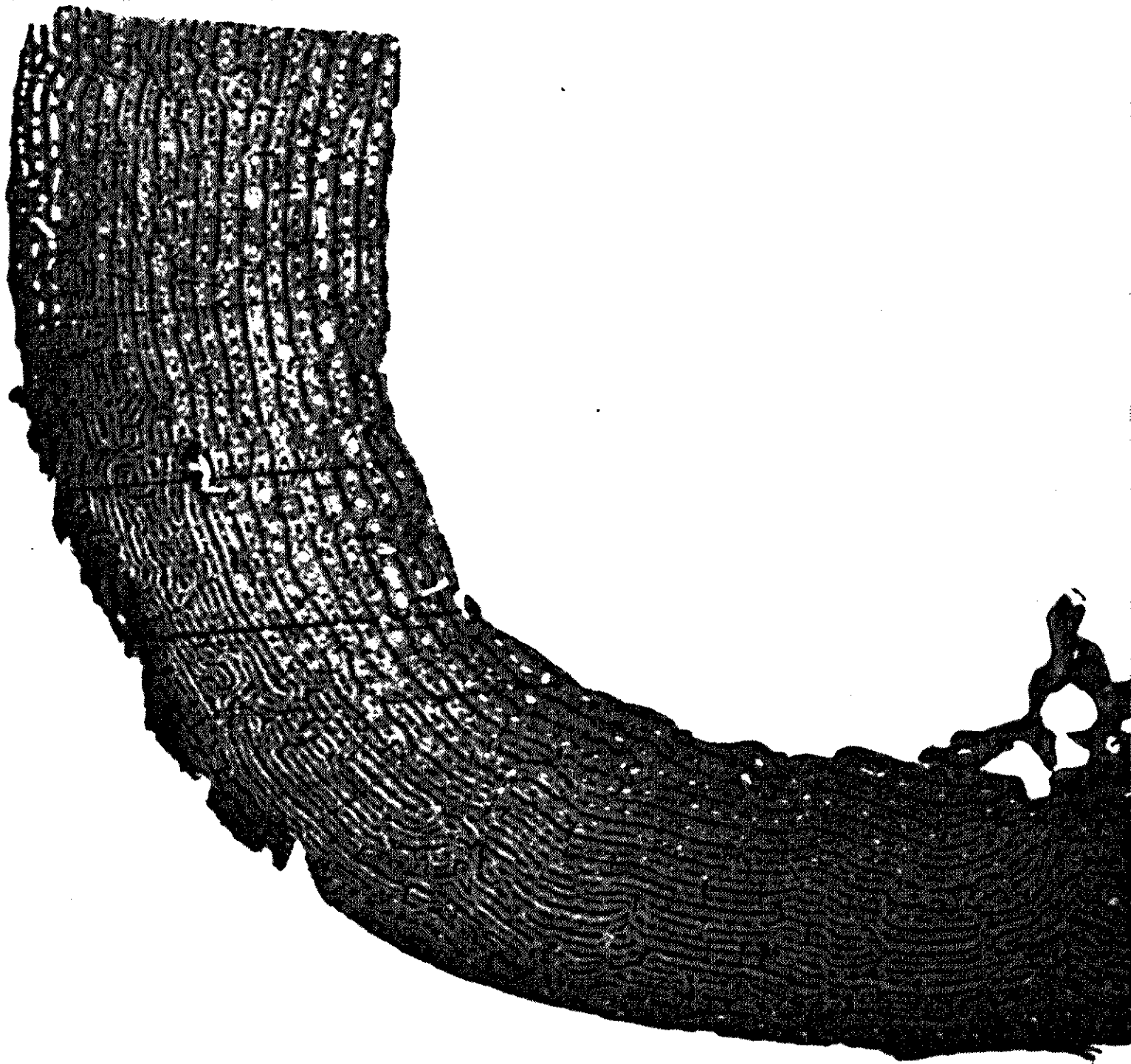


FIG. 4. Dwarse doorsnede van de metatarsus van een nuchter kalf. Vergr. 7 ×. Doorsnede 9. Mediale deel van de achterste helft.

Uitsluitend periostaal laminair weefsel met fraaie „in toto concentrische” rangschikking. Primaire Haversse ruimten met verschillende vorm en richting.

FIG. 4. Cross section of the metatarsus of a new born calf. Magnif. 7 ×. Cross section nine. Medial part of the posterior half. Exclusively periosteal laminar tissue with nice „in toto concentric” arrangement. Primary Haversian spaces in several forms and directions.



PLAAT III

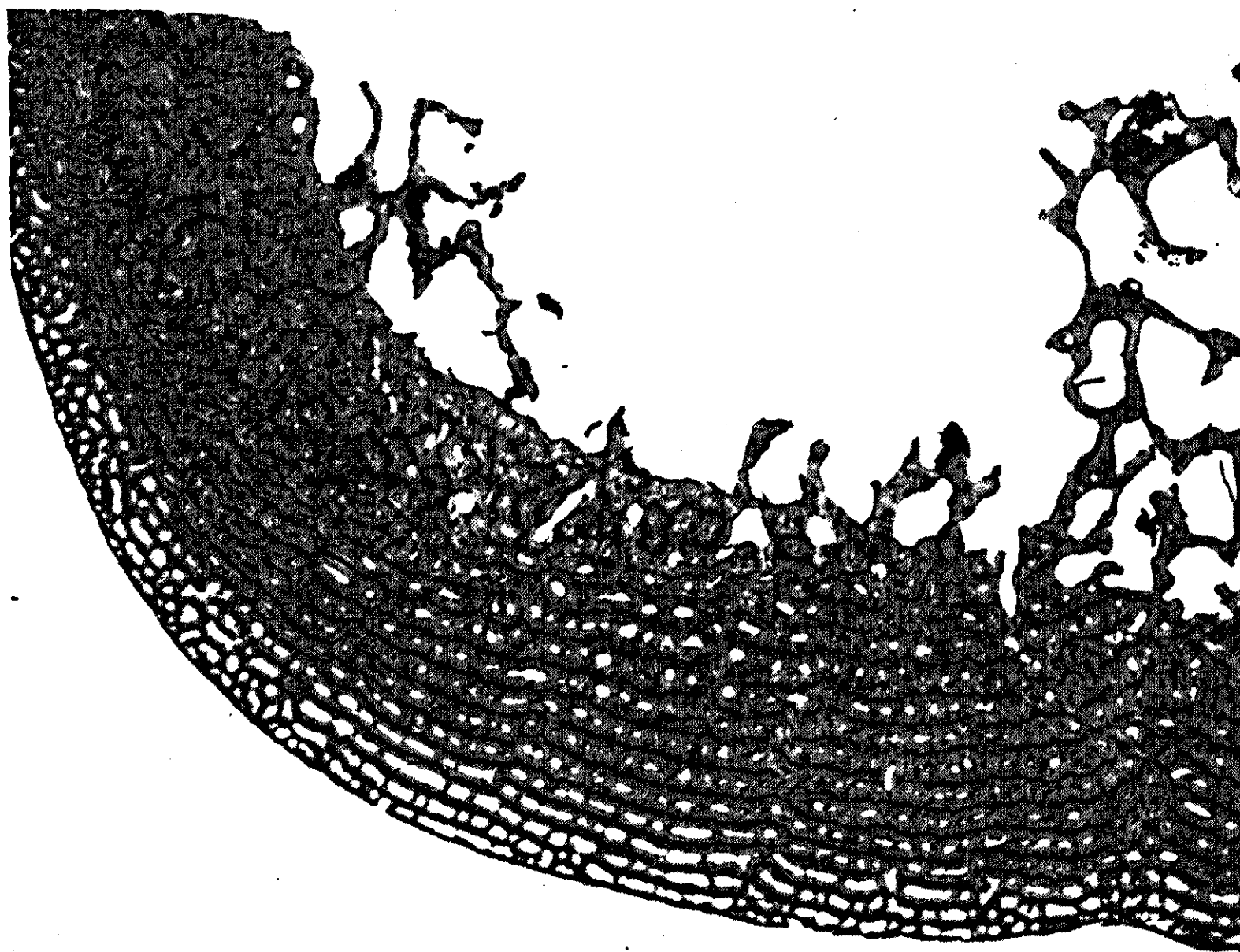


FIG. 5. Dwarse doorsnede van de metatarsus van een nuchter kalf. Vergr.  $7\times$ . Doorsnede 15. Mediale deel van de achterste helft. „In toto concentrisch” gerangschikt periostaal weefsel met dikke laag primaire Haversse ruimten. Daarbinnen opgevulde substantia spongiosa, overgaande in gewone substantia spongiosa.

FIG. 5. Cross section of the metatarsus of a new born calf. Magnif.  $7\times$ . Cross section 15. Medial part of the posterior half. “In toto concentrically” arranged periosteal tissue with a thick layer of primary Haversian spaces. Within filled-up substantia spongiosa, changing into ordinary substantia spongiosa.

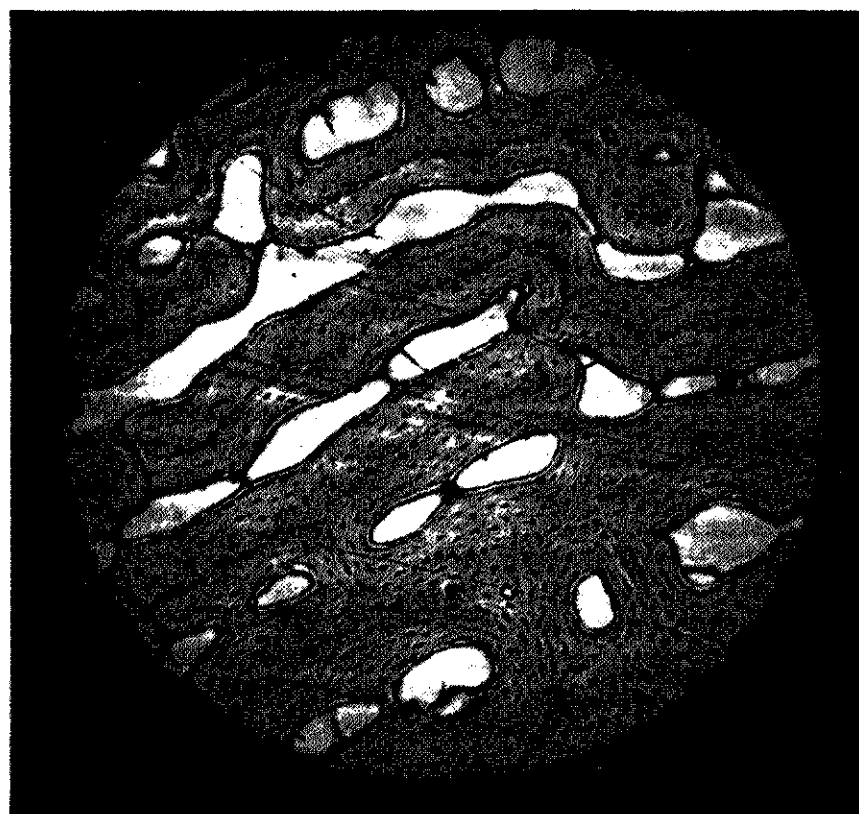


FIG. 6. Dwarse doorsnede van de metatarsus van een nuchter kalf. Vergr.  $40\times$ . Doorsnede 14. Bij de laminae in het midden van de figuur is het beenweefsel op de beenlagen afgezet; meer naar onderen in de figuur zijn primaire Haversse ruimten te zien, die reeds verder zijn opgevuld met concentrische lamellensystemen.

FIG. 6. Cross section of the metatarsus of a new born calf. Magnif.  $40\times$ . Cross section 14. In the laminae in the centre of the figure the bone tissue has been deposited on the bone layers; lower in the figure are primary Haversian spaces, which have already been filled up with concentric lamellar systems.

ming met het beeld op dwarse doorsneden, waar de hoofdmassa in gepolariseerd licht donker was. Het wijst er op, dat de fibrillen voornamelijk evenwijdig aan de beenas verliepen. In de meeste gevallen hadden alleen de fibrillen van de middenlaag en van enkele lamellen langs de vaatlagen een tangentieel verloop.

De rangschikking van de laminae was op de dwarse doorsneden overwegend tangentieel. Vooral in de achterste helft van de doorsneden vonden wij systemen, die een grote lengte in deze richting hadden, zodat hun radiaire afmeting dikwijls meer dan 10 maal werd overtroffen (Plaat III, fig. 5). In de voorste helft waren de laminae korter en waren zij hier en daar radiaal gericht. Ook ronde systemen kwamen hier voor. Deze waren dan dikwijls op tangentiële rijen gerangschikt. Soms was er niet meer van een duidelijke oriëntatie van de systemen sprake. Vooral in de laterale helft van de voorkant was dit het geval.

Behalve de kanalen, die door lamellensystemen waren omgeven en die op tangentiële doorsneden als netten tussen de laminae bleken te liggen, vonden wij de radiaal gerichte kanalen, die meestal niet door lamellensystemen werden begeleid. Deze Volkmannse kanalen verbonden de eerder genoemde Haversse kanalen onderling. De gevallen, waarin ook deze kanalen door lamellensystemen waren ingesloten, vormden geen uitzondering.

*b. De opgevulde spongiosa.* Deze troffen wij bij het proximale uiteinde aan in doorsnede 1 tot en met 5. In doorsnede 1 en 2 vormde zij een deel van de buitenomtrek, verder naar beneden werd zij door periostaal weefsel bedekt. In doorsnede 5 omgaf zij nog slechts een deel van de achterste helft van de mergholte. In doorsnede 6 tot en met 12 kwam de opgevulde spongiosa niet voor. In doorsnede 13 omgaf zij het voorste deel van de mergholte geheel en de zijkanten gedeeltelijk. Van doorsnede 16 tot en met doorsnede 20 werd de mergholte geheel door opgevulde substantia spongiosa omgeven (Plaat III, fig. 5), welke laatste in deze doorsneden voor een steeds kleiner deel door periostaal weefsel werd bedekt.

Behalve in doorsnede 1 en 2 vonden wij tussen de opgevulde spongiosa en het periostale weefsel een onderbrekingslijn, die meestal niet zeer duidelijk was. De overgang naar de substantia spongiosa was meestal geleidelijk (Plaat III, fig. 5).

De vroegere spongiosabalkjes waren bij een sterke vergroting gemakkelijk te herkennen aan de verkalkte kraakbeengrondsubstantie, die hier en daar was ingesloten. De omtrek van deze insluitels werd dikwijls gevormd door halve cirkels, die met de holle kant naar buiten waren gekeerd en met de uiteinden tegen elkaar aan lagen. Binnen deze omtrek bevond zich de verkalkte kraakbeengrondsubstantie, waarin geen structuur viel waar te nemen. In gewoon licht was deze substantie helderder dan het omringende weefsel, in gepolariseerd licht bleef zij donker. Voor het overige bestonden de vroegere spongiosaschotjes uit lamellen, die in gepolariseerd licht dikwijls regelmatig afwisselend helder en donker waren. Resorptielijnen kwamen in de schotjes dikwijls voor, ten teken van wisselende resorptie en appositie van weefsel voordat ze werden ingesloten in de substantia compacta.

Tussen de vroegere spongiosaschotjes lagen de concentrische primaire osteonen. Op dwarse doorsnede waren deze in gepolariseerd licht voornamelijk donker, op lengtedoorsneden lichtte de hoofdmassa van het weefsel op. De fibrillen waren dus in hoofdzaak evenwijdig aan de lengteas van het beenstuk gericht. Een aantal lamellen met tangentieel gerichte fibrillen vonden wij langs het ingesloten kanaal en hier en daar verspreid tussen de andere lamellen.

Behalve de kanalen in het centrum van de primaire osteonen, waren er kanalen met en zonder lamellensystemen, die deze verbonden.

Langs de mergholte waren soms ruimten tussen de balkjes ingesloten, die naar één kant open waren. Uiteraard was in een dergelijk geval geen concentrisch systeem langs de wanden afgezet. Het weefsel, langs de wanden gevormd, week in beginsel niet af van dat der primaire osteonen en verschilde hiervan slechts door de andere rangschikking. Het vormde de overgang tot de endostale apposities, die later evenwijdig aan de wand van de mergholte zouden worden gevormd.

*c. De verwijding van de mergholte en de remodellatie van de diafyse.* De resorptie, nodig voor het vergroten van de mergholte, was op verschillende plaatsen goed waar te nemen en wel voornamelijk aan de achterwand (Plaat II, fig. 4). In doorsnede 13 tot en met 17 was de opgevulde spongiosa aan de achterwand belangrijk dunner dan aan de voorkant (Plaat III, fig. 5), waar in deze doorsneden hier en daar zelfs een geringe appositie langs de mergholte voorkwam. Ook het periostale beenweefsel in de achterwand werd geresorbeerd. De resorptie geschiedde in hoofdzaak aan de oppervlakte, doch hier en daar werden enige resorptieholten in de substantia compacta vlak langs de mergholte gevormd, die vervolgens in aantal en grootte toenamen tot het betreffende weefsel volledig was geresorbeerd.

In de meer proximaal gelegen doorsneden was de resorptie tamelijk gelijkmatig over de gehele omtrek van mergholte verdeeld. De mergholte verplaatst zich dus vooral in het distale gedeelte van de diafyse naar achteren.

Overal waar het opgevulde spongiosaweefsel het buitenoppervlak van de beenpijp vormde, troffen wij tekenen van resorptie aan. Slechts in doorsnede 1 was dit niet duidelijk. In doorsnede 2 eindigden lamellensystemen abrupt, alsof ze afgesneden waren. In het distale gebied met opgevulde spongiosa doorsneed de buitenomtrek tal van primaire osteonen. De genoemde resorptieverschijnselen werden, zoals reeds in het literatuuroverzicht werd besproken, aangeduid als remodellerende resorptie.

### 3. DE STRUCTUUR VAN DE SUBSTANTIA COMPACTA VAN DE METATARSUS TIJDENS DE GROEIPERIODE

In ons materiaal werd op een leeftijd van 3 jaar geen zone met primaire Haversse ruimten meer aangetroffen. De diktegroei was hier geëindigd. Voor het beschrijven van de groeiverschijnselen in de periode van de geboorte tot en met de leeftijd van 3 jaar beschikten wij over materiaal van 7 dieren (tabel 1 en fig. 2).

In deze periode namen de lengte, de diameter en de dikte van de substantia compacta van het bestudeerde beenstuk aanzienlijk toe, de hoeveelheid substantia spongiosa nam af. In de metatarsus 3 was uitzonderlijk weinig van dit materiaal aanwezig (fig. 2).

Wij dienen op te merken, dat wij hier en in het volgende de ontwikkeling van de rundermetatarsus beschrijven aan de hand van materiaal, dat van verschillende dieren afkomstig is, alsof de verschillende doorsneden ontwikkelingsstadia van hetzelfde beenstuk voorstellen. Uiteraard is dit niet geheel juist, daar de metatarsen behalve verschillen in ontwikkeling, ook individuele verschillen vertoonden. Bij de conclusies dient hiermee rekening te worden gehouden.

Wij zagen reeds, dat de opgevulde spongiosa aan het distale einde de merg-

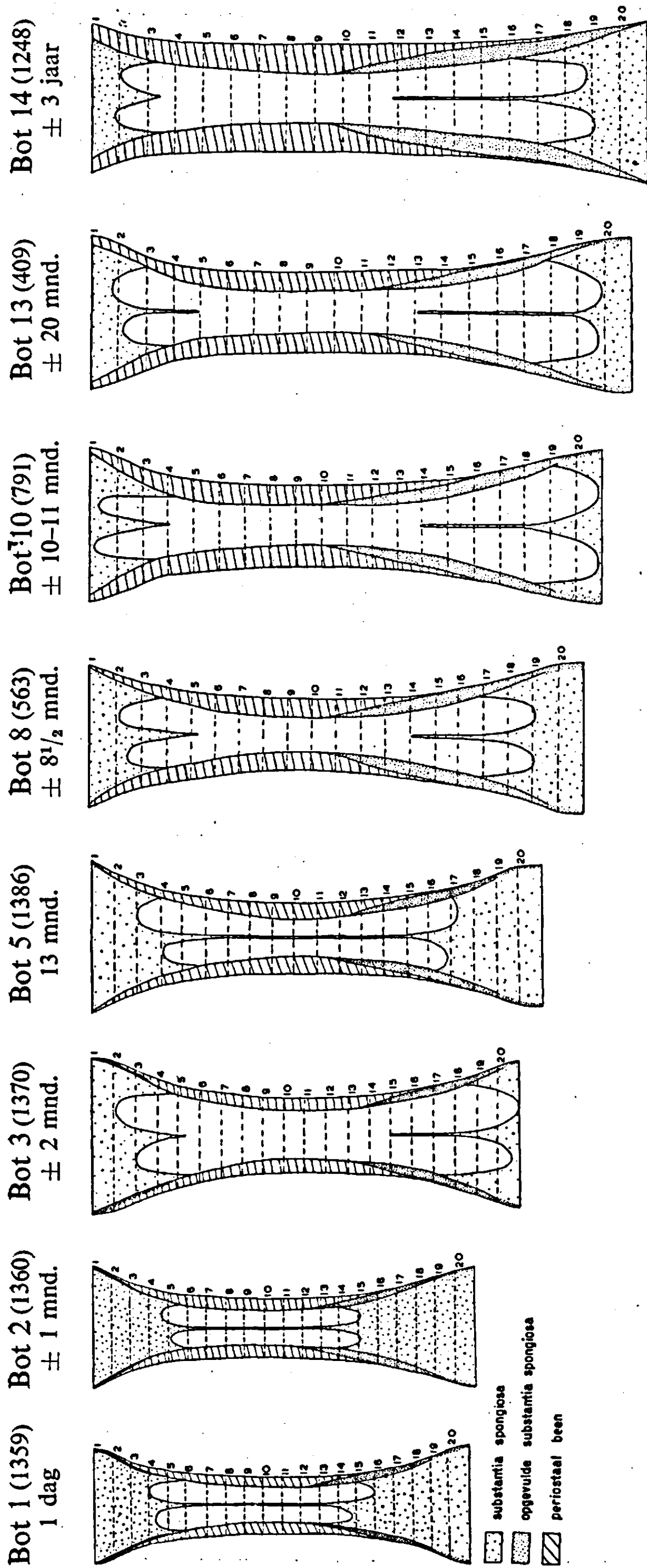


FIG. 2. Frontale lengtedoorsnede door het midden van de rechter metatarsus van runderen van één dag tot en met drie jaar oud. In het proximale deel is de ring van opgevulde spongiosa nog juist te onderscheiden.

*Frontal longitudinal sections through the middle of the right metatarsus of cattle from one day up to and including three years of age. In the proximal end the ring of filled up substantia spongiosa is just visible.*



holte als een schacht omgaf. De buitendiameter van deze schacht nam in distale richting geleidelijk toe. Overal bevonden zich in deze opgevulde spongiosa ingesloten kraakbeenresten ten teken, dat het was gevormd tussen enchondrale beenschotjes. In het gedeelte waar de opgevulde spongiosa aan de buitenkant bedekt werd door periostaal weefsel, kon zij van buitenaf uiteraard niet meer geresorbeerd worden. Appositie van opgevulde spongiosa aan de buitenkant is per definitie onmogelijk. De buitendiameter van de opgevulde spongiosa bleef in dit gebied dus gelijk.

De plaats, waar de buitendiameter van de ring van opgevulde spongiosa 2 cm bedroeg, vonden wij bij alle doorsneden van fig. 2 en fig. 5 in het gebied, waar de genoemde ring door periostaal weefsel was omgeven. Wanneer alle afbeeldingen nu inderdaad verschillende stadia van het zelfde beenstuk zouden voorstellen, zouden wij hiermee een vast punt gevonden hebben in het bot, ten opzichte waarvan de lengtegroei naar beide kanten kon worden vastgesteld. De afstand van dit punt ten opzichte van het proximale grensvlak nam bij ons materiaal in de meeste gevallen met de leeftijd slechts weinig toe, soms in het geheel niet en soms werd hij geringer. Wij besloten hieruit, dat de lengtegroei aan het proximale uiteinde zeer gering of afwezig was. Dit is in overeenstemming met het feit, dat wij hier geen epifysairlijn vonden. De gevallen, waarbij de genoemde afstand met de leeftijd afnam, kunnen slechts door individuele verschillen worden verklaard.

Aan het proximale uiteinde was de opgevulde spongiosa bij het nuchtere kalf in een dunne laag aanwezig in doorsnede 1 tot en met 4. Door de vergroting van de diameter van de mergholte werd dit weefsel op oudere leeftijd geresorbeerd. Desondanks was ook de dan ontstane grotere mergholte nog met een laag weefsel omgeven, die zeer veel overeenkomst vertoonde met de opgevulde spongiosa bij het nuchtere kalf. Dit feit kan niet worden verklaard door aan te nemen, dat door een verlenging van de metatarsus door middel van enchondrale beenvorming tegelijkertijd een vergroting van de diameter van de substantia spongiosa plaats vond, zoals dit aan het distale uiteinde het geval was. Immers aan het proximale uiteinde vond nauwelijks lengtegroei plaats. De enige verklaring voor de aanwezigheid van het genoemde weefsel kan hier slechts zijn, dat nadat de oorspronkelijke opgevulde substantia spongiosa was geresorbeerd, een nieuwe substantia spongiosa is gevormd door het endostium, maar met een diameter groter dan de oorspronkelijke en dat deze naderhand met primaire osteonen werd opgevuld. Deze stelling werd bevestigd door het feit, dat in dit weefsel bij bot 1 wel kraakbeeninsluitsels aanwezig waren, doch niet bij de metatarsus van het 3 jaar oude dier. Bij de vorming van de spongiosabalkjes was in het laatste geval dus geen kraakbeen betrokken geweest, zoals het geval zou zijn met een substantia spongiosa, die op de normale wijze in een enchondrale groeizone ontstaan was. Wij zullen dit weefsel in het vervolg niet als opgevulde spongiosa aanduiden, doch als een *endostaal weefsel van primaire osteonen*.

*a. Het periostale beenweefsel.* Wij zullen dit weefsel evenals bij het nuchtere kalf van buiten naar binnen gaande bespreken.

De *primaire Haversse ruimten* waren bij het 1 maand oude dier in de voorste helft van de beenschacht kleiner van *afmeting* en geringer in *aantal* dan bij het nuchtere kalf. Vooral in doorsnede 6 tot en met 15 was dit verschil duidelijk waarneembaar. Hier werden slechts enkele lagen met grote primaire Haversse ruimten langs de omtrek aangetroffen. Meer naar de mergholte vonden wij tal-

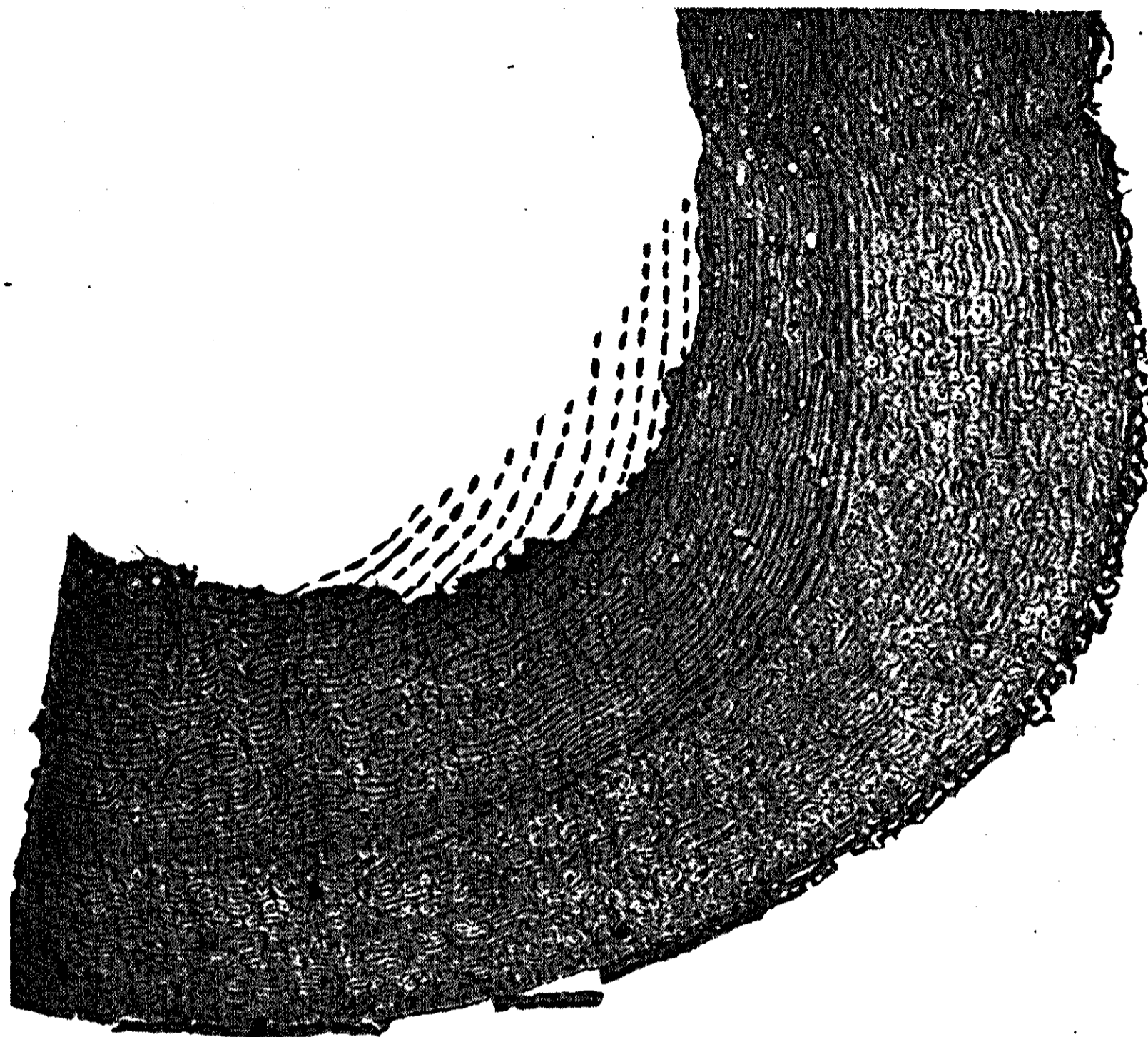


FIG. 7. Dwarse doorsnede van de metatarsus van een 8½ maand oud kalf. Vergr. 5 ×. Doorsnede 9. Mediale deel van de achterste helft.

Laminair periostaal weefsel met zeer verschillende rangschikking. Langs de mergholte resorptieholten en secundaire osteonen in verschillende ontwikkelingsstadia. Door sterkere resorptie aan de achterkant dan aan de zijkant vormen enige laminae een scherpe hoek met de mergholtewand. Het oorspronkelijke verloop van deze laminae is met stippellijnen aangegeven.

FIG. 7. Cross section of the metatarsus of an 8½ month old calf. Magnif. 5 ×. Cross section 9. Medial part of the posterior half. Laminar periosteal tissue with greatly differentiated arrangement. Along the marrow cavity are resorption cavities and secondary osteons in various stages of development. On account of a higher degree of resorption at the back than at the side, some laminae form an acute angle with the wall of the marrow cavity. The original course of these laminae has been indicated by dotted lines.

rijke kleine ruimten, die weinig in grootte verschilden. Voor het overige kwam de situatie grotendeels met die bij het nuchtere kalf overeen.

Bij het kalf van 2 maanden waren nog slechts langs de omtrek van de schacht primaire Haversse ruimten aanwezig. In het overige deel van het periostale weefsel waren ze zowel hier als bij de oudere dieren volledig opgevuld.

Op de leeftijd van 2 en  $3\frac{1}{2}$  maand werd behalve in doorsnede 1, waar de situatie onduidelijk was, de buitenkant van alle periostaal weefsel gevormd door een tamelijk gelijkmatig brede zone met primaire Haversse ruimten, die een belangrijk grotere diameter hadden dan in de vorige gevallen. De grootte van de holten in de buitenste 2 of 3 lagen verschilde weinig, daarbinnen nam hun afmeting in de richting van de mergholte snel af.

Ook bij het kalf van  $8\frac{1}{2}$  maand oud waren de holten langs de buitenkant van het periostale weefsel overal aanwezig, doch hun afmeting was geringer; de laminae, die hen scheidden, waren dikker en zelden vonden wij meer dan 2 of 3 lagen primaire Haversse ruimten naast elkaar (Plaat IV, fig. 7 en Plaat V, fig. 8).

Bij het 11 maanden oude dier was ten hoogste een enkele laag kleine primaire ruimten aanwezig. Op andere plaatsen was het periostale weefsel tot aan de buitenomtrek compact.

Bij de diafyse van het 20 maanden oude dier troffen wij weer overal een enkelvoudige laag aan, waarvan de ruimten een iets groter afmeting hadden dan in het voorgaande geval.

Op een leeftijd van 3 jaar waren in de voorste helft van de diafyse alle primaire Haversse ruimten opgevuld en wij troffen thans generaallamellen aan, die verderop nader worden beschreven.

In de achterste helft van de diafyse vertoonde de situatie veel overeenkomst met die aan de voorkant. De breedte van de zone met primaire Haversse ruimten was hier echter doorgaans  $1\frac{1}{2}$  à 2 maal zo groot als die in de voorste helft.

De *vorm* en de *richting* van de beschreven ruimten varieerden vrij sterk. Tot een leeftijd van  $3\frac{1}{2}$  maand overheerste aan de voorkant het tangentieel gerichte type. Daarna trad het radiaal gerichte meer op de voorgrond en bij dieren van  $8\frac{1}{2}$  maand en ouder kwamen in de voorste helft van de diafyse vooral ronde holten voor. In de achterste helft bleef het tangentieel gerichte type veel langer, namelijk tot en met een leeftijd van  $8\frac{1}{2}$  maand, het meest voorkomende (Plaat IV, fig. 7 en fig. 8); daarna vonden wij ook hier vooral ronde holten. Overwegend radiaal gericht waren de ruimten in het gebied der 5 meest proximale doorsneden, waar de banden van het spronggewricht aan het beenstuk zijn gehecht.

Waar een brede zone met primaire Haversse ruimten aanwezig was, overheersten de tangentieel en radiaal gerichte holten, waar de laag met primaire Haversse ruimten minder diep was, verschenen vooral ronde ruimten. Wij nemen aan, dat in het eerste geval de appositie snel geschiedde en in het tweede geval iets langzamer.

De diktegroei was aan de achterkant van de metatarsus groter dan aan de voorkant. De appositie was het sterkst op een leeftijd van 2 en  $3\frac{1}{2}$  maand. Bij de iets oudere dieren kwam de diktegroei, althans plaatselijk, tijdelijk tot stilstand.

De *generaallamellen*, die pas bij de 3 jaar oude koe langs de buitenomtrek van de schacht werden gevonden, liepen evenwijdig aan elkaar langs grote delen van de omtrek. In gepolariseerd licht waren zij afwisselend helder en donker. Hier en daar was deze laag door radiaal verlopende kanalen onderbroken, die soms door lamellen werden begeleid. Een tamelijk groot aantal vezels van SHARPEY was in de lamellen ingesloten (Plaat V, fig. 9). Op vele plaatsen troffen wij meer dan één

TABEL 2. Dikte van de endostale apposities in mm  
*Thickness of the endosteal layers in mm*

Botnr. Bonenr.	Leeftijd Age	Sectienummer Sectionnumber								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1 dag	—	—	—	—	—	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0
2	1 mnd.	—	—	—	—	—	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0
3	2 mnd.	—	—	—	—	—	0 0 0 -	0 0 - 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0
5	3½ mnd.	—	—	—	—	—	- -	- -	1 0	1 0
8	8½ mnd.	—	—	—	- - - -	0 0 - -	1 3 4 4 11	4 - - 3 7	- 4 0 0	3 4 0 0 7
10	11 mnd.	—	—	—	—	0 2 3 1 6	0 2 1 0 3	0 2 2 0 4	- - - -	1 3 1 0 5
13	20 mnd.	—	—	—	1 - - 1	- 4 3 -	3 4 2 1 10	4 3 2 1 10	5 5 - -	4 5 - -
14	3 jaar	—	—	—	3 3 3 2 11	-	5 4 - 1	5 4 - 1	4 - - 1	4 - - 1
18	4 jaar	—	—	—	1 1 1 2 5	1 1 1 1 4	2 2 1 1 6	- 2 1 1	2 2 1 1 6	2 2 1 1 6
19	5 jaar	—	—	2 2 1 1 6	3 1 - 1	2 2 - 1	2 - - 1	2 - - 1	3 - - 1	2 - - 1
20	6 jaar	—	—	—	4 - - 3	4 5 3 2 14	- 5 - 2	4 6 - 2	5 - - 1	6 - - 1
22	8 jaar	—	—	2 2 - 2	1 - - 3	2 1 - 2	3 2 - 1	3 - 2 -	3 3 - 1	3 - 1 1
24	10 jaar	—	—	3 4 3 3 13	4 5 5 5 19	5 4 3 4 16	3 4 2 2 11	3 4 2 1 10	3 4 2 1 10	3 3 2 2 10
26	12 jaar	—	—	5 5 3 5 18	5 4 5 4 18	4 5 4 3 16	4 4 2 3 13	3 3 2 3 11	5 5 - 3	5 6 - 2
28	15 jaar	—	—	4 4 3 3 14	2 4 3 3 12	- 3 3 2	3 3 2 2 10	3 2 2 2 9	2 2 2 2 8	3 3 2 1 9

Opm. 1. Zoals in Hoofdstuk IV-1-e is besproken is de dikte op vier plaatsen gemeten. In deze tabel zijn de dikten afzonderlijk vermeld met normale cijfers en wel boven die van de voorste helft van de doorsnede, onder die van de achterste helft. De vette cijfers geven de som van deze 4 dikten aan voor de gevallen, waarin deze op alle 4 plaatsen meetbaar waren.



Sectionnumber		Sectienummer									
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	—	—	—	—	—	—	—	
0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	—	—	—	—	—	—	—	
0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	4 — — —	4 2 — —	5 4 — —	5 4 — 3	0 5 — —	—	
0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	— — — 0	— — — 0	— — — 0	0 — — —	0 0 0 —	—	—	—	
5 5 0 0 10	5 5 0 0 10	8 5 0 0 13	10 10 2 2 24	10 10 5 6 31	6 6 3 4 23	—	—	—	—	—	
— 3 1 0	— — — 0	3 4 2 0	6 6 2 4 18	5 6 3 4 18	8 6 6 3 23	5 6 6 5 22	0 2 2 2 6	—	—	—	
5 5 — —	5 5 1 2 13	5 3 — 2	5 — — —	5 — 2 4	6 6 — 12	— 10 12 —	—	—	—	—	
4 3 — 1	6 4 2 1 13	7 5 3 2 17	6 6 6 5 23	6 7 6 6 25	10 10 8 7 35	—	—	—	—	—	
2 2 1 1 6	2 2 2 2 8	2 2 2 2 8	2 2 2 1 7	4 2 5 2 13	4 3 7 4 18	3 3 4 5 15	—	—	—	—	
3 — 2 1	3 3 4 1 11	5 2 5 1 13	6 2 5 1 14	7 4 5 1 17	8 4 8 5 25	6 6 — —	4 3 4 5 16	—	—	—	
5 — — 1	4 — — 2	5 — — 2	6 — — 3	5 — — 6	5 8 10 9 32	5 9 8 11 33	—	—	—	—	
4 3 2 1 10	6 3 — 1	6 3 2 3 14	6 3 3 3 15	10 6 4 5 25	11 11 6 7 35	7 4 6 8 25	—	—	—	—	
4 4 1 2 11	4 3 2 2 11	4 5 2 2 13	5 6 4 4 19	6 6 3 5 20	11 10 10 13 44	9 11 11 16 47	8 17 8 12 45	—	—	—	
7 7 2 2 18	6 6 2 2 16	3 4 4 6 17	3 4 3 4 14	3 4 10 8 25	6 7 8 8 29	5 6 8 7 26	3 4 11 10 28	—	—	—	
3 3 2 1 9	3 3 2 2 10	2 3 3 2 10	3 3 3 2 11	3 3 5 5 16	4 4 8 —	5 4 9 9 27	3 4 7 9 23	—	—	—	

2. — Apposities niet meetbaar door aanwezigheid van substantia spongiosa  
 3. — Apposities wel aanwezig doch beschadigd

pakket generaallamellen aan, van elkaar gescheiden door laagjes primaire osteonen (Plaat V, fig. 9). Wij vonden ze zelfs op een vrij grote afstand van de buitenomtrek. Duidelijk was ook hier het karakter van generaallamellen, zowel in gewoon als in gepolariseerd licht. Het waren de elementen, die in de literatuur als jaarringen worden aangeduid. De veronderstelling, dat ze werden afgezet in perioden, dat de diktegroei stagneerde, is des te waarschijnlijker, nu wij in het voorgaande hebben gezien, dat inderdaad de primaire Haversse ruimten soms ontbraken, voordat de diktegroei definitief was afgesloten.

De bouw van het *overige periostale weefsel* kwam in beginsel overeen met die, welke werd beschreven bij het nuchtere kalf. Het aantal oplichtende lamellen aan de buitenkant van de laminae was gemiddeld iets toegenomen, doordat de tussenliggende ruimten waren opgevuld (Plaat V, fig. 10). De richting van de laminae valt reeds af te leiden uit die van de hiervoor beschreven richting van de primaire Haversse ruimten. Het dichtst bij de mergholte overheersten vooral in de achterste helft van de diafyse de tangentieel gerichte laminae. Dichter naar de periferie nam het aantal radiaal georiënteerde laminae toe en dicht langs de omtrek vonden wij vooral ronde systemen. Er bleken evenwel in dit opzicht aanzienlijke individuele verschillen te bestaan.

Een afwijkende structuur vonden wij daar, waar de banden van het spronggewricht aan het beenstuk waren gehecht. In doorsnede 6 van het 8½ maanden oude kalf was deze structuur zeer fraai waar te nemen. In gepolariseerd licht waren dikke radiaal gerichte vezelbundels te zien, die in gewoon licht niet zo sterk opvielen. Ze vertoonden veel gelijkenis met de grof gebundelde vezellagen in het midden van de laminae. Tussen deze bundels troffen wij een gering aantal concentrische systemen aan met een lamellaire bouw, die in de lengterichting van het bot liepen en voorts veel weefsel, dat op dwarse doorsneden in gepolariseerd licht donker bleef. De richting van de fibrillen van dit laatste stond dus ook loodrecht op het vlak van de dwarse coupes. In radiaire coupes lichtte dit weefsel dan ook sterk op. Het vormde de hoofdmassa van het weefsel in dit gebied.

*b. De opgevulde spongiosa.* Deze werd, zoals reeds aan het begin van deze paragraaf werd besproken, bij jonge dieren aan het proximale en aan het distale uiteinde aangetroffen. Wij zagen tevens, dat op oudere leeftijd de eigenlijke opgevulde spongiosa aan het proximale uiteinde door een ander weefseltype werd vervangen, namelijk een endostaal weefsel van primaire osteonen.

De bouw van de opgevulde spongiosa bij de opgroeiende dieren kwam overeen met die bij het nuchtere kalf. Het later gevormde deel bestond uit gemiddeld iets grotere primaire osteonen.

*c. De endostale apposities langs de mergholte.* Deze worden afgezet op plaatsen waar de resorptie, nodig voor de vergroting van de mergholte, tot staan is gekomen.

Deze apposities vertoonden niet altijd het typische beeld van generaallamellen. Soms deden zij in gewoon licht op dwarse doorsneden sterk aan periostale laminae denken. Wij vonden in dat geval lamellen concentrisch gerangschikt rond een vat of rond een vaatsysteem. In Plaat VI, fig. 12 en fig. 13 zien wij, dat de gelijkenis nog verder gaat. In het midden van de balkjes kwamen namelijk lagen voor, die zeer veel overeenkomst vertoonden met de grof gebundelde beenvezellagen in het midden van de periostale laminae. Het aandeel van de lamellen, die

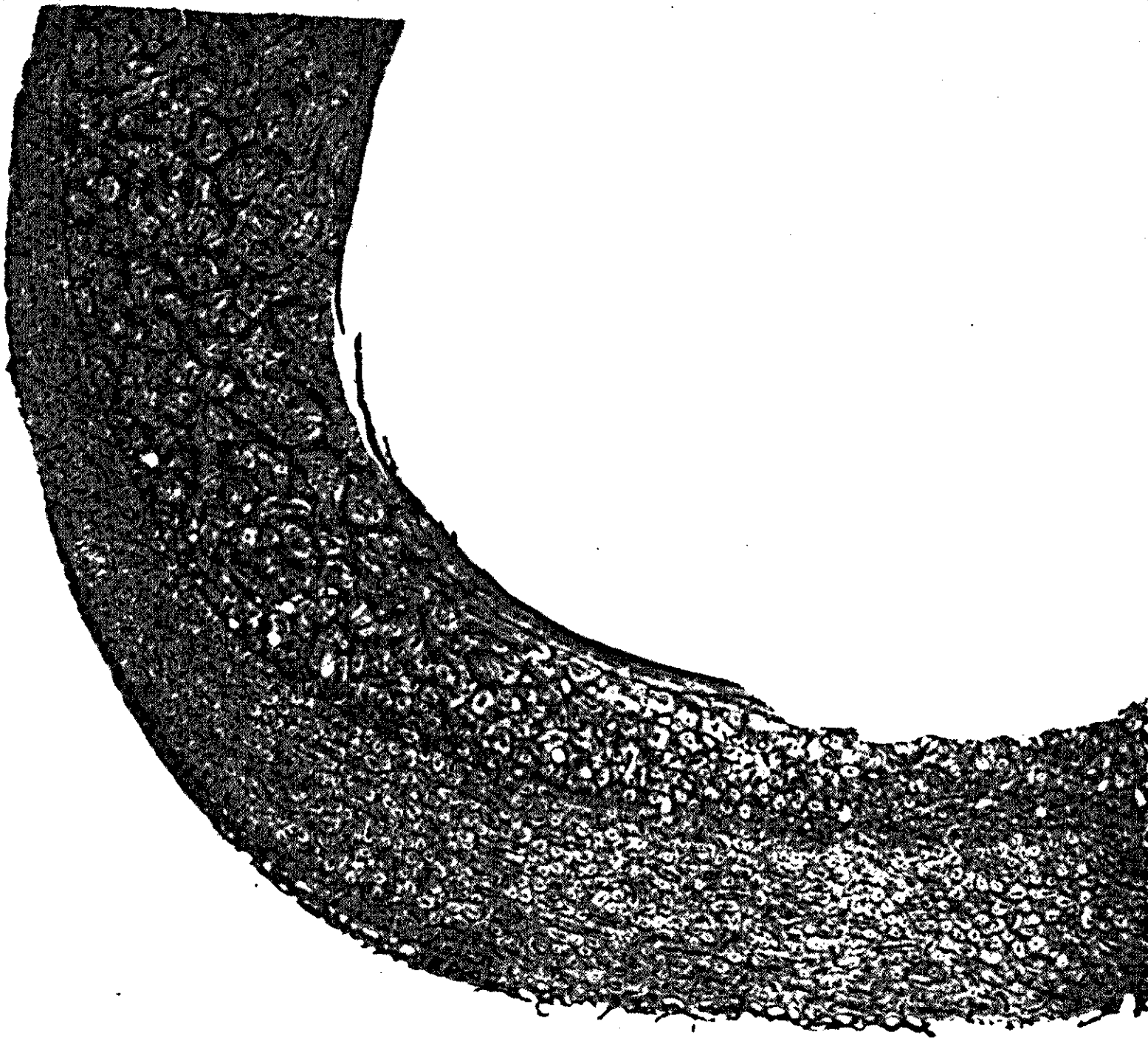


FIG. 8. Dwarse doorsnede van de metatarsus van een 8½ maand oud kalf. Vergr. 5 ×. Doorsnede 15. Mediale deel van de achterste helft.

Een periostale laag met voornamelijk ronde primaire osteonen omgeeft een laag met opgevulde spongiosa. De donkere lijnen vormen de vroegere spongiosabalkjes. In de opgevulde spongiosa verbouwingsverschijnselen.

FIG. 8. Cross section of the metatarsus of an 8½ month old calf. Magnif. 5 ×. Cross section 15. Medial part of the posterior half. A periosteal layer with mainly round primary osteons encloses a layer with filled-up spongiosa. The dark lines form the former trabeculae of the spongiosa. In the filled-up spongiosa there are signs of reconstruction.

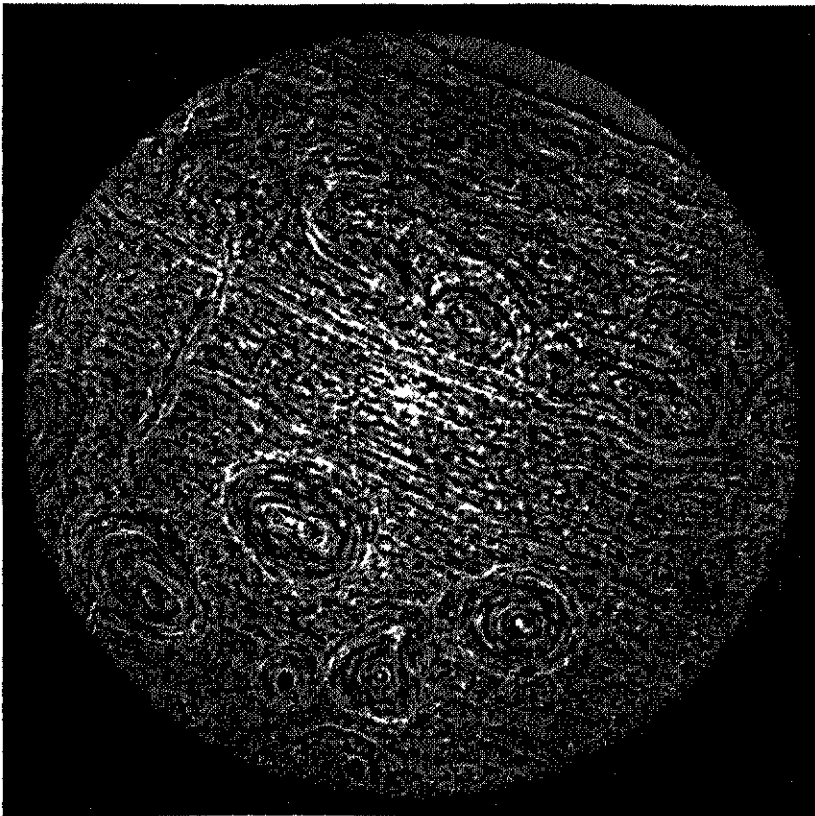


FIG. 9.

FIG. 9. Dwarse doorsnede van de metatarsus van een 3 jaar oude koe. Vergr. 40 ×. Doorsnede 6. Opname met fasencontrastmicroscop.

Pakketten generaallamellen gescheiden door primaire osteonen. In het midden een radiaal verlopend kanaal, dat door lamellen wordt begeleid. Aan de onderkant in de figuur zijn nog enige secundaire osteonen te zien.

FIG. 9. Cross section of the metatarsus of a three year old cow. Magnif. 40 ×. Cross section 6. Photograph taken with phase-contrast microscope. Bundles of general lamellae separated by primary osteons. In the centre a radial canal accompanied by lamellae. Lower in the figure some secondary osteons are visible.

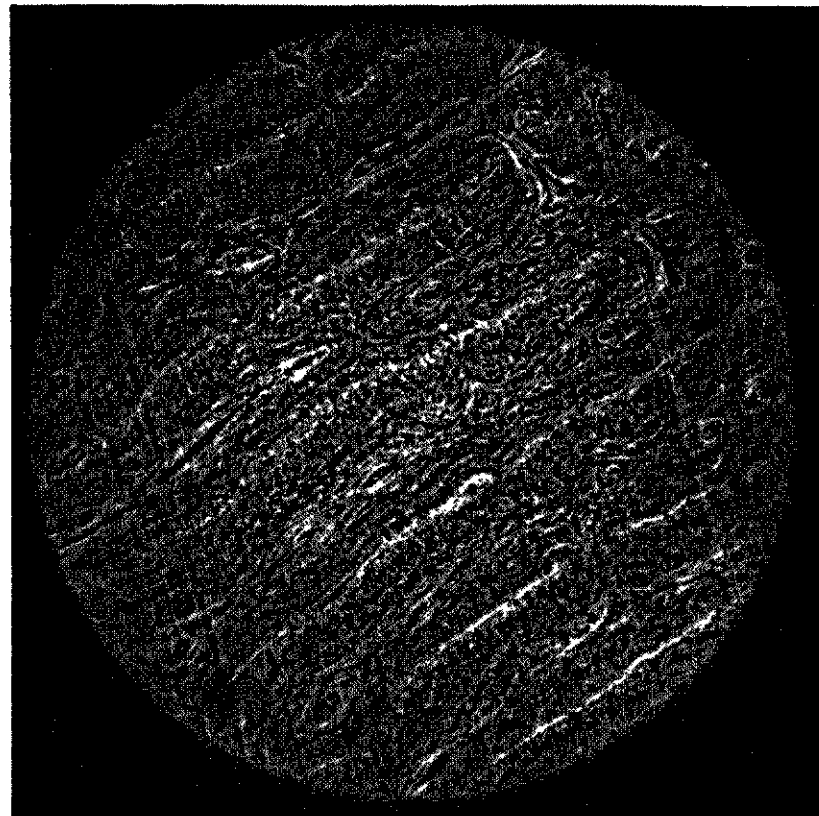


FIG. 10.

FIG. 10. Dwarse doorsnede van de metatarsus van een 8½ maand oud kalf. Vergr. 40 ×. Doorsnede 9. Opname met fasencontrastmicroscop. Laminae, grof gebundelde vezellaag (in het midden), lamellen en vaatlagen zijn duidelijk te onderscheiden.

FIG. 10. Cross section of the metatarsus of an 8½ month old calf. Magnif. 40 ×. Cross section 9. Photograph taken with phase-contrast microscope. Laminae, coarsely bundled fibre layer (in the centre), lamellae and vascular layers are clearly visible.

PLAAT VI

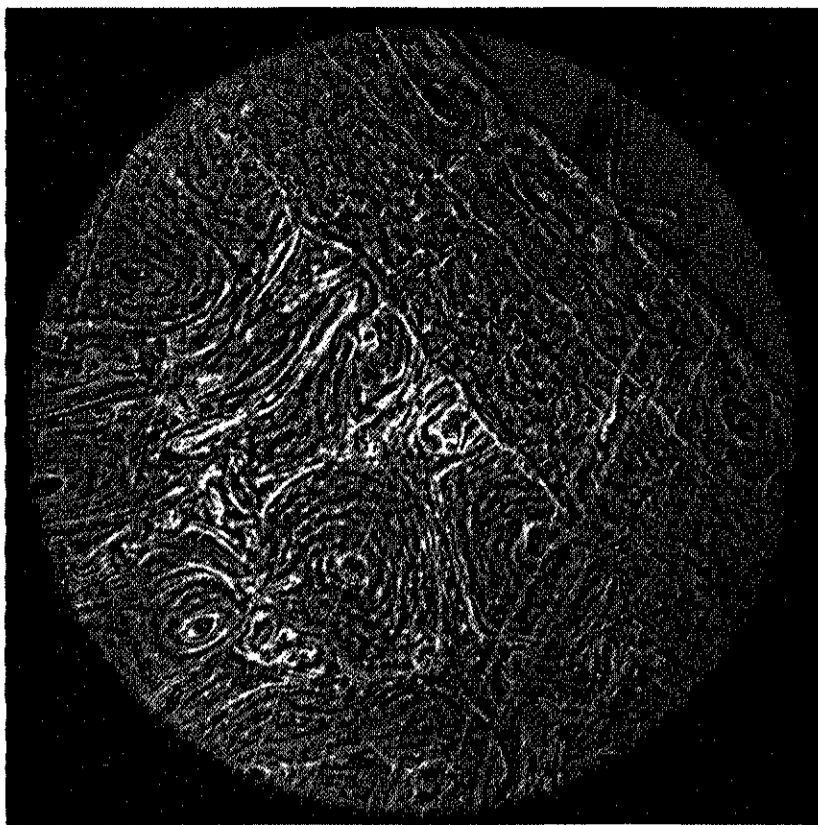


FIG. 11.

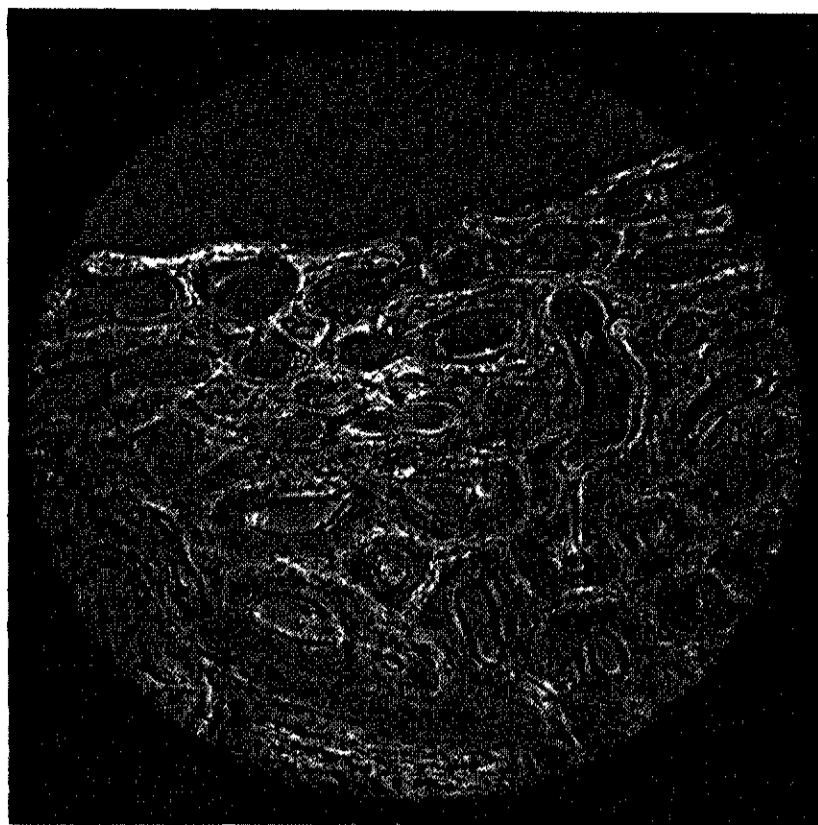


FIG. 12.

FIG. 11. Dwarse doorsnede van de metatarsus van een 8½ maand oud kalf. Vergr. 40 ×. Doorsnede 15. Opname met fasencontrastmicroscop.

Opgevulde spongiosa, aan de buitenkant begrensd door een resorptiekitlijn, waartegen de lamellensystemen van de opgevulde spongiosa eindigen als waren ze afgesneden. Evenwijdig aan de resorptiekitlijn generaallamellen, die door een onderbrekingskitlijn zijn gescheiden van een laag primaire osteonen in aanleg.

FIG. 11. Cross section of the metatarsus of an 8½ month old calf. Magnif. 40 ×. Cross section 15. Photograph taken with phase-contrast microscope.

Filled-up spongiosa, at the outer side bounded by a resorption connecting line, against which the lamellae systems of the filled-up spongiosa terminate as if they were cut off. Parallel to the resorption connecting line general lamellae are separated by an intermittent connecting line from a layer of primary osteons in course of construction.

FIG. 12. Dwarse doorsnede van de metatarsus van een 2 maanden oud kalf. Vergr. 40 ×. Doorsnede 16. Opname met fasencontrast microscop.

Jonge endostale laminae met duidelijke middenlagen.

FIG. 12. Cross section of the metatarsus of a 2 month old calf. Magnif. 40 ×. Cross section 16. Photograph taken with phase-contrast microscope.

Young endosteal laminae with clear central layers.

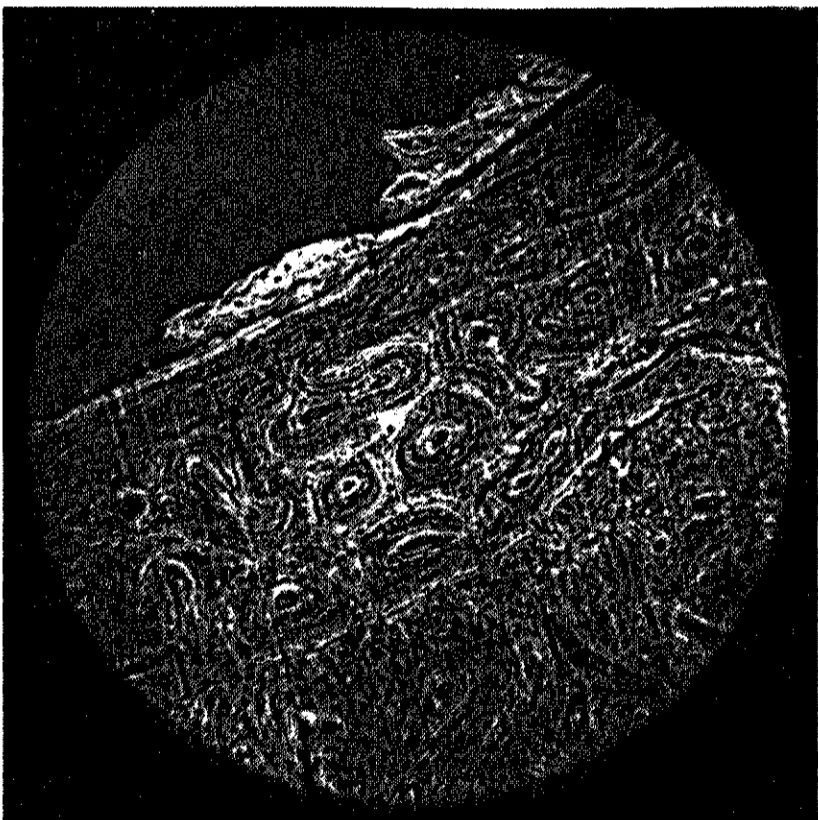


FIG. 13.

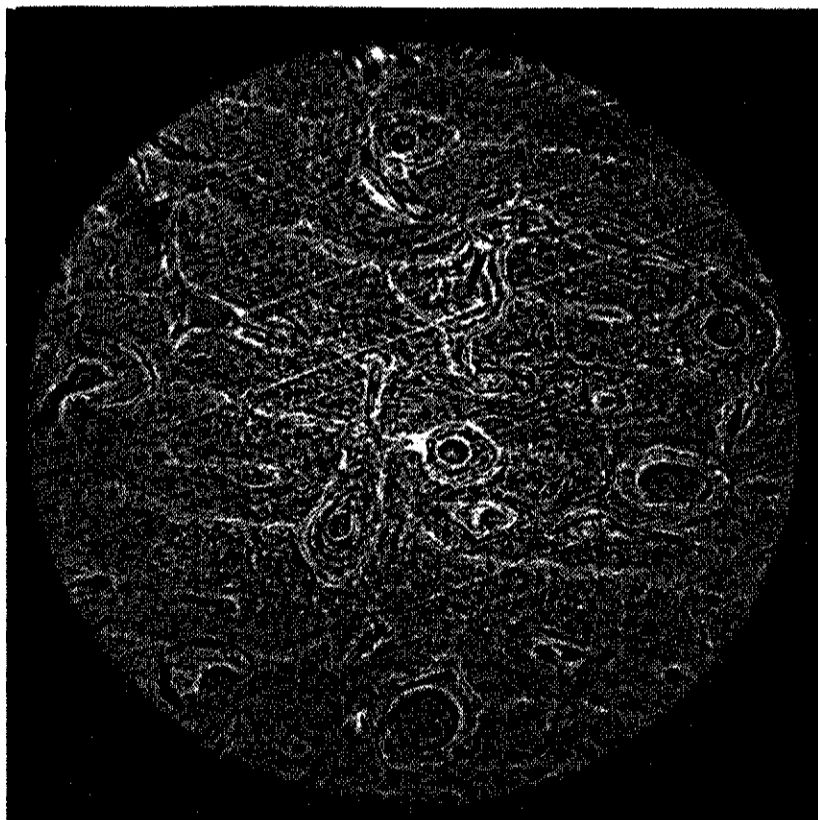


FIG. 14.

FIG. 13. Dwarse doorsnede van de metatarsus van een 8½ maand oud kalf. Vergr. 40 ×. Doorsnede 9. Opname met fasencontrastmicroscop.

Primair endostaal weefsel in de vorm van primaire endostale osteonen. Van het periostale weefsel gescheiden door een resorptiekitlijn en van de mergholte door generaallamellen.

FIG. 13. Cross section of the metatarsus of an 8½ month old calf. Magnif. 40 ×. Cross section 9. Photograph taken with phase-contrast microscope.

Primary endosteal tissue in the form of primary endosteal osteons. Separated from the periosteal osteons by a resorption connecting line and from the marrow cavity by general lamellae.

FIG. 14. Dwarse doorsnede van de metatarsus van een 8½ maand oud kalf. Vergr. 40 ×. Doorsnede 9. Opname met fasencontrastmicroscop.

Laminae met resorptieholten en secundaire osteonen in verschillende ontwikkelingsstadia.

FIG. 14. Cross section of the metatarsus of an 8½ month old calf. Magnif. 40 ×. Cross section 9. Photograph taken with phase-contrast microscope.

Laminae with resorption cavities and secondary osteons in various stages of development.



in gepolariseerd licht helder zijn, was meestal groter dan bij de laminae, die door het periosteum waren gevormd. Bij zeer jonge afzettingen van het endostium, die wij bijvoorbeeld bij het 2 maanden oude kalf in doorsnede 16 aantreffen, waren tangentieel gerichte ruimten aanwezig, die te vergelijken zijn met de primaire Haversse ruimten. De balkjes hiertussen hadden, evenmin als die tussen zeer jonge periostale laminae, een lamellair karakter (Plaat VI, fig. 12).

Wij wijzen er nog op dat dit weefsel, dat wij in het vervolg zullen aanduiden als *endostaal laminair weefsel*, overeenkomt met het weefsel, dat de opgevolde spongiosa aan het proximale uiteinde vervangt.

Naast de genoemde endostale apposities troffen wij ook de gewone generaallamellen aan, zoals die in de literatuur worden beschreven (Plaat I, fig. 2). Deze lamellen waren in gepolariseerd licht beurtelings licht en donker.

In beide typen endostale apposities kwamen radiaire kanalen voor, die in de mergholte uitmondten. Ze kwamen overeen met dergelijke kanalen in de buitenste generaallamellen.

Daar aan de afzetting van de endostale apposities in de regel een uitbreiding van mergholte door resorptie voorafgaat, waren deze structurelementen meestal door een resorptiekitlijn van het andere weefsel gescheiden (Plaat VI, fig. 13). In de lamellenpakketten waren dikwijls onderbrekingskitlijnen te onderscheiden (Plaat VI, fig. 11).

In tabel 2 is de dikte van de endostale apposities op 4 plaatsen langs de mergholte aangegeven. Opvallend is het grote aantal gevallen waarin de dikte niet meetbaar was. Dit vindt zijn oorzaak in beschadigingen van de endostale apposities tijdens het vervaardigen van de preparaten. Waar zij op deze wijze geheel waren verdwenen, bestond aanvankelijk geen zekerheid of ze wel ooit aanwezig geweest waren. Daarom werd een onderzoek ingesteld aan de preparaten van de onderkant van de schijf, die direct boven het betreffende preparaat was gelegen. Hierbij bleek, dat na de leeftijd van 3 jaar steeds endostale apposities aanwezig waren.

Uit de tabel blijkt, dat endostale apposities bij jonge dieren alleen aan de voorkant van de mergholte voorkwamen. Op een leeftijd van 2 maanden vonden wij de genoemde apposities reeds in doorsnede 13 tot en met 19. Naarmate de dieren ouder werden, werd een steeds groter deel van de mergholte door dit weefsel omgeven. De dikte van de endostale apposities nam in distale richting belangrijk toe, maar varieerde bij de verschillende diafysen sterk.

*d. De verbouwingsverschijnselen.* Deze manifesteren zich door het optreden van resorptieholten en secundaire osteonen in de compacta. Gegevens hieromtrent zijn vermeld in tabel 3 en 4.

Behalve een gering aantal resorptieholten, die vlak langs de mergholte voorkwamen, vonden wij bij de jongste dieren geen verbouwingsverschijnselen in de substantia compacta. Reeds bij het kalf van 3½ maand oud echter, waren in de substantia compacta langs de mergholte een aantal verspreide resorptieholten en secundaire osteonen aanwezig in bijna alle doorsneden.

Het percentage van de oppervlakte van de dwarse doorsneden, dat door resorptieholten en secundaire osteonen tezamen werd ingenomen, dus het verbouwingspercentage, nam tot een leeftijd van 3 jaar geleidelijk toe (fig. 3).

Het verbouwingspercentage was gemiddeld verreweg het hoogst aan het proximale uiteinde. Van hier nam het in distale richting snel af tot doorsnede 5 en vervolgens langzamer tot doorsnede 9. Daarna vond een langzame stijging

TABEL 3. Aantal Resorptieholten  
Number of Resorptionholes

Botnr. Bonenr.	Leeftijd Age	Sectienummer Sectionnumber																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1 dag	Een gering aantal resorptieholten vlak langs de mergholte																			
2	1 mnd.	Een aantal resorptieholten achter langs de mergholte																			
3	2 mnd.	Een gering aantal resorptieholten vlak langs de achterkant van de mergholte																			
5	3½ mnd.	Een vrij groot aantal resorptieholten, meest achter en voor langs de mergholte																			
8	8½ mnd.	—	—	—	—	15	13	9	9	12	21	26	38	53	24	25	—	—	—	—	—
						86	68	59	73	57	57	62	91	112	95	87	—	—	—	—	—
						101	81	68	82	69	78	88	129	165	119	112	—	—	—	—	—
10	11 mnd.	—	—	—	—	20	15	17	13	15	20	11	21	40	44	47	35	26	—	—	—
						61	41	53	46	47	55	73	67	77	74	77	81	56	—	—	—
						81	56	70	59	62	75	84	88	117	118	124	116	82	—	—	—
13	20 mnd.	—	—	—	17	14	18	7	9	6	9	10	17	27	34	52	61	—	—	—	—
					124	102	66	27	27	22	24	20	41	40	54	29	21	—	—	—	—
					141	116	84	34	36	28	33	30	58	67	88	81	82	—	—	—	—
14	3 jaar	—	—	—	54	72	47	36	41	39	36	41	34	50	27	41	—	—	—	—	—
					85	93	52	49	48	49	36	56	48	47	43	35	—	—	—	—	—
					139	165	99	85	89	88	72	97	82	97	70	76	—	—	—	—	—
18	4 jaar	—	—	—	9	0	1	11	4	8	3	11	16	11	18	31	49	—	—	—	—
					132	66	37	43	21	23	23	21	13	42	42	66	56	—	—	—	—
					141	66	38	54	25	31	26	32	29	53	60	97	105	—	—	—	—
19	5 jaar	—	—	—	2	2	0	0	0	0	1	1	5	0	3	2	12	114	—	—	—
					25	17	8	4	4	5	9	5	15	14	9	6	14	19	—	—	—
					27	19	8	4	4	5	10	6	20	14	12	8	26	133	—	—	—
20	6 jaar	—	—	—	1	6	5	4	5	6	5	3	5	4	10	23	9	—	—	—	—
					32	8	3	3	2	3	3	6	5	7	7	5	10	—	—	—	—
					33	14	8	7	7	9	8	9	10	11	17	28	19	—	—	—	—
22	8 jaar	—	—	—	29	27	30	28	18	9	15	10	9	11	7	13	19	9	—	—	—
					31	25	7	11	14	10	11	6	6	4	5	10	7	12	—	—	—
					60	52	37	39	32	19	26	16	15	15	12	23	26	21	—	—	—
24	10 jaar	—	—	—	6	0	3	2	6	5	4	5	3	0	2	9	16	—	—	—	—
					15	2	3	3	3	8	6	3	0	4	4	8	9	—	—	—	—
					21	2	6	5	9	13	10	8	3	4	6	17	25	—	—	—	—
26	12 jaar	—	—	—	97	77	48	49	60	57	51	67	73	71	66	86	87	104	103	—	—
					173	174	153	110	85	62	86	55	78	61	48	67	70	80	63	—	—
					270	251	201	159	145	119	137	122	151	132	114	153	157	184	166	—	—
28	15 jaar	—	—	—	40	36	26	39	—	22	18	—	25	26	23	22	—	—	—	—	—
					40	32	42	35	—	17	15	—	11	13	13	22	—	—	—	—	—
					80	68	68	74	—	39	33	—	36	39	36	44	—	—	—	—	—

- Opm.: 1. Bij bot 1 tot en met 5 werd het aantal holten niet geteld om redenen die zijn aangegeven in Hfdst. IV-1e.  
 2. Met gewone cijfers zijn de aantallen resorptieholten in de voorste helft (boven) en de achterste helft (onder) aangegeven. De vette cijfers geven het totale aantal holten per doorsnede.  
 3. — = Het aantal holten kon niet worden geteld door beschadigingen aan het praeparaat.

TABEL 4. Verbouwingspercentage  
Reconstruction percentage

Botnr. Bonenr.	Leeftijd Age	Sectienummer/Sectionnummer																				Gemidd.	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
1	1 dag	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1 mnd.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	2 mnd.	—	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—
5	3½ mnd.	3	5	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	8½ mnd.	10	20	6	4	1	—	—	—	—	—	2	4	2	1	—	—	—	—	—	—	2	3
10	11 mnd.	10	25	7	2	—	—	—	—	—	—	2	4	6	5	5	2	—	—	—	—	2	4
13	20 mnd.	60	80	25	8	6	2	1	—	—	—	—	3	4	4	2	2	2	2	3	4	10	10
14	3 jaar	90	65	45	25	13	5	4	3	2	2	6	6	6	6	7	6	6	10	15	30	18	18
18	4 jaar	80	85	50	25	6	3	2	2	2	2	4	5	7	9	5	10	10	8	13	20	17	17
19	5 jaar	70	90	60	35	20	15	12	9	9	9	7	12	15	15	17	17	16	15	13	13	23	23
20	6 jaar	75	90	75	40	16	11	4	4	4	6	5	10	13	15	10	8	10	10	20	25	23	23
22	8 jaar	90	95	65	45	35	30	30	22	18	15	20	30	45	45	40	40	35	30	30	40	40	40
24	10 jaar	70	90	70	40	20	13	9	7	7	7	9	9	13	13	12	12	12	12	11	6	22	22
26	12 jaar	75	90	35	20	11	7	6	5	4	3	6	9	11	11	9	11	11	6	8	24	18	18
28	15 jaar	85	80	50	30	22	16	11	8	5	8	17	17	20	30	23	23	23	25	15	20	26	26

plaats tot doorsnede 14. In doorsnede 15 was het weer iets lager en het bleef dan ongeveer even hoog tot en met doorsnede 19. In doorsnede 20 steeg het nog een weinig. Dit verloop vonden wij met enige variaties in de meeste afzonderlijke metatarsen terug. Het verloop van het aantal resorptieholten in het bot is hiermee in overeenstemming (zie ook fig. 5).

Aanvankelijk vond de verbouwing vooral plaats langs de mergholte. Hierbij was echter geen voorkeur voor de opgevulde spongiosa merkbaar, zoals in de literatuur is vermeld. In die delen, waar uitsluitend periostaal weefsel voorkwam, vond de verbouwing namelijk in gelijke mate plaats. Vooral bij het dier van 3 jaar oud vonden wij de resorptieholten en de secundaire osteonen ook dicht bij de buitenomtrek van de diafyse. De verbouwing was in de voorste helft van de beenschacht aanmerkelijk minder intensief dan in de achterste helft. In zeer sterke mate vond de verbouwing plaats in de zone, waar de eerder genoemde banden van het spronggewricht aan het beenstuk waren bevestigd. Hier bevonden de resorptieholten en de secundaire osteonen zich reeds op een leeftijd van 3½ maand ook dicht bij de buitenomtrek van de schacht.

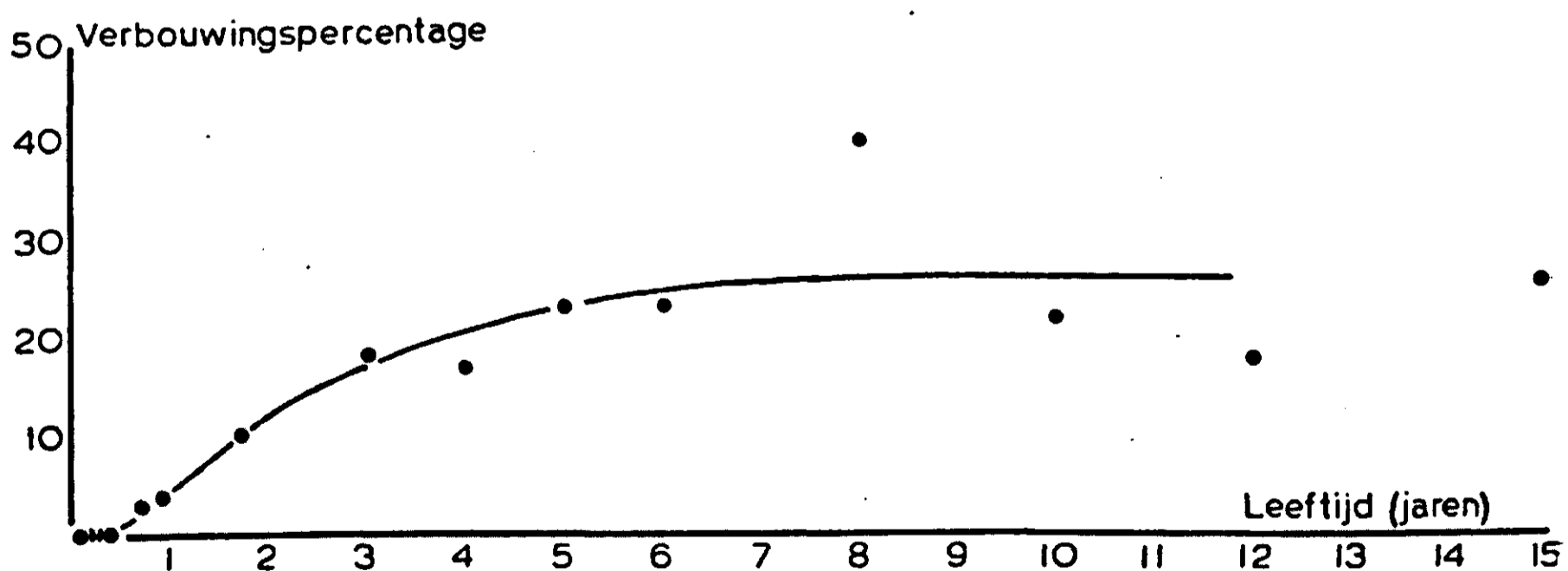


FIG. 3. Het verloop van het verbouwingspercentage in de metatarsus met de leeftijd.  
The course of the reconstruction percentage in the metatarsus, with age.

De resorptieholten waren op dwarse doorsneden meestal ongeveer rond; hun rand was enigszins gegolfd. De lamellensystemen van het omringende weefsel eindigden abrupt langs deze rand. De opvulling van de holten geschiedde met lamellair weefsel, waarvan de fibrillen vooral in de lengterichting van het systeem waren gericht. Niettemin vonden wij ook, voornamelijk langs de ingesloten kanalen, lamellen met circulair lopende fibrillen. De resorptiekitlijnen langs de omtrek van de aldus gevormde secundaire osteonen lichtten in gepolariseerd licht op dwarse doorsneden op; op lengtedoorsneden bleven zij donker. De fibrillen, die hier volgens recente onderzoekingen in zouden voorkomen, zouden dus in het vlak van de dwarse coupes liggen. Op lengtedoorsneden bleek de lengte van de secundaire osteonen de diameter tot 10 maal te overtreffen. Een uitvoerige bestudering van het beeld op lengtedoorsneden valt buiten het bestek van dit onderzoek.

*e. De uitbreiding van de mergholte en de remodellatie van de diafyse.* De uitbreiding van de mergholte vond bij de opgroeiende dieren, evenals bij het nuchtere kalf, vooral langs de achterkant van deze holte plaats. In een zeer brede zone waren de ruimten in het laminaire weefsel langs de mergholte hier door resorptie verwijd op een leeftijd van 2 en 3½ maand. Daar de resorptie langs de zijkanten van weinig betekenis was, vormden de laminae, die eerst evenwijdig aan de omtrek van de mergholte hadden verlopen, na verloop van tijd een scherpe hoek met deze omtrek. Bij de oudere dieren was dit goed waar te nemen (Plaat IV, fig. 7). De resorptieverschijnselen langs de achterkant van de mergholte vonden vooral plaats in de doorsneden 10 tot en met 15. De meer proximaal gelegen doorsneden lieten ook een belangrijke resorptie langs de voorkant van de mergholte zien. Wij zagen reeds eerder, dat vooral aan de achterkant van de metatarsus op een leeftijd van 2 en 3½ maand langs de buitenomtrek veel periostaal weefsel werd afgezet. In deze periode vond tevens langs de voorkant van de mergholte appositie van endostaal weefsel plaats. Vatten wij de genoemde resorptie en appositieprocessen samen, dan zien wij dat de mergholte zich vooral in het distale deel van de metatarsus naar achteren verplaatst.

Resorptie langs de buitenomtrek van de beenpijp kwam voor, waar het enchondrale weefsel aan de oppervlakte kwam, dus in het meest proximale en het meest distale gedeelte. Talrijke gedeeltelijk afgebroken primaire osteonen en andere lamellensystemen kwamen hier voor, evenals bij het nuchtere kalf.

#### 4. DE VERANDERINGEN IN DE SUBSTANTIA COMPACTA BIJ VOLWASSEN RUNDEREN

Op fig. 4 zijn de zeven frontale doorsneden weergegeven, die ons ten dienste stonden voor de beschrijving van de veranderingen in de structuur van de substantia compacta bij volwassen dieren. In leeftijd liepen de koeien, waarvan de beenstukken afkomstig zijn, op van 4 tot 15 jaar.

Op de afbeeldingen is te zien, dat er belangrijke individuele verschillen bestonden in lengte, diameter en dikte van de substantia compacta en in de hoeveelheid substantia spongiosa van deze beenderen. Bij een nadere beschouwing bleken de genoemde maten weinig verband met elkaar te houden.

De verdeling van de periostale compacta en van de opgevulde spongiosa kwamen ongeveer overeen met die bij het 3 jaar oude dier. Gemiddeld strekte het periostale weefsel zich iets verder in distale richting uit.





FIG. 15. Dwarse doorsnede van de metatarsus van een 5 jaar oude koe. Vergr. 4 ×. Doorsnede 9. Mediale deel van de achterste helft. Laminair weefsel, waarin secundair materiaal is gevormd tot dicht bij de buitenomtrek. Langs de mergholte generaallamellen.

FIG. 15. Cross section of the metatarsus of a 5 year old cow. Magnif. 4 ×. Cross section 9. Medial part of the posterior half. Laminar tissue, in which secondary material has been formed nearly to the circumference. Along the marrow cavity general lamellae.

PLAAT VIII

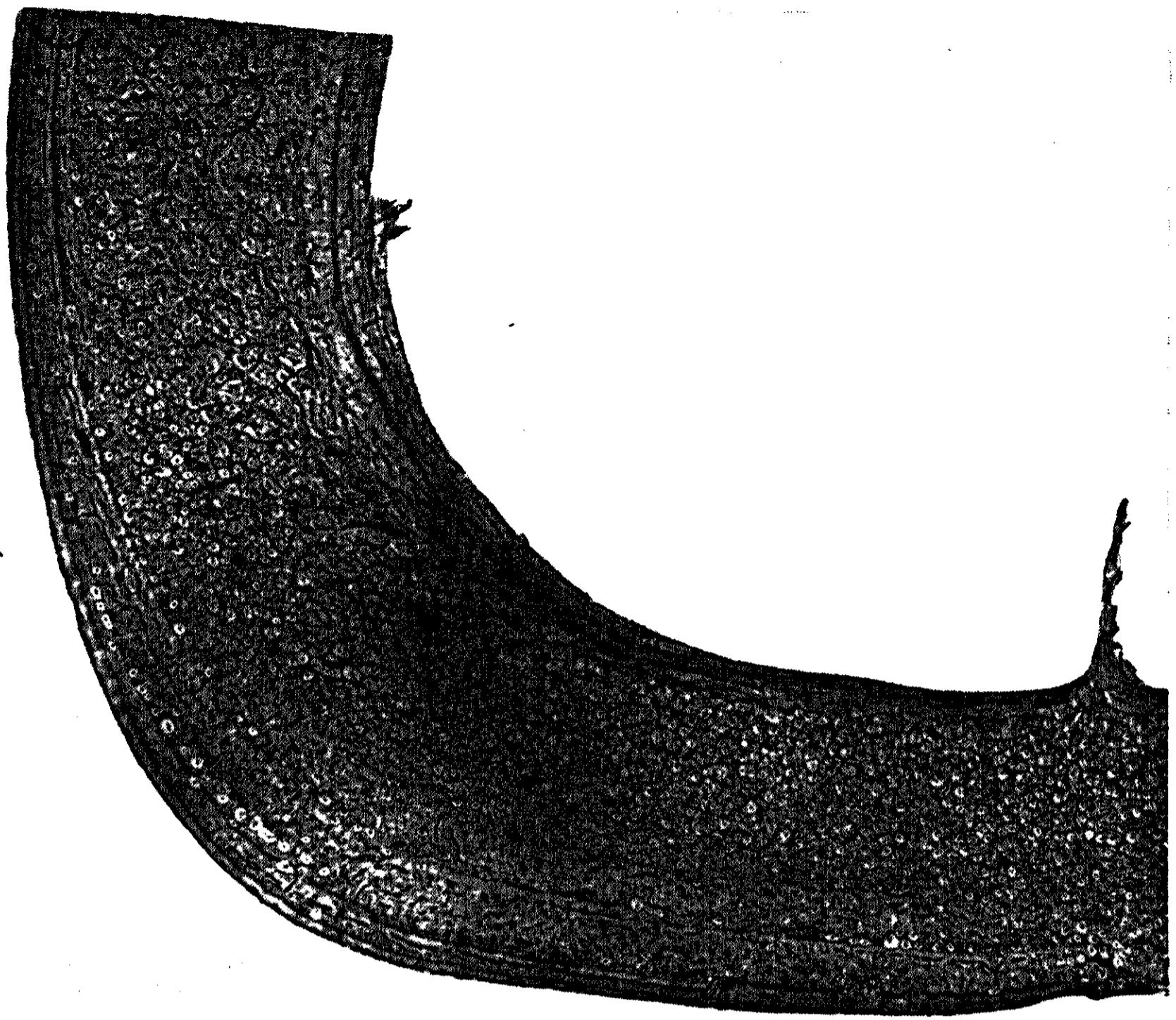


FIG. 16. Dwarse doorsnede van de metatarsus van een 5 jaar oude koe. Vergr. 4 ×. Doorsnede 15. Mediale deel van de achterste helft.

Laminair weefsel omgeeft opgevulde spongiosa, die van de mergholte is gescheiden door endostale laminae en generaallamellen. Secundaire osteonen bevinden zich tot dicht bij de buitenomtrek.

FIG. 16. *Cross section of the metatarsus of a 5 year old cow. Magnif. 4 ×. Cross section 15. Medial part of the posterior half. Laminar tissue encloses filled-up spongiosa, which is separated from the marrow cavity by endosteal laminae and general lamellae. Secondary osteons reach almost to the circumference.*

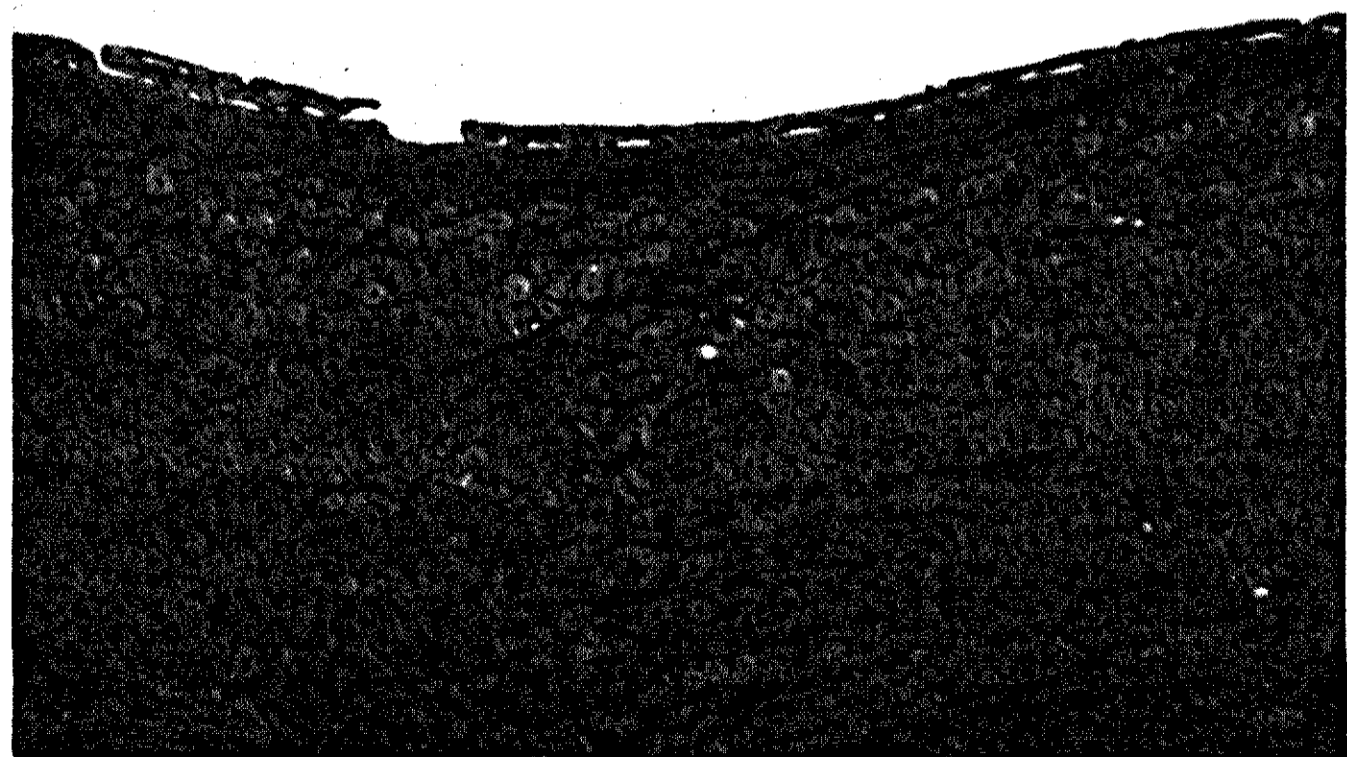
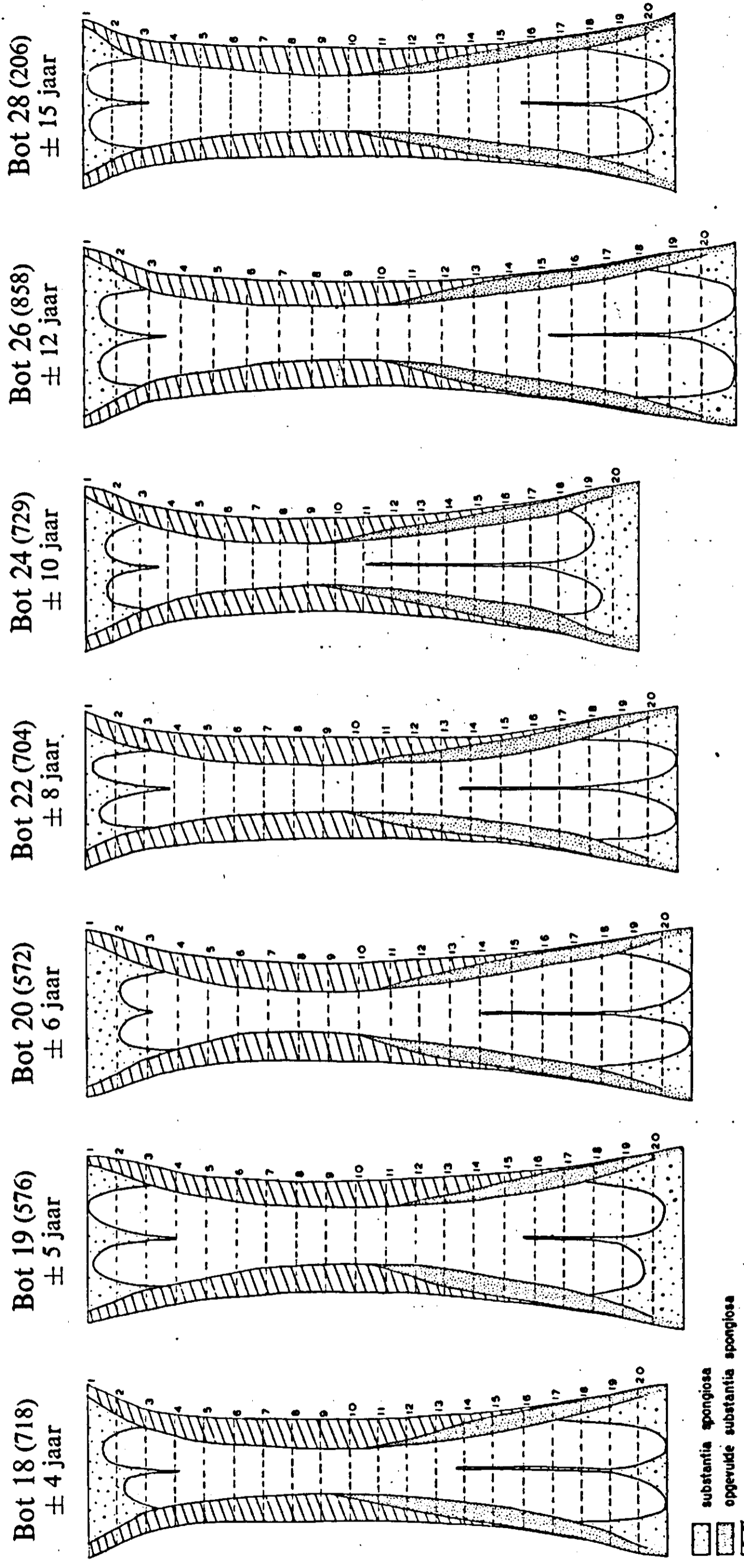


FIG. 17. Dwarse doorsnede van de metatarsus van een 15 jaar oude koe. Vergr. 7 ×. Doorsnede 3. Aan het vrije oppervlak primaire Haversse ruimten als teken van appositie op hoge leeftijd.

FIG. 17. *Cross section of the metatarsus of a 15 year old cow. Magnif. 7 ×. Cross section 3. At the free surface primary Haversian spaces as a sign of apposition at high age.*



substantia spongiosa  
 opgevuide substantia spongiosa  
 perfoostaal been

FIG. 4. Frontale lengtedoorsnede door het midden van de rechter metatarsus van koeien van vier tot vijftien jaar oud.  
*Frontal longitudinal sections through the middle of the right metatarsus of cattle of four to fifteen years of age.*

*a. De generaallamellen aan de buitenkant.* Deze verschillen niet belangrijk van die, welke in de voorafgaande paragraaf bij het 3 jaar oude dier werden beschreven. Op bijna alle plaatsen, waar periostaal weefsel de oppervlakte van de beenpijp vormde, waren ze aanwezig (Plaat VIII, fig. 16). De dikte van de pakketten varieerde bij de verschillende dieren. In de onmiddellijke omgeving van het proximale uiteinde was de situatie onoverzichtelijk. Soms ontbraken de lamellen, soms troffen wij een weefsel aan met onregelmatige tangentieel gerichte fibrillen zonder een duidelijke lamellaire gelaagdheid. Hetzelfde gold voor de meergenoemde zone, waar de banden van het spronggewricht waren aangehecht. Vooral bij de oudste dieren vonden wij hier secundaire osteonen in de generaallamellen.

Van het andere weefsel waren de generaallamellen soms door een onderbrekingskitlijn, soms door een resorptiekitlijn gescheiden. In andere gevallen gingen de generaallamellen zonder kitlijn in het laminaire periostale weefsel over. In het algemeen was het aantal resorptieverschijnselen nabij de buitenkant van het periostale beenweefsel zeer gering, hetgeen er dus op wijst, dat het weefsel, wanneer de generaallamellen eenmaal zijn gevormd en de remodellatie haar beslag heeft gekregen, slechts in geringe mate wordt geresorbeerd.

Zeer merkwaardig was de aanwezigheid van een enkelvoudige laag primaire Haversse ruimten langs de buitenomtrek bij de metatarsus van de 15 jaar oude koe. Dit bewijst, dat in dit geval op hoge leeftijd nog appositie van beenweefsel had plaats gevonden (Plaat VIII, fig. 17).

De eerder genoemde jaarringen troffen wij bij de volwassen dieren aan in wisselend aantal en op verschillende plaatsen van de doorsneden. Wij konden dezelfde ring dikwijls over verschillende doorsneden volgen. De stagnatie in de diktegroei, waarvan ze getuigen, had zich dus over grote delen van het bot uitgestrekt.

Sommige ringen, die wij in het materiaal van volwassen dieren vonden en die evenwijdig met de buitenomtrek op enige afstand hiervan liepen, hadden een geheel ander aanzien dan die, welke wij reeds eerder beschreven. Bij de 4 jaar oude koe vonden wij een dergelijke ring in de voorste helft van de diafyse (Plaat IX, fig. 18). Deze bestond niet uit de gewone lamellen. Zij werd slechts gekenmerkt door het feit, dat de fibrillenrichting van de laminae, welke overigens aan weerszijden van de „ring” zonder onderbreking doorliepen, hier plotseling veranderde. Wellicht hebben wij hier te doen met een onderbreking van de diktegroei, die zo kortstondig was, dat er zich geen onderbrekingskitlijn vormde. Wij vonden het beschreven beeld niet in de literatuur vermeld.

*b. Het laminaire periostale weefsel en de opgevulde spongiosa.* Deze ondergingen als zodanig, dus afgezien van de verbouwingsverschijnselen, uiteraard geen belangrijke veranderingen meer nadat de diktegroei was afgesloten. Voor een beschrijving kunnen wij dus naar de vorige paragrafen verwijzen.

Het afnemen van de hoeveelheid grof gebundeld weefsel in de middenlagen van de laminae, dat VIGNOLO LUTATI meende te kunnen constateren, kon door ons niet worden waargenomen. Zelfs bij de 15 jaar oude koe kwamen duidelijke grof gebundelde vezellagen voor. Anatomisch kunnen wij ons de verdwijning van dit weefsel ook moeilijk voorstellen.

Vermeldenswaard is voorts de uitzonderlijk sterke appositie van periostaal weefsel, die had plaats gevonden aan de voorkant van doorsnede 3 tot en met 12 van de metatarsus van de 8 jaar oude koe. De buitenomtrek van de beenschacht vertoonde hierdoor ter plaatse een zeer sterke uitbochting, die bij geen van de andere dieren voorkwam (Plaat IX, fig. 19).



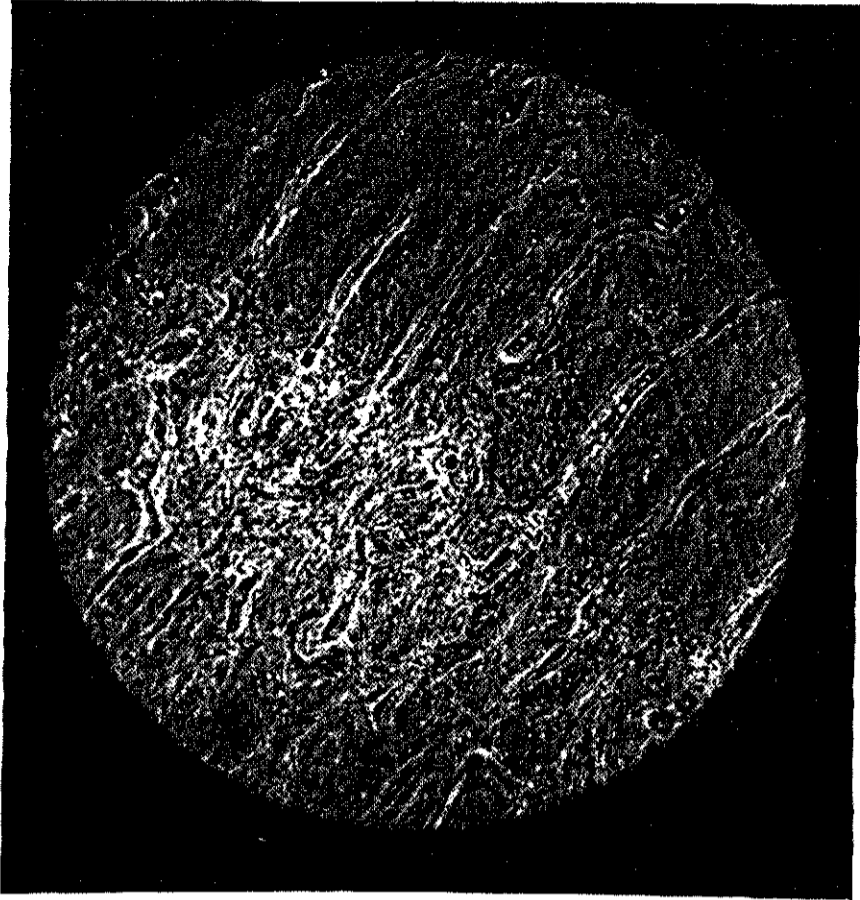


FIG. 18. Dwarse doorsnede van de metatarsus van een 4 jaar oude koe. Vergr.  $40 \times$ . Doorsnede 6. Opname met fasencontrastmicroscop.

Een tangentiële „jaarring”, lopend van links boven naar rechts onder, die niet bestaat uit generaallamellen, doch slechts gekenmerkt is door een verandering in de structuur van de laminae.

FIG. 18. *Cross section of the metatarsus of a 4 year old cow. Magnif.  $40 \times$ . Cross section 6. Photograph taken with phase-contrast microscope.*

*A tangential "ring of growth", running from top left to bottom right not consisting of general lamellae, but only marked by a change in the structure of the laminae.*



FIG. 19. Dwarse doorsnede van de rechtermetatarsus van een 8 jaar oude koe. Vergr.  $8 \times$ . Doorsnede 4. Een zeer sterke appositie van beenweefsel heeft zich hier voorgedaan. Het primaire weefsel is vervolgens bijna geheel vervangen door secundair weefsel.

FIG. 19. *Cross section of the right metatarsus of an 8 year old cow. Magnif.  $8 \times$ . Cross section 4. A very heavy apposition of bone tissue has occurred here. The primary tissue has then been replaced almost entirely by secondary tissue.*

c. *De endostale apposities langs de mergholte.* Deze waren van dezelfde aard als de overeenkomstige apposities bij de opgroeiende dieren. De dikte van de laag was aan grote individuele verschillen onderhevig en nam ook bij volwassen dieren in distale richting sterk toe.

Vaker dan dit bij de buitenste generaallamellen het geval was, kwamen in de pakketten generaallamellen en de andere endostale apposities langs de mergholte, resorptielijnen voor. Dit weefsel werd dus van tijd tot tijd geresorbeerd en opnieuw afgezet, wat, zoals wij reeds zagen, bij de buitenste generaallamellen waarschijnlijk slechts zelden voorkomt.

d. *De verbouwingsverschijnselen in de substantia compacta.* In tabel 3 en 4 zien wij, dat ook het verbouwingspercentage en het aantal resorptieholten grote individuele verschillen vertonen. Van een regelmatige toename van het aantal secundaire osteonen met de leeftijd was bij dit materiaal geen sprake.

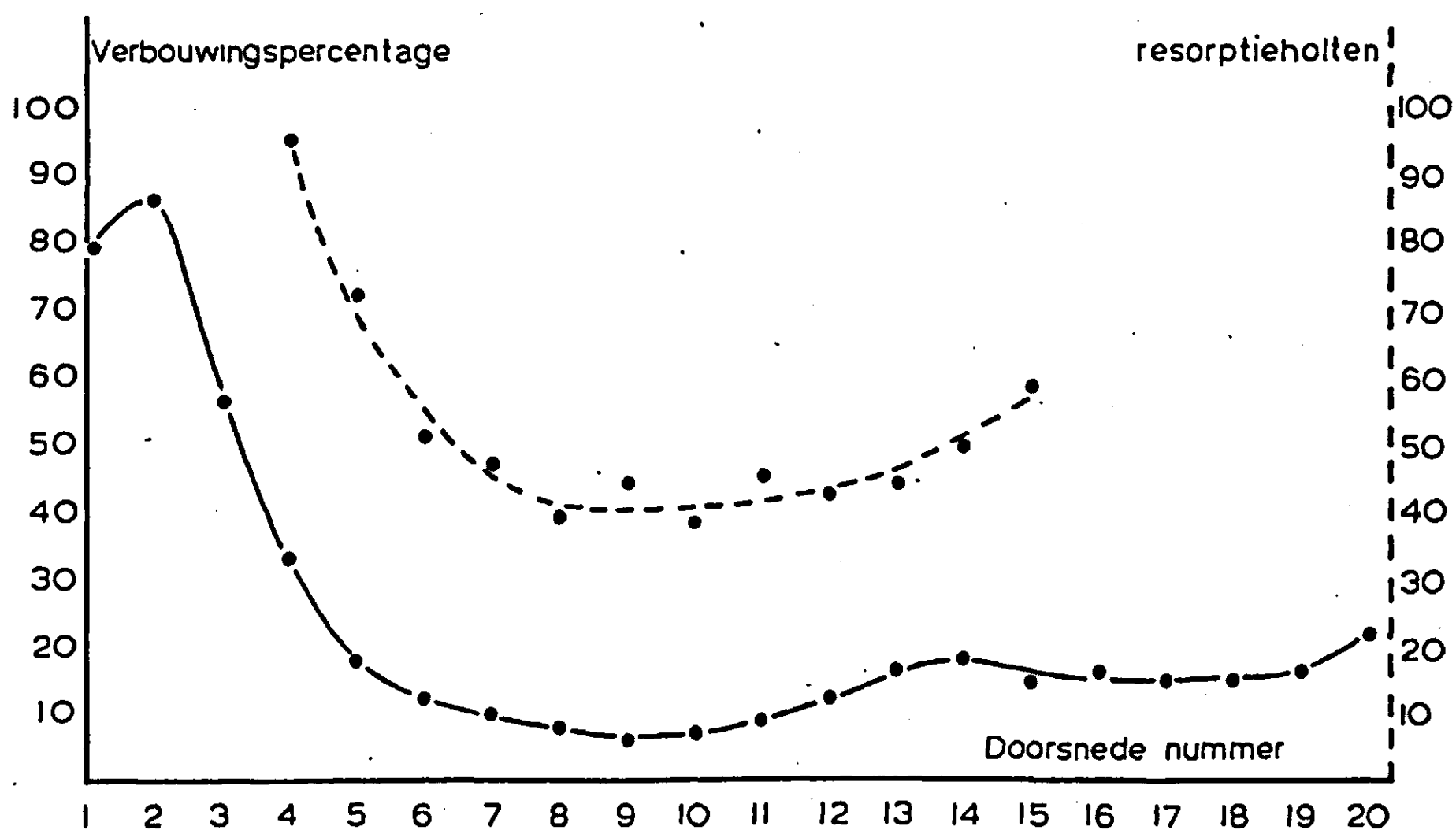


FIG. 5. Het verloop van het aantal resorptieholten en het verbouwingspercentage in de metatarsus bij volwassen koeien.

*Variation in the number of resorption cavities and the reconstruction percentage in the metatarsus of adult cows.*

Hetgeen voor de verdeling van de resorptieholten en de secundaire osteonen tijdens het laatst van de groeiperiode gezegd is, geldt ook hier (fig. 5). Wij willen hier nog aan toevoegen, dat de verdeling van het secundaire weefsel in de opgevulde spongiosa regelmatig was dan die in het periostale weefsel, waar het vooral langs de mergholte werd gevonden. Bij de volwassen dieren was de verbouwing in de meeste proximale doorsneden bijna volledig. Dit was evenzeer het geval bij de aanhechtingsplaats van de gewrichtsbanden.

Het verschil in verbouwingspercentage tussen de voorste en de achterste helft van de metatarsus was ook bij volwassen dieren zeer aanzienlijk. Bij de oudste dieren nam het secundaire weefsel ook in de buitenste delen van de substantia compacta, waar aanvankelijk zeer weinig secundair weefsel werd gevonden, geleidelijk toe.

De grootte van de secundaire osteonen varieerde tamelijk sterk. Een duidelijke afname van de gemiddelde diameter met het stijgen van de leeftijd van het dier konden wij niet vaststellen. De vorm was doorgaans vrij regelmatig rond. In de meeste gevallen waren de lamellen op dwarse doorsneden in gepolariseerd licht beurtelings helder en donker. Daarnaast kwamen secundaire osteonen voor, die onder deze omstandigheden voor het grootste deel donker waren en andere, die overwegend oplichtten.

## HOOFDSTUK V

### EEN ONDERZOEK OMTRENT HET VERBAND TUSSEN DE CALCIUM- EN FOSFORHUISHOUDING VAN HET RUND EN DE STRUCTUUR VAN DE SUBSTANTIA COMPACTA VAN DE METATARSUS

Nadat in het vorige hoofdstuk is gebleken, dat de structuur van de metatarsus niet uitsluitend afhankelijk is van de mechanische eisen, die aan het bot worden gesteld, zullen wij thans onderzoeken, welke andere factoren een rol kunnen spelen bij het tot stand komen van een bepaalde structuur. Hiertoe werden metatarsen van een groot aantal koeien en stieren verzameld, waarvan de indentiteit vast stond. Het verband tussen de structuur van de substantia compacta van deze metatarsen en een aantal factoren, die nauw samenhangen met de kalk- en fosforhuishouding van de dieren, werd aan dit materiaal nagegaan.

#### 1. MATERIAAL EN TECHNIEK

*a. Verzamelen en bewerken van het materiaal.* Het materiaal voor het hier te beschrijven onderzoek bestond uit 64 van stieren en 327 van koeien afkomstige metatarsen. De metatarsen van de koeien werden door ons verzameld op een wijze, zoals in hoofdstuk IV werd aangegeven voor de metatarsen, die dienden voor het onderzoek naar de structuur van de rundermetatarsus op verschillende leeftijden. De botten, die van stieren afkomstig zijn, werden verzameld op het Gemeentelijk Slachthuis te 's-GRAVENHAGE. Om de identiteit van deze dieren vast te stellen vergezelden wij een vleesgrossier, die deze stieren aankocht, naar de veemarkt te LEEUWARDEN, waar wij de zogenaamde t.b.c.-bewijzen van de eigenaars overnamen. Deze bewijzen werden genummerd met een cijfer, dat eveneens op de dieren werd aangebracht. De volgende dag bij het slachten werd direct na de dood van het dier een label met hetzelfde nummer aan de rechter metatarsus van de stier bevestigd.

Het vervaardigen van de preparaten en de foto's van dit materiaal geschiedde op precies dezelfde wijze als in Hoofdstuk IV is beschreven.

*b. De gegevens omtrent de dieren.* Wij verkregen deze door aan de vroegere eigenaars van de koeien een vragenlijst toe te zenden, zoals ook reeds in Hoofdstuk IV werd beschreven. Ook voor de stieren werden vragenlijsten toegezonden, maar deze bevatten uiteraard geen vragen over melkgift en aantal kalveren. Een nieuwe vraag werd in deze lijsten toegevoegd, namelijk „Wanneer en hoe lang heeft het dier het laatste jaar gedurende de gehele dag op stal gestaan?”

Voor het overige kwamen de vragen overeen met die, welke in de vragenlijsten voor koeien werden gesteld.

De produktiegegevens en de sectierapporten van de koeien werden op dezelfde wijze verzameld als in Hoofdstuk IV is vermeld.

De gegevens, zoals wij deze verkregen, waren voor ons niet alle zonder meer bruikbaar. Een gedeelte van de door de eigenaars verstrekte inlichtingen bleek namelijk niet voldoende nauwkeurig te zijn; een ander deel moest in een andere vorm worden gegoten. De gegevens, die voor ons onderzoek van belang zijn, werden samengevat in tabel I tot en met III, pag. 84-96. Wij zullen ze hieronder bespreken.

De *leeftijd* werd voor de dieren van 3 jaar en jonger uitgerekend in maanden en voor de oudere dieren afgerond in jaren. Deze laatste afronding geschiedde omdat al spoedig was gebleken, dat de veranderingen in de structuur bij oudere dieren in veel mindere mate van de leeftijd afhankelijk zijn dan bij jonge dieren, terwijl de leeftijd van de oudere dieren bovendien zelden in maanden nauwkeurig door de eigenaars werd opgegeven.

*Het aantal malen dat het dier gekalfd had*, was in de meeste gevallen nauwkeurig bekend. Voor de meeste dieren konden de opgaven van de eigenaars gecontroleerd worden aan de hand van de gegevens van de melkcontroleverenigingen en die van het Friesch Rundveestamboek. Uiteraard hield deze factor nauw verband met de leeftijd van de koeien, maar omdat hij hiermee niet volledig parallel behoeft te verlopen, werd hij afzonderlijk vermeld. Wanneer één of meermalen een kalf werd verworpen, is dit in de tabellen aangegeven met een \*.

*De tijd, verlopen sinds de laatste kalfdatum*, werd in dagen uitgedrukt voor zover deze periode korter was dan een maand en voor het overige afgerond in maanden. De kortere tijdseenheden omstreeks de kalfdatum werden gekozen, omdat de kans op belangwekkende veranderingen in de structuur kort vóór en na de kalfdatum wellicht groter is dan in andere perioden. Zoals bekend geeft het tijdsverloop sinds de kalfdatum het stadium van de lactatieperiode aan, waarin de dieren verkeerden op het moment dat ze geslacht werden.

*De tijd van de slachtdatum tot de datum, waarop het volgende kalf werd verwacht*, werd op dezelfde wijze aangegeven als de in de vorige alinea genoemde. Bij guste dieren werd ∞ ingevuld in de tabellen. Een effectieve controle op de gegevens, die door de eigenaars waren verstrekt, vormden hier de sectierapporten van de Gezondheidsdienst. Doorgaans was hierin aangegeven of bij het slachten een foetus werd aangetroffen en zo ja, hoe oud dit ongeveer was.

Het aantal gevallen waarin deze bronnen niet met elkaar in overeenstemming waren, was zeer gering en het betrof dan steeds dieren in de eerste maanden na de dekking, die tegen de verwachting van de eigenaar in niet drachtig waren.

*De totale hoeveelheid melk, die de koe in haar leven heeft geproduceerd*. Voor de berekening van deze hoeveelheid stonden niet in alle gevallen volledige gegevens ter beschikking. Van 107 koeien was de produktie in alle lactatieperioden bekend. Hier leverde de berekening van de totale produktie geen moeilijkheden op. Van 58 koeien was niet van alle lactatieperioden de produktie gegeven. Voor deze dieren werd als volgt gehandeld. Steeds waren van deze koeien behalve de ontbrekende, één of meer lactatieperioden van 260 tot 340 dagen volledig bekend. Voor deze volledige lactatieperioden berekenden wij de gemiddelde dagproduktie, die slechts in geringe mate van het aantal dagen binnen de genoemde grenzen afhankelijk is. Vervolgens werden de aldus verkregen cijfers met behulp van de factoren van BOSMA (1935) omgerekend tot gemiddelde dagproducties op



achtjarige leeftijd. Op deze wijze kregen wij voor elk dezer koeien de beschikking over tenminste één dagproductie op achtjarige leeftijd. Bij de dieren, waar er meer dan één waren, werden de gemiddelden berekend. Met behulp van de correctiefactor van BOSMA werd hieruit de gemiddelde dagproductie in de ontbrekende lactatieperioden becijferd. Dit cijfer, vermenigvuldigd met 300 als gemiddelde lengte van de lactatieperioden, leverde de benaderde produktie in deze perioden op. Vervolgens werd de som van de gegeven en de berekende produkties becijferd.

*De slachtdatum* was steeds nauwkeurig bekend. Deze datum geeft ongeveer aan, of de dieren voor de slacht korter of langer op stal dan wel in de weide hadden vertoefd.

De sectierapporten verschaften ons gegevens omtrent het voorkomen van *tuberculose*. Hierdoor waren wij in staat gesteld te onderzoeken of deze ziekte invloed had op de beenstructuur. Gevallen van beendertuberculose kwamen bij ons materiaal niet voor, zodat het hier ging om eventuele indirecte invloeden. Bij de meeste dieren had de tuberculose betrekking op kleine, veelal oude, verkaasde of verkalkte haarden; slechts bij enkele dieren werden belangrijke actieve processen aangetroffen.

De *grondsoort* van het bedrijf, waarvan de dieren afkomstig waren. De opgaven van de eigenaars beperkten zich doorgaans tot de aanduiding zand, veen of klei. In die gevallen, waarbij geen duidelijke opgave werd verstrekt, werd de grondsoort in de tabellen niet vermeld.

Wij hebben van de mogelijkheid afgezien, de ontbrekende gegevens aan de hand van bodemkaarten aan te vullen, omdat de juiste ligging van de landerijen ons niet bekend was, waardoor vergissingen zouden kunnen ontstaan. In de tabellen werden zand- en veengronden samengenomen als lichte gronden. Als kleigronden werden ook de gronden vermeld, die door de boeren als zavelgrond werden opgegeven. De grove indeling in zand- en veengronden enerzijds en kleigronden anderzijds is gebaseerd op de overweging, dat de kalk- en fosfortoestand in de kleigrond gemiddeld beter zal zijn geweest dan die in de lichte gronden. Een nauwkeuriger indeling was niet mogelijk, omdat de opgaven van de boeren hiervoor te weinig exact waren.

Daar stieren ook in de zomer dikwijls gedurende de gehele dag op stal worden gehouden, werd voor deze dieren nagegaan hoe lang de *periode* duurde *gedurende welke ze vóór de slacht de gehele dag waren opgesteld*.

De tijd, die het dier bij de laatste eigenaar had doorgebracht, werd gevraagd om te beoordelen, welke gegevens de eigenaar uit de tweede hand had verstrekt en dus minder betrouwbaar waren. Ook werden wij daardoor ingelicht omtrent de tijd gedurende welke de factor grond zijn invloed had kunnen doen gelden.

*c. De keuze van een representatief deel van de metatarsus.* Aangezien het ondoenlijk was van een groot aantal beenstukken telkens 20 doorsneden te vervaardigen, zoals dit voor het materiaal in Hoofdstuk IV is geschied, rees de vraag, welke doorsnede van de metatarsus er zich het beste voor leende ons inlichtingen te geven over de structuur van het gehele bot.

Als de drie structurelementen, die van dier tot dier sterk varieerden, leerden wij in het vorige hoofdstuk kennen: het aantal resorptieholten, het verbouwingspercentage en de dikte van de endostale apposities. Wij stelden nu de volgende eisen aan een representatieve doorsnede van de metatarsus:

1. De verbouwingsverschijnselen en de endostale apposities moesten in de doorsnede in voldoende mate worden aangetroffen.
2. De genoemde drie criteria moesten zo eenvoudig mogelijk kwantitatief kunnen worden bepaald.
3. Verbouwingsverschijnselen en generaallamellen moesten in zo goed mogelijk vaste verhoudingen staan tot die in het overige deel van het bot.
4. Het vervaardigen van een preparaat en een foto van de doorsnede van elke metatarsus dienden in verband met de uitgebreidheid van het materiaal niet te tijdrovend te zijn.

Door de eerste en tweede eis vervielen alle doorsneden, die substantia spongiosa bevatten, omdat in die doorsneden geen sprake was van concentrische endostale apposities, die eenvoudig en snel gemeten konden worden.

Tijdens het onderzoek naar de ontwikkeling van de rundermetatarsus was voorts reeds gebleken, dat de aanwezigheid van opgevulde substantia spongiosa in een doorsnede het schatten van de hoeveelheid secundair weefsel en het tellen van het aantal resorptieholten moeilijker maakte dan wanneer wij uitsluitend met periostaal beenweefsel te doen hadden. Het meten van de dikte van de endostale apposities was in dit gebied eveneens minder eenvoudig, omdat allerlei overgangsvormen met het opgevulde spongiosaweefsel voorkwamen, terwijl de grens tussen deze twee doorgaans niet scherp te trekken was.

Door het bovenstaande werd de keuze beperkt tot de doorsneden, waarin alleen periostaal beenweefsel en concentrisch langs de mergholte afgezet endostaal weefsel voorkwam; dit waren doorsnede 5 tot en met 9. Onze keus viel op doorsnede 5. De verbouwing hierin was intensiever dan in de doorsneden no. 6 tot en met 9. Hierdoor behoefden wij dus niet met al te kleine aantallen resorptieholten en te lage percentages secundair weefsel te werken, waardoor geringe onnauwkeurigheden ernstige gevolgen zouden kunnen hebben.

Een nadeel van doorsnede 5 was, dat deze zich op een tamelijk steil gedeelte van de kromme in fig. 5 bevond, waardoor een verschuiving van de doorsnede een vrij grote invloed op de omvang van de verbouwingsverschijnselen kan hebben.

In Hoofdstuk IV zagen wij, dat de verbouwingsverschijnselen in doorsnede 5 met zekere variaties in een vaste verhouding stonden tot die in de rest van het beenstuk. Voor de endostale apposities gold hetzelfde. Ook aan de 3e eis die wij stelden werd dus voldaan. Tenslotte leverde het vervaardigen van preparaten en foto's van doorsnede 5 geen moeilijkheden op.

*d. De waarnemingen aan de metatarsus.* Het aantal resorptieholten en de dikte van de endostale apposities werden op dezelfde wijze bepaald als in het vorige hoofdstuk is aangegeven.

Bij 64 metatarsen van stieren en 137 metatarsen van koeien werden deze bepalingen aan de voorste helft en aan de achterste helft van doorsnede 5 verricht (Tabel I en II). Hierna werden de gegevens van de beide helften vergeleken. Evenals in Hoofdstuk IV bleek, dat het aantal resorptieholten in de voorste helft van de doorsneden, behoudens enkele uitzonderingen, steeds belangrijk kleiner was dan dat in de achterste helft van de doorsneden, zowel bij koeien als bij stieren. Tussen het aantal resorptieholten in de voorste en in de achterste helft van de doorsneden bleek geen nauw verband te bestaan. De dikte van de endostale apposities in de voorste en die in de achterste helft van de doorsneden verschilden slechts weinig.

Wat de endostale apposities betrof, was er dus geen reden de waarnemingen over beide helften van de doorsnede uit te strekken. Omdat het betrekkelijk geringe aantal resorptieholten in de voorste helft van de doorsneden slechts weinig invloed had op het totale aantal holten in de doorsnede, zou men alleen om deze reden er al voor kunnen voelen hieromtrent uitsluitend waarnemingen te verrichten aan de achterste helft van de doorsneden. Om na te gaan of dit verantwoord zou zijn, hebben wij zowel bij koeien als bij stieren het verband nagegaan tussen de leeftijd van de dieren enerzijds en het aantal resorptieholten in de gehele doorsnede, in de voorste helft daarvan en in de achterste helft daarvan anderzijds. Hierbij bleek, dat bij koeien en stieren tussen het aantal holten van de gehele doorsnede en de leeftijd een duidelijk verband bestond. Het verband tussen de leeftijd en het aantal holten in de achterste helft van de doorsnede was nog duidelijker; maar voor het aantal holten in de voorste helft van de doorsnede was geen verband met de leeftijd waar te nemen.

Ook het verband van het stadium van de lactatieperiode met het aantal resorptieholten was het duidelijkst voor het aantal holten in de achterste helft van de doorsnede, iets minder duidelijk was dat met het aantal holten in de gehele doorsnede en niet aantoonbaar dat met het aantal holten in de voorste helft.

Het 3e criterium voor het beoordelen van de structuur, n.l. het verbouwingspercentage, was eveneens in de achterste helft van de doorsnede veel hoger dan in de voorste helft.

Op grond van het bovenstaande hebben wij ons voor de waarnemingen aan de rest van het materiaal beperkt tot de achterste helft van de doorsneden. Dit leverde een belangrijke arbeidsbesparing op, daar wij met 50% minder coupes, foto's en waarnemingen konden volstaan.

In het volgende wordt nu nagegaan, welk verband er bestaat tussen het aantal holten, het verbouwingspercentage en de dikte van de endostale apposities in de achterste helft van doorsnede 5 van de metatarsus enerzijds en een aantal gegevens omtrent de dieren, waarvan de beenstukken afkomstig waren, anderzijds. Zoals wij uiteen hebben gezet, mogen wij aannemen, dat de aldus verkregen gegevens representatief zijn voor de gehele metatarsus, zodat wij in het vervolg spreken van het aantal resorptieholten, het verbouwingspercentage en de dikte van de endostale apposities in de metatarsus zonder daarbij steeds te vermelden dat de waarnemingen slechts op een deel van dit beenstuk betrekking hebben.

## 2. HET AANTAL RESORPTIEHOLTEN IN DE METATARSUS

*a. Resorptieholten en leeftijd.* Het verband tussen het aantal resorptieholten in doorsnede 5 van de metatarsus en de leeftijd van de dieren werd weergegeven in fig. 6 en 7. Evenals in de nog volgende grafieken werden de waarnemingen aan de afzonderlijke dieren door punten aangegeven, de gemiddelden door cirkeltjes. Bij de stieren beschikten wij over materiaal van 64 dieren, in leeftijd variërend van 1 tot 7 jaar. Wij zien in fig. 6, dat het aantal holten van eenjarige leeftijd tot tweejarige leeftijd toenam en vervolgens afnam, totdat op een leeftijd van 5 tot 7 jaar een minimum werd bereikt. Het maximum op een leeftijd van 2 jaar lag ongeveer negen maal zo hoog als het gemiddelde, dat op volwassen leeftijd werd gevonden.

Bij koeien varieerde de leeftijd van de 327 beschikbare dieren van 8 maanden tot 15 jaar. Ook hier zagen wij aanvankelijk een stijging van het gemiddelde aan-

tal resorptieholten, welk gemiddelde op een leeftijd van 2 jaar zijn hoogtepunt bereikte.

Daarna nam het aantal holten geleidelijk af tot omstreeks het 6e, 7e en 8e jaar een minimum optrad. Daarna trad weer een stijging in, die doorging tot op hoge leeftijd.

De grafieken voor koeien en stieren zijn dus met elkaar in overeenstemming, wat de algemene tendens van de lijn betreft. De stijging op oudere leeftijd bij de koeien vonden wij bij de stieren niet terug, waarschijnlijk omdat daarvoor het stierenmateriaal te jong was. Het valt op, dat het maximum van het aantal holten op een leeftijd van 2 jaar bij de koeien slechts ongeveer 3 maal zo hoog lag als het minimum, terwijl dit bij stieren, zoals wij zagen, 9 maal zo hoog was. Ook absoluut lag het maximum bij de stieren ( $\pm 180$  holten) veel hoger dan dat bij de koeien ( $\pm 100$ ). Het minimum lag echter juist bij de stieren ( $\pm 20$ ) iets lager dan bij de koeien ( $\pm 35$ ).

Een ander verschil tussen de koeien en de stieren was nog, dat de spreiding van de punten bij de volwassen koeien geringer was dan die bij de volwassen stieren. Hierbij moet echter worden opgemerkt, dat het aantal punten, betrekking hebbende op volwassen stieren, tamelijk gering was. Zowel bij koeien als bij stieren was de spreiding van de punten zeer groot. Andere factoren dan de leeftijd doen dus hun invloed op de verbouwingsverschijnselen terdege gelden.

*b. Resorptieholten en het aantal malen dat een koe gekalfd heeft.* Van 292 koeien was bekend hoe vaak zij hadden gekalfd. Aangezien het aantal malen dat een dier kalft, nauw samenhangt met de leeftijd, ligt het voor de hand, dat wij hier een nagenoeg gelijk verband vinden als tussen het aantal resorptieholten en de leeftijd. Dit bleek ook inderdaad het geval te zijn. Er was geen duidelijk verschil met de onder *a.* besproken kromme, zodat het overbodig werd geacht dit verband in een afzonderlijke figuur weer te geven.

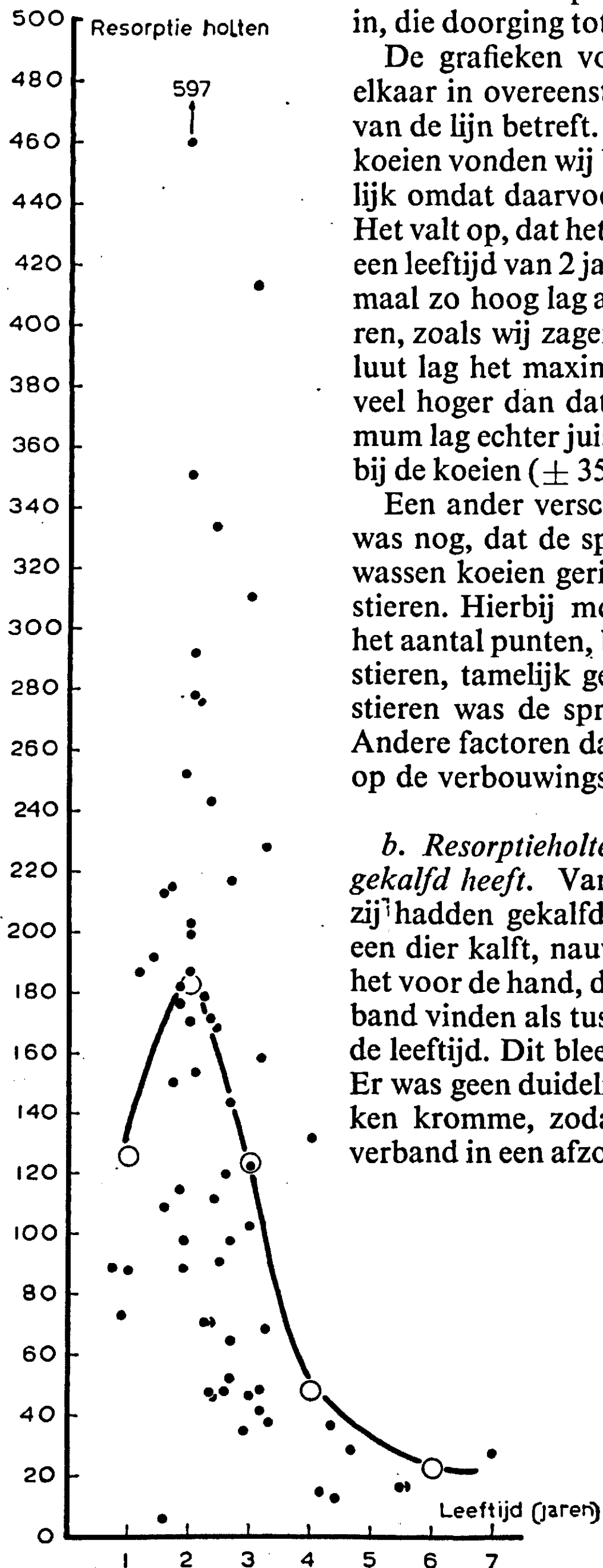


FIG. 6.  
Het verloop van het aantal resorptieholten met de leeftijd bij stieren. De cirkeltjes stellen de gemiddelden voor van dieren van gelijke leeftijd.  
*Variation in the number of resorption cavities with age in bulls. The circles represent the means for animals of the same age.*



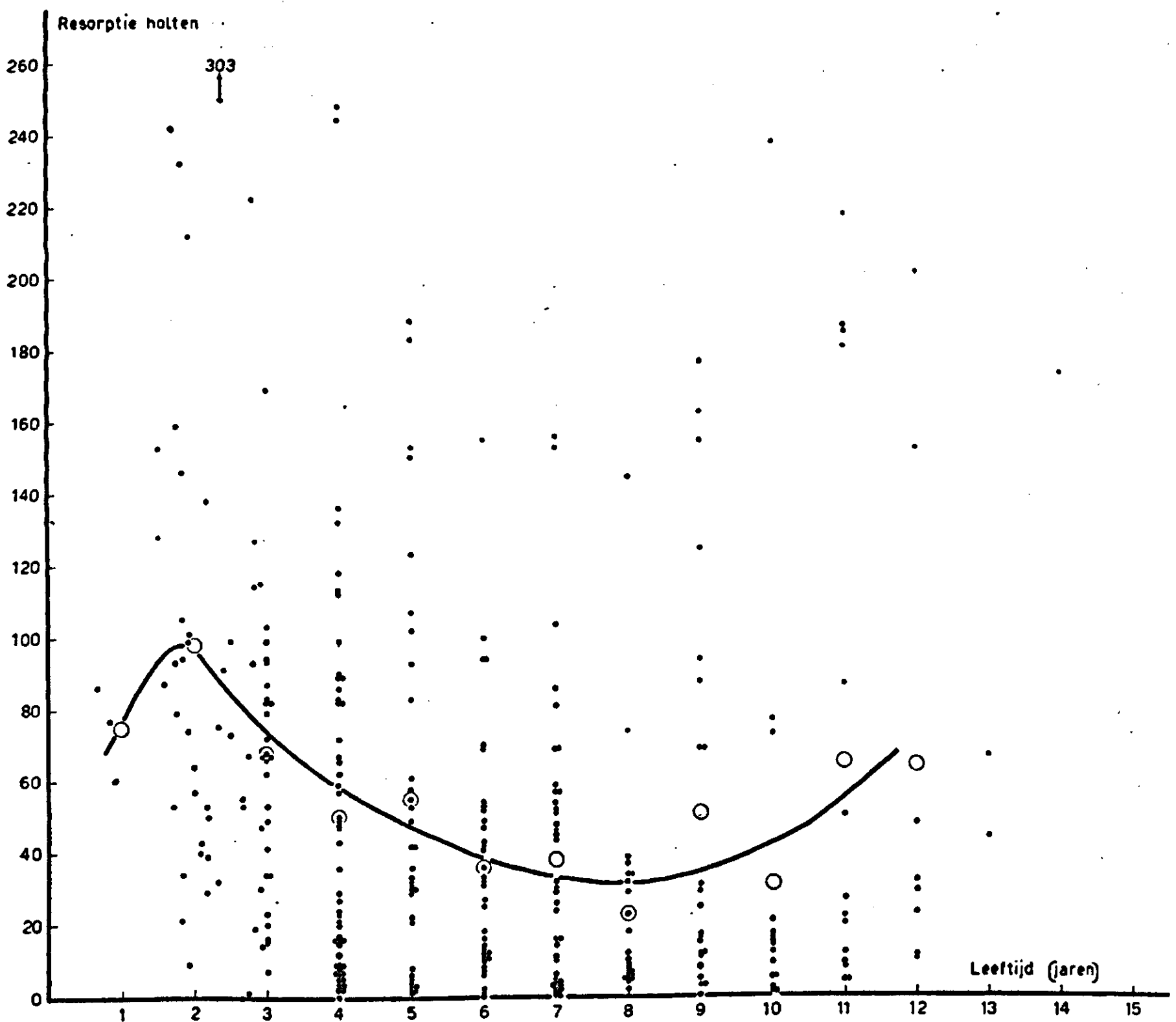


FIG. 7. Het verloop van het aantal resorptieholten met de leeftijd bij koeien. De cirkeltjes stellen de gemiddelden voor van dieren van gelijke leeftijd.

*Variation in the number of resorption cavities with age in cows. The circles represent the means for animals of the same age.*

*c. Resorptieholten en het stadium van dracht en lactatie.* Van verreweg de meeste koeien waarvan ons materiaal afkomstig was, wisten wij hoe lang het op de slachtdatum was geleden, dat het laatste kalf was geboren en hoe lang het nog zou hebben geduurd voor het volgende kalf geboren zou worden.

Het zou zeer eenvoudig zijn om een indruk te krijgen van het verloop van het aantal resorptieholten tussen twee kalldata van een koe, wanneer alle koeien een even lange tussenkalftijd hadden van bijvoorbeeld 12 maanden. De tijd tussen twee kalldata varieerde evenwel sterk. Hierdoor kon een koe, die bijvoorbeeld 10 maanden voor de slachtdatum gekalfd had, na korte tijd weer moeten kalven of nog gуст zijn; voorts kon het dier nog melk geven of reeds droog staan. Het is duidelijk, dat dergelijke dieren wat haar calcium- en fosforbalans aangaat, aanzienlijk kunnen verschillen en zij waren dus niet zonder meer vergelijkbaar. Het bleek nu, dat wanneer wij het aantal resorptieholten uitzetten tegen het aantal maanden, dat het geleden was, dat het dier had gekalfd, er slechts in de eerste 6 maanden na de kalddatum een duidelijk verband bestond. Tot dat tijdstip had de vorige kalddatum dus invloed op de beenstructuur; daarna werd deze invloed geringer en die van andere factoren groter. Hetzelfde geldt voor het verband tussen het aantal resorptieholten en het aantal maanden dat het nog zou hebben ge-

duurd, voordat het volgende kalf zou zijn geboren. Ook hier vonden wij slechts een duidelijk verband gedurende 6 maanden.

In fig. 8 werd nu links van het 0-punt het aantal maanden vóór de kalfdatum uitgezet voor 149 koeien en rechts het aantal maanden na de kalfdatum voor 84 dieren.

De dieren, die meer dan 6 maanden van de vorige en van de volgende kalfdatum verwijderd waren, werden buiten beschouwing gelaten. Voorts werden de koeien van 3 jaar en jonger niet in deze grafiek opgenomen, omdat hier het aantal resorptieholten, zoals wij reeds zagen, zeer sterk onder invloed stond van de leeftijd. Door het geringe aantal waren deze jonge dieren niet regelmatig over het materiaal verdeeld, waardoor zij het beeld van fig. 8 zouden hebben vertroebeld.

Ongeveer 6 maanden voor de kalfdatum vonden wij een maximum van ongeveer 75 holten. Het aantal holten begon dan geleidelijk te dalen. Omstreeks 3 maanden vóór de kalfdatum verliep de daling iets sneller; daarna werd zij weer geringer tot op de kalfdatum een minimum was bereikt, dat gemiddeld 12 resorptieholten bedroeg. Na de kalfdatum nam het aantal holten weer toe. Omstreeks de 4e maand na het kalven werd de toename geringer en op de 5e of 6e maand werd weer een maximum bereikt, dat van dezelfde orde van grootte was als het maximum dat 6 maanden vóór het kalven werd aangetroffen.

Het was opvallend, dat omstreeks de kalfdatum de spreiding van de punten

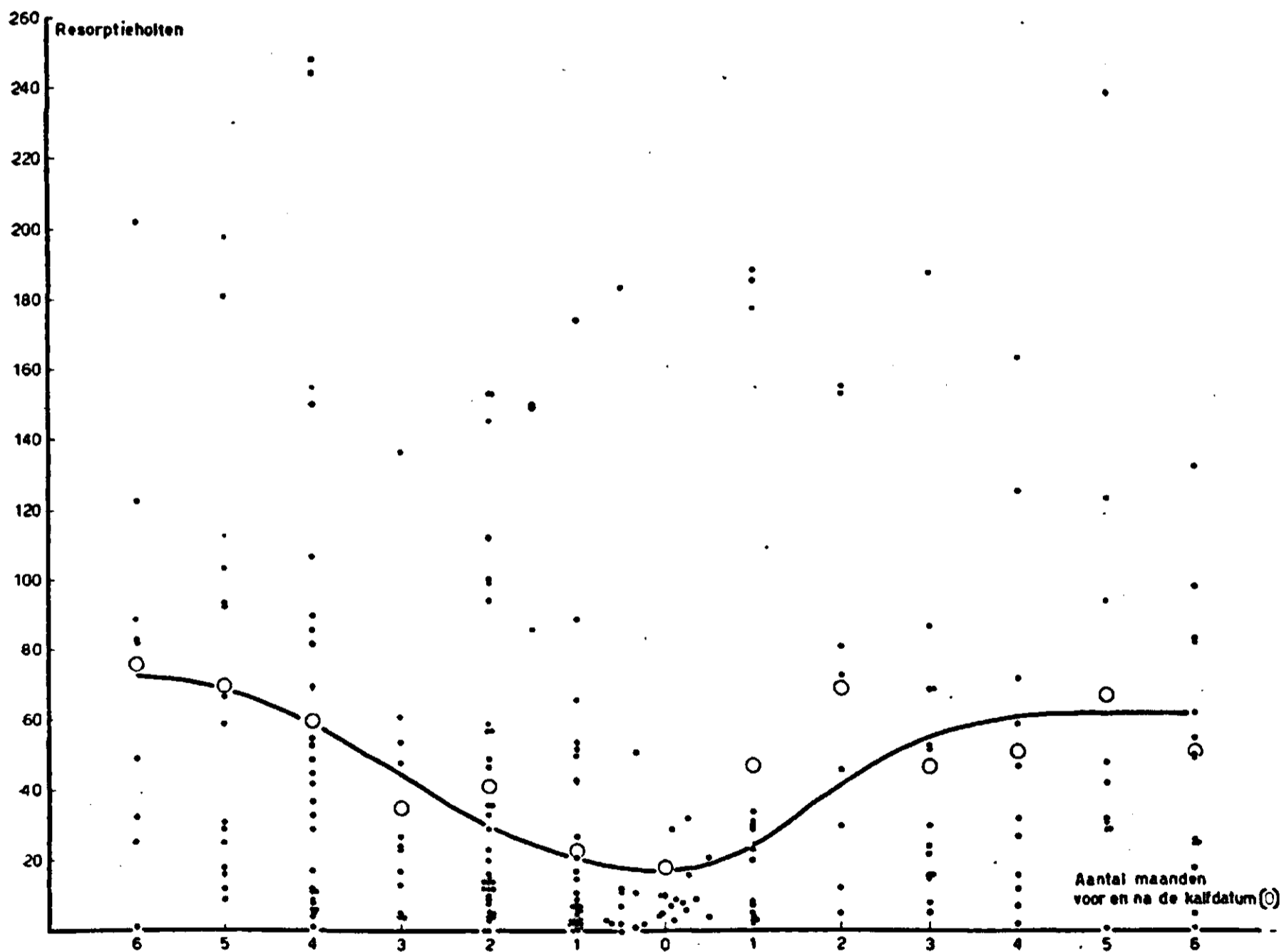


FIG. 8. Het verloop van het aantal resorptieholten voor en na de kalfdatum, die op het midden van de horizontale as door het 0-punt is aangegeven. De cirkeltjes stellen gemiddelden voor van dieren, die een gelijk aantal maanden van de kalfdatum waren verwijderd. *Variation in the number of resorption cavities before and after the calving indicated in the middle of the horizontal axis through the 0-point. The circles represent means for animals at the same stage of pregnancy.*

t.o.v. de gemiddelden veel geringer was dan daarvoor en daarna. Toch waren er van 1 maand vóór tot 1 maand na de kalfdatum vijf punten, die ver van de gemiddelden verwijderd lagen. Twee van deze punten hadden betrekking op dieren, die voor de kalfdatum niet drooggestaan hadden; zij waren zogenaamd doorgemolken. Waarschijnlijk was dit wel een belangrijke reden voor het voorkomen van zo veel resorptieholten. Bovendien was één van deze twee dieren reeds 14 jaar oud. Een dergelijke hoge leeftijd gaat, zoals wij reeds in fig. 7 zagen, gewoonlijk met een groot aantal resorptieholten gepaard. Een derde punt betrof een koe van 11 jaar oud, waarvan ons voor het overige geen bijzonderheden bekend waren, die ter verklaring konden dienen. Ook hier was de hoge leeftijd wellicht mede aansprakelijk voor het grote aantal holten. De andere twee punten hadden betrekking op koeien van 5 en 6 jaar, die normaal hadden drooggestaan. Hier was dus geen aanwijsbare reden voor het uitzonderlijk grote aantal resorptieholten.

*d. Resorptieholten en melkproduktie.* Het ligt voor de hand, dat de spreiding van de punten in fig. 8 voor een deel zal moeten worden toegeschreven aan verschillen in melkproduktie. Om na te gaan of dit inderdaad het geval was, werd voor 63 koeien de afwijking van de punten ten opzichte van de kromme in fig. 8 uitgezet tegen het aantal kilogrammen melk, dat de dieren omstreeks de slachtdatum per dag produceerden. Er bleek geen duidelijk verband te bestaan. Dit was evenmin het geval, wanneer wij het aantal resorptieholten uitzetten tegen het aantal kilogrammen melk, dat tot de slachtdatum geproduceerd werd in de lactatieperiode waarin de dieren werden geslacht. Ook was er geen correlatie tussen het aantal resorptieholten en het aantal kilogrammen melk, dat geproduceerd werd in de drie maanden, die aan de slacht vooraf waren gegaan.

*e. Resorptieholten en slachtmaand.* Het is niet ondenkbaar, dat het aantal resorptieholten in de metatarsus afhankelijk is van het seizoen. Bij 23 stieren die in het najaar werden geslacht, bedroeg het aantal resorptieholten gemiddeld 142 en bij 31 dieren, die in het voorjaar werden geslacht 148. Dit is dus een zeer gering verschil. Bovendien schommelde het aantal binnen beide groepen zeer sterk.

Bij de koeien waren de slachtdata regelmatig over het gehele jaar verdeeld. Een verband tussen het aantal resorptieholten en het seizoen, waarin de dieren zijn geslacht, konden wij ook hier niet aantonen.

*f. Resorptieholten en de duur van de stalstand.* Stieren staan ook in de zomer dikwijls gedurende de gehele dag op stal. Hoewel het denkbaar zou zijn, dat dergelijke dieren hiervan ook in hun skelet gevolgen zouden ondervinden, kon toch geen verband worden gevonden tussen het aantal resorptieholten in de metatarsus en het aantal maanden, dat de dieren vóór de slachtdatum gedurende de gehele dag op stal hadden gestaan.

*g. Resorptieholten en grondsoort.* In tabel 5 werd het aantal resorptieholten in de metatarsus aangegeven bij koeien en stieren, afkomstig van bedrijven met zand en/of veengrond enerzijds en met kleigrond anderzijds. De verschillen blijken zeer gering te zijn en zij wijzen bij stieren en koeien bovendien niet in dezelfde richting. Er mag aan de verschillen dus geen betekenis worden gehecht.

TABEL 5. Het gemiddelde aantal resorptieholten in de metatarsus van dieren van verschillende grondsoorten afkomstig. Tussen haakjes is het aantal waarnemingen geplaatst waarop het gemiddelde berust.

*The average number of resorption cavities in the metatarsus of animals from different soils.*

	Zand/veen	Klei
Stieren . . . . .	142 (33)	155 (29)
Koeien . . . . .	54 (172)	51 (106)

*h. Resorptieholten en tuberculose.* Van 196 koeien, waarvan de sectierapporten van oude of nieuwe tuberculeuze processen melding maken, bedroeg het aantal resorptieholten gemiddeld 55 en van 96 gezonde dieren 49. Er bestond dus een gering verschil ten gunste van de gezonde dieren. Binnen de beide groepen waren de verschillen zeer groot, zodat aan het kleine verschil tussen de gemiddelden weinig waarde kan worden toegekend.

### 3. HET VERBOUWINGSPERCENTAGE IN DE METATARSUS

Het verbouwingspercentage (zie Hoofdstuk IVe) is een maat voor alle verbouwingen, die gedurende het gehele leven van een dier hebben plaatsgevonden. Het heeft dan ook alleen zin het verband van het verbouwingspercentage te bestuderen met factoren, die gedurende lange tijd hun invloed hebben doen gelden.

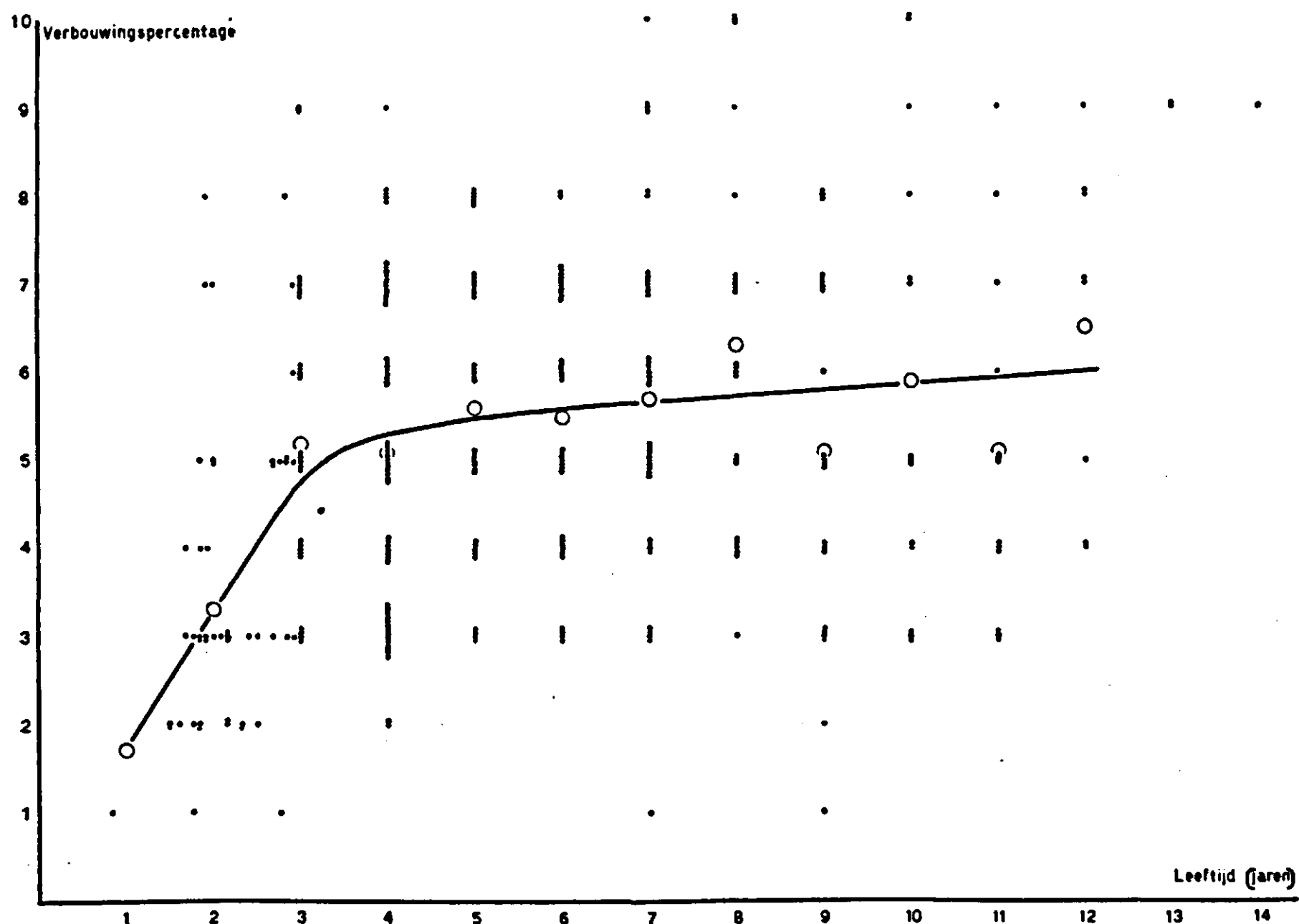


FIG. 9. Het verloop van het verbouwingspercentage met de leeftijd bij koeien. De cirkeltjes stellen de gemiddelden voor van dieren van gelijke leeftijd.

*Variation in the reconstruction percentage with age in cows. The circles represent the means for animals of the same age.*



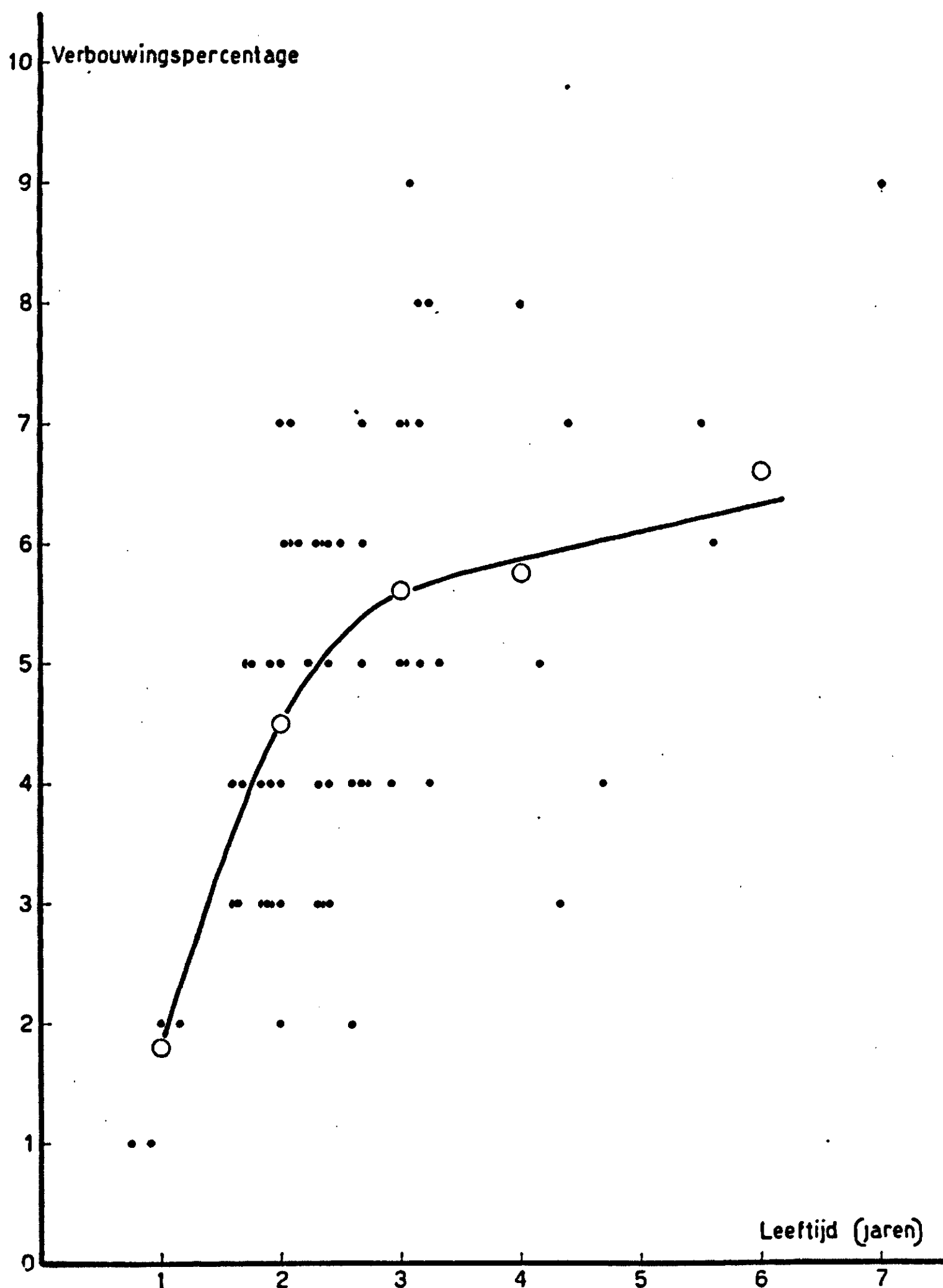


FIG. 10. Het verloop van het verbouwingspercentage met de leeftijd bij stieren. De cirkeltjes stellen de gemiddelden voor van dieren van gelijke leeftijd.

*Variation in the reconstruction percentage with age in bulls. The circles represent the means for animals of the same age.*

*a. Het verbouwingspercentage en de leeftijd.* Het verband tussen het verbouwingspercentage en de leeftijd werd voor 326 koeien uitgezet in fig. 9.

Wij zien, dat aanvankelijk een sterke stijging van het verbouwingspercentage met de leeftijd optrad. Op een leeftijd van drie jaar werd de stijging vrij plotseling veel geringer en zij zette zich hierna in langzamer tempo voort tot op hoge leeftijd. Evenals dit bij het aantal resorptieholten het geval was, vertoonden de punten een grote spreiding ten opzichte van de gemiddelden.

Bij de stieren (fig. 10) vertoont de lijn, die door de gemiddelden van elke leeftijdsgroep werd getrokken, eenzelfde beeld als hierboven voor de koeien is beschreven. Toch zijn er enige belangwekkende verschillen tussen de krommen in

fig. 9 en fig. 10. De lijn verloopt voor de stieren n.l. iets steiler en bereikt op alle punten een iets hoger niveau dan die voor de koeien. Vooral bij de jonge dieren, waarvan de gemiddelden ook bij de stieren op een groot aantal waarnemingen zijn gebaseerd, lijkt ons dit verschil van betekenis.

*b. Het verbouwingspercentage en het aantal malen dat een dier gekalfd heeft.*

Het verband tussen het aantal malen dat een koe heeft gekalfd en het verbouwingspercentage vertoonde, zoals te verwachten is, geen belangrijk verschil met het hierboven besproken verband tussen leeftijd en verbouwingspercentage; daarom is een desbetreffende figuur weggelaten.

*c. Het verbouwingspercentage en het aantal kilogrammen melk die een koe in haar leven heeft geproduceerd.* In fig. 11 is voor 165 koeien het verbouwingspercentage uitgezet tegen het aantal kg melk, dat de dieren tijdens haar gehele leven geproduceerd hadden. Wij zien, evenals bij de kromme in fig. 9, een lijn die aanvankelijk vrij snel stijgt, maar daarna veel langzamer. Een verschil met de kromme van fig. 9 is, dat deze laatste een iets steiler verloop heeft, doch gezien de spreiding, die de gemiddelden hebben ten opzichte van de getekende kromme, mogen wij aan dit verschil niet veel waarde hechten.

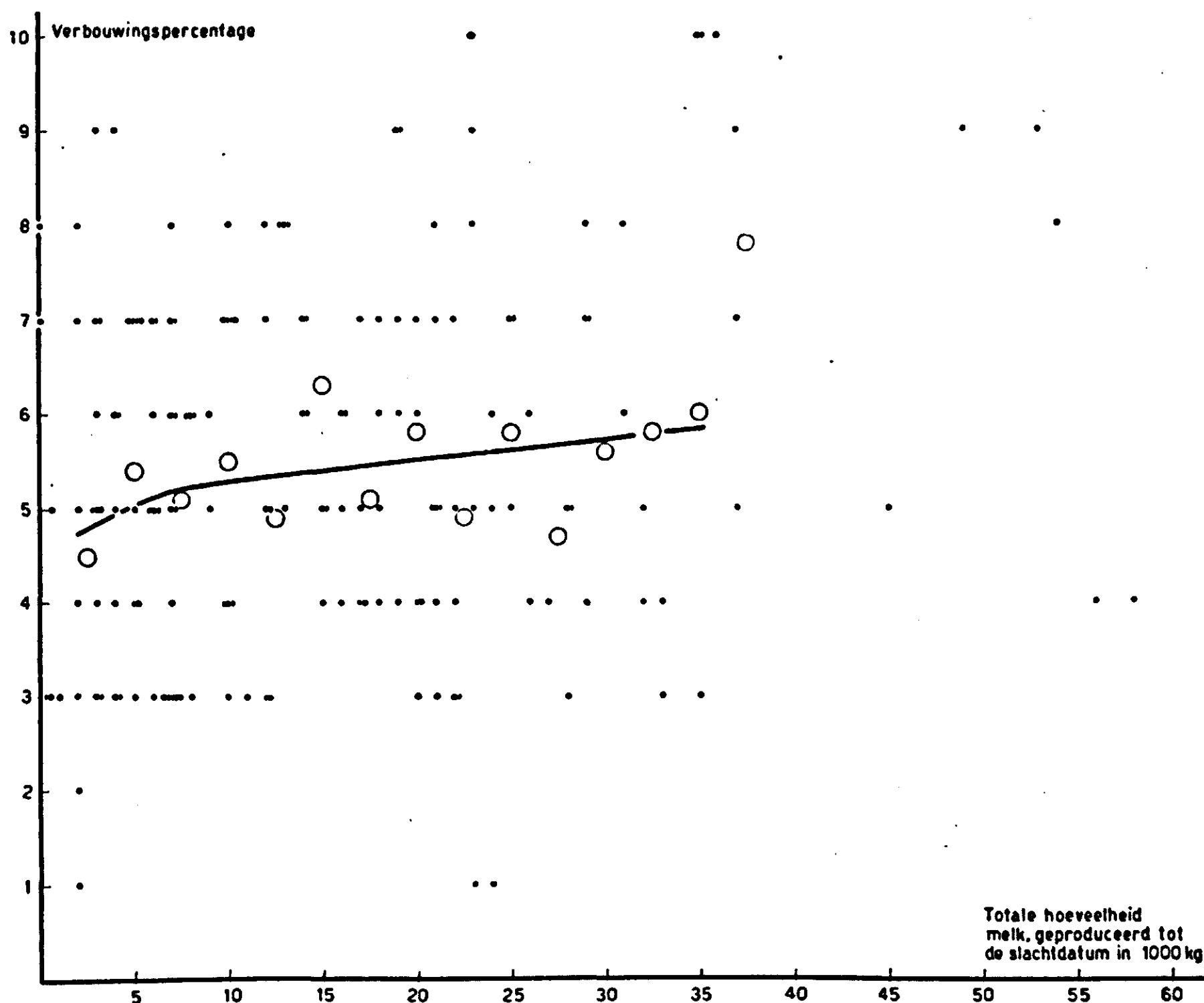


FIG. 11. Het verband tussen de totale melkproductie van koeien en het verbouwingspercentage. De cirkeltjes stellen de gemiddelden voor van dieren met gelijke melkproductie. *Relation of total milk production of cows and the reconstruction percentage. The circles represent the means of animals with equal milk production.*

TABEL 6. Het gemiddelde verbouwingspercentage in de metatarsus van dieren afkomstig van verschillende grondsoorten. Tussen haakjes het aantal waarnemingen waaruit deze gemiddelden zijn berekend.

*The average reconstruction percentage in the metatarsus of animals from different soils.*

	Zand/veen	Klei
Koeien . . . . .	5,2 (171)	5,6 (108)
Stieren . . . . .	5 (33)	4,7 (27)

*d. Het verbouwingspercentage en de grondsoort.* Het verbouwingspercentage in de metatarsus van koeien en stieren, afkomstig van bedrijven met zand- en/of veengrond enerzijds en kleigrond anderzijds, is vermeld in tabel 6. Evenals dit bij de resorptieholten het geval was, waren de verschillen klein en tegengesteld gericht. Binnen de groepen bestond voorts een aanzienlijke spreiding.

*e. Het verbouwingspercentage en tuberculose.* Het verbouwingspercentage van 199 koeien, waarbij volgens de sectierapporten nieuwe en oude tuberculeuze haarden voorkwamen, bedroeg gemiddeld 5,3, dat van 93 dieren, waar dit niet het geval was, gemiddeld 5,1. Evenals bij het aantal resorptieholten is het verschil dus zeer gering. Het is bij de gezonde dieren een weinig lager dan bij de reageerders.

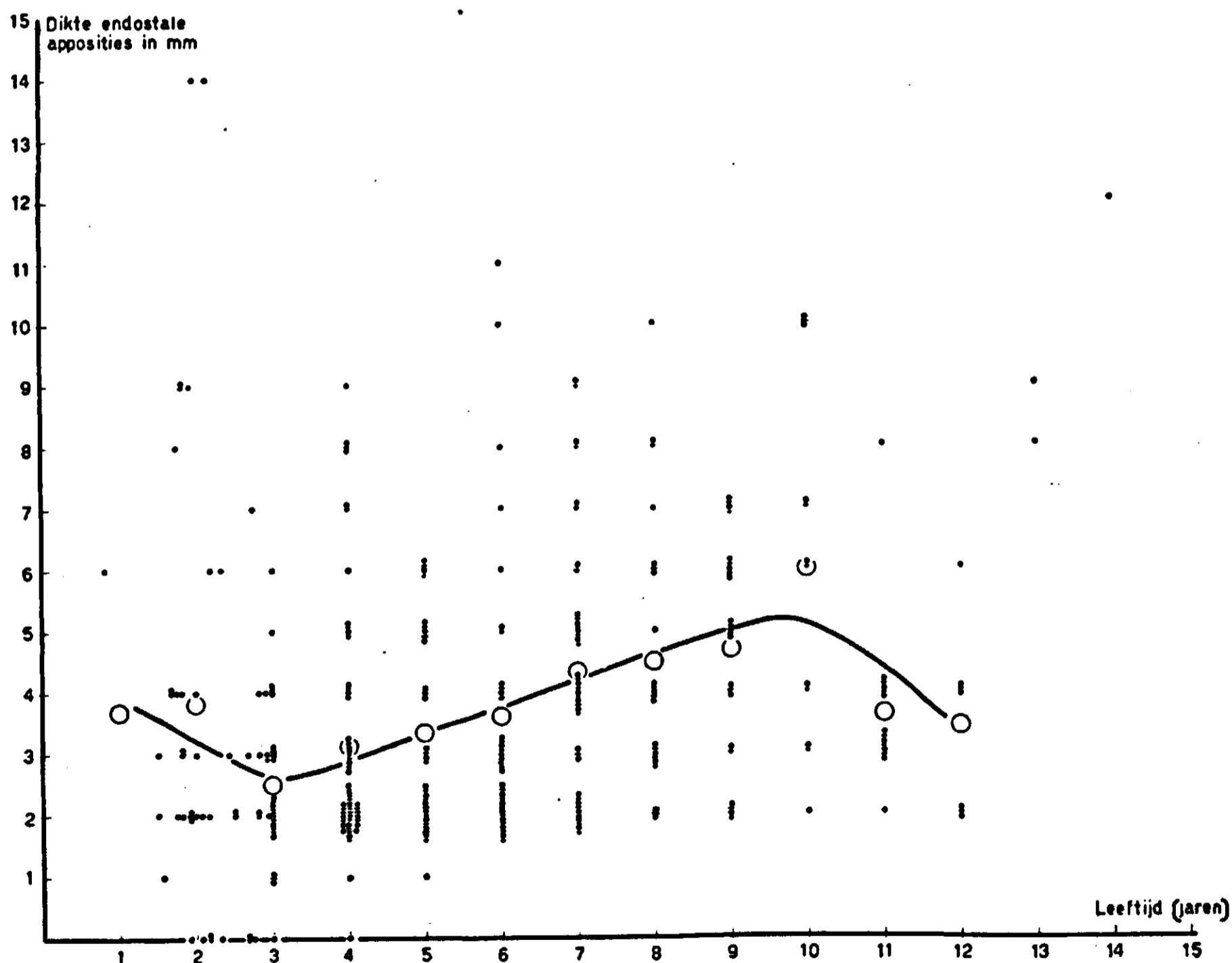


FIG. 12. Het verloop van de dikte van de endostale apposities met de leeftijd bij koeien. De cirkeltjes stellen gemiddelden voor van dieren van gelijke leeftijd.

*Variation in thickness of the endosteal appositions with age in cows. The circles represent the means for animals of the same age.*

## 4. DE DIKTE VAN DE ENDOSTALE APPOSITIES IN DE METATARSUS

a. *Endostale apposities en leeftijd.* Bij de 64 stieren konden wij geen duidelijk verband vinden tussen de dikte van de endostale apposities en de leeftijd. Bij de koeien was dit echter wel het geval. In fig. 12 werd voor 313 koeien de dikte der endostale apposities tegen de leeftijd uitgezet.

Het bleek, dat de dikte van de endostale apposities bij jonge dieren van 1 en 2 jaar groter was dan bij dieren van 3 jaar oud. Hierna vertoonde de gemiddelde dikte van de apposities een langzame stijging tot een leeftijd van 10 jaar, waarna weer een daling optrad, die zich bij ons materiaal voortzette tot een waarde, die nauwelijks groter was dan het minimum bij drie jaar.

Ook bij de dikte van de endostale apposities wijst de grote spreiding van de punten op de invloed van andere factoren dan de leeftijd der dieren.

b. *Endostale apposities en het aantal malen, dat een koe gekalfd heeft.* Dit verband bleek geen verschil met dat tussen de dikte van de endostale apposities en de leeftijd te vertonen.

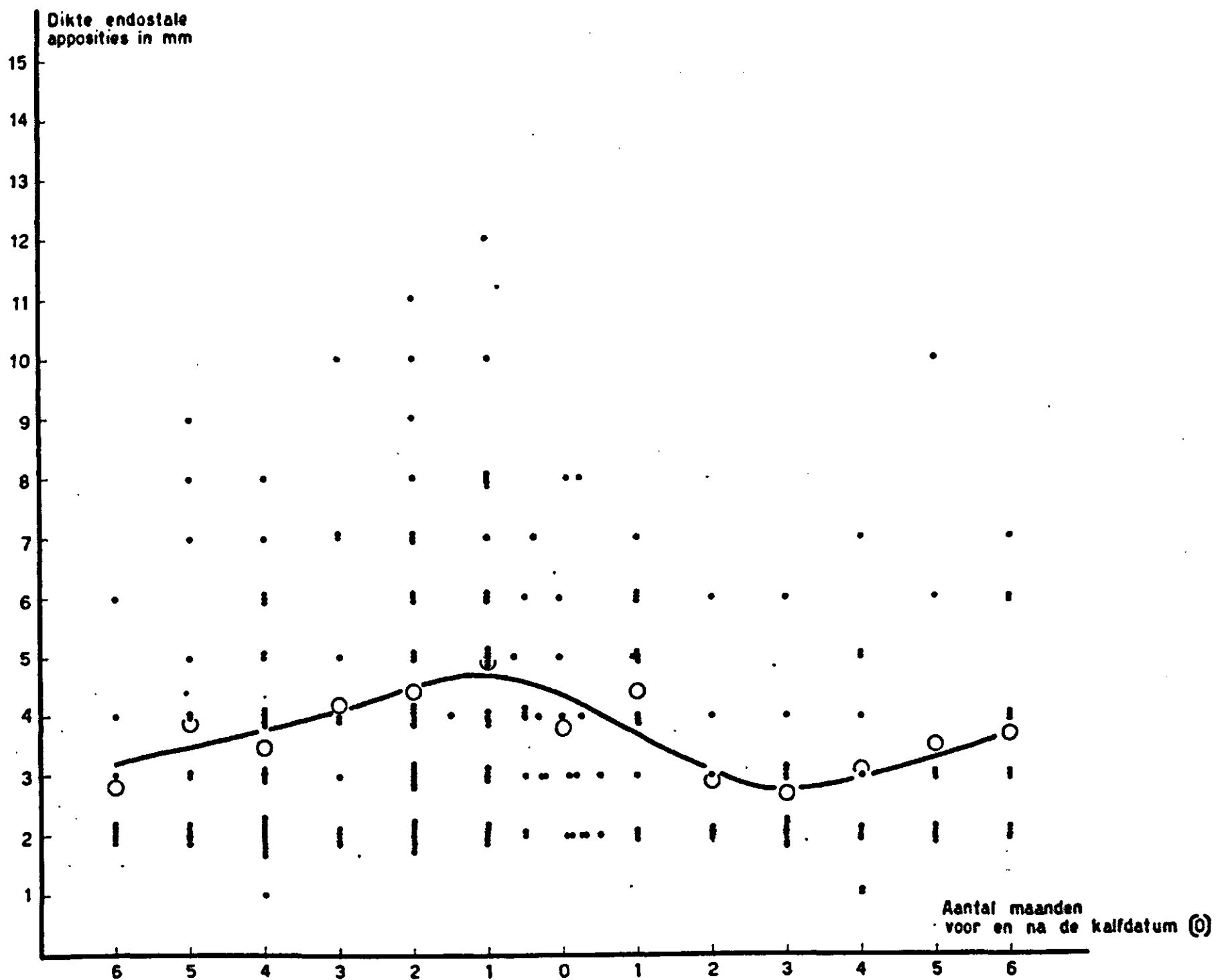


FIG. 13. Het verloop van de dikte van de endostale apposities voor en na de kalfdatum, die op het midden van de horizontale as door het 0-punt is aangegeven. De cirkeltjes stellen de gemiddelden voor van dieren, die een gelijk aantal maanden van de kalfdatum verwijderd waren.

*Variation in the thickness of the endosteal appositions before and after calving date indicated in the middle of the horizontal axis through the 0-point. The circles represent means for animals in the same month of pregnancy.*



c. *Endostale apposities en het stadium van dracht en lactatie.* In fig. 13 werd het verband tussen de dikte van de endostale apposities en het aantal maanden voor en na de kalfdatum op overeenkomstige wijze uitgezet als dit is geschied voor het verband tussen het aantal resorptieholten en het aantal maanden vóór en na de kalfdatum. Het aantal waarnemingen aan botten van dieren vóór de kalfdatum bedroeg 144, dat ná de kalfdatum 82.

Van 6 maanden voor de kalfdatum af zien wij, dat de gemiddelde dikte van de endostale apposities regelmatig toenam tot omstreeks de kalfdatum een maximum werd bereikt. Na de kalfdatum nam de dikte van de apposities geleidelijk af; ongeveer 3 maanden daarna werd de laagste waarde bereikt. Hierna trad weer een stijging in, die voortduurde tot op 6 maanden na het kalven een waarde werd bereikt, die in dezelfde orde van grootte lag als die van 6 maanden vóór de kalfdatum.

d. *Endostale apposities en melkproduktie.* De dikte van de endostale apposities werd met dezelfde gegevens omtrent de melkproduktie vergeleken als dit voor het aantal resorptieholten is geschied. Wij zagen ook in dit geval geen duidelijk verband.

e. *Endostale apposities en slachtmaand.* Bij de koeien bleek het seizoen geen invloed op de dikte van de endostale apposities te hebben. Bij 23 stieren, die in het najaar waren geslacht, bedroeg de dikte van de endostale apposities gemiddeld 13,4 mm, bij 31 dieren, die in het voorjaar waren geslacht 10,8 mm. In de herfst was de gemiddelde dikte van de endostale apposities dus iets groter dan in het voorjaar.

f. *Endostale apposities en duur van de stalstand.* Naarmate stieren langer op stal hadden gestaan vóór de slachtdatum, nam de dikte van de endostale apposities af van gemiddeld 15 tot gemiddeld 8 mm. Een aantal dieren, dat veel langer dan een jaar op stal had doorgebracht, vertoonde echter weer dikkere endostale apposities. Dit feit en de grote spreiding van de punten maken het noodzakelijk ten aanzien van deze aanwijzing enig voorbehoud te maken.

g. *Endostale apposities en grondsoort.* Wij zien in onderstaande tabel, dat de dikte van de endostale apposities op kleigrond iets groter was dan op zand- en veengrond, zowel bij de stieren als bij de koeien. De spreiding bij de groepen was wederom groot.

TABEL 7. De gemiddelde dikte van de endostale apposities in de metatarsus van dieren van verschillende grondsoorten afkomstig. Tussen haakjes het aantal waarnemingen waaruit de gemiddelden zijn berekend.

*The average thickness of the endosteal appositions in the metatarsus of animals from different soils.*

	Zand/veen	Klei
Koeien . . . . .	3,7 (166)	4,0 (101)
Stieren . . . . .	9,9 (32)	13,3 (26)

h. *Endostale apposities en tuberculose.* Bij 193 koeien, die jonge en oude tuberculeuze haarden hadden, bedroeg de gemiddelde dikte van de endostale apposities 3,74 mm, bij 91 dieren, waarbij dergelijke haarden niet werden gevonden, was dit 3,81 mm.

5. HET ONDERLINGE VERBAND TUSSEN HET AANTAL RESORPTIEHOLTEN, HET VERBOUWINGSPERCENTAGE EN DE DIKTE VAN DE ENDOSTALE APPOSITIES

Het heeft hierbij slechts zin twee correlaties te onderzoeken, namelijk die tussen het aantal resorptieholten en de dikte van de endostale apposities en voorts die tussen het aantal resorptieholten en het verbouwingspercentage. In het eerste geval hebben wij te maken met twee factoren, die allebei een afspiegeling kunnen zijn van de calcium- en fosforhuishouding op de slachtdatum. In het tweede geval kunnen wij uit het verband afleiden, hoe groot het aandeel van het aantal resorptieholten was in het verbouwingspercentage, welk laatste immers is samengesteld uit het percentage secundaire osteonen en het percentage resorptieholten.

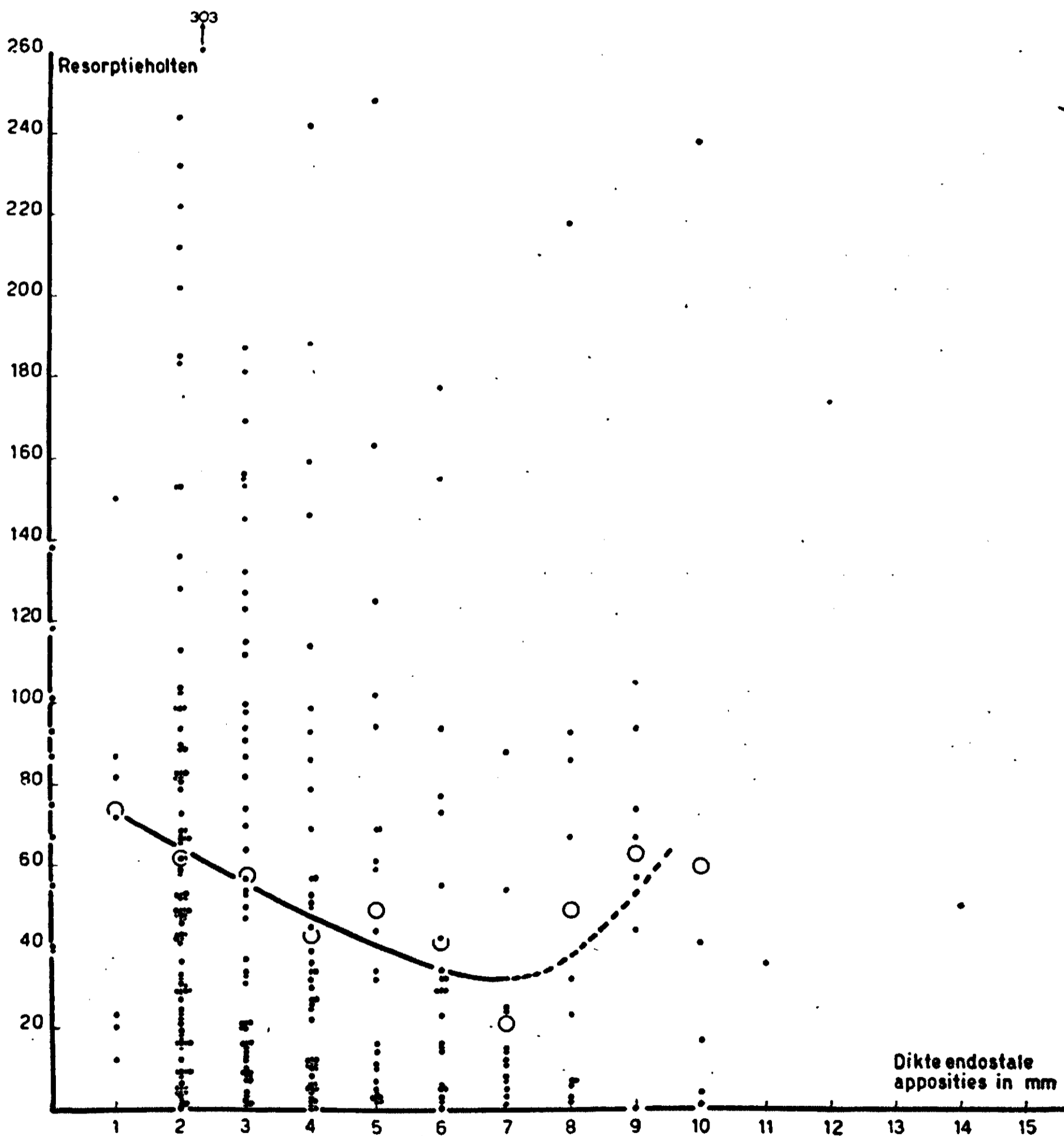


FIG. 14. Het verband tussen het aantal resorptieholten in de metatarsus en de dikte van de endostale apposities bij koeien.  
*Relation between the number of resorption cavities in the metatarsus and the thickness of the endosteal appositions in cows.*

*a. Resorptieholten en endostale apposities.* In fig. 14 is voor 309 koeien het aantal resorptieholten uitgezet tegen de dikte van de endostale apposities.

Wij zien, dat naarmate de dikte van de endostale apposities groter werd, het aantal resorptieholten afnam. Hadden wij echter met zeer dikke endostale apposities te doen, dan werd het aantal resorptieholten weer snel groter. Bij een nader onderzoek bleek, dat een relatief groot aantal van de punten in dit laatst bedoelde gedeelte van de grafiek betrekking had op zeer jonge koeien. Deze combineren dus dikwijls een groot aantal resorptieholten met dikke endostale apposities. Bij de stieren vonden wij het verband tussen het aantal resorptieholten en de dikte van de endostale apposities veel minder duidelijk, doch ook hier scheen het aantal resorptieholten iets kleiner te zijn naarmate de endostale apposities dikker waren.

*b. Resorptieholten en verbouwingspercentage.* Bij de koeien bleek er van een verband tussen het aantal resorptieholten en het verbouwingspercentage nauwelijks sprake te zijn. Bij de stieren vonden wij een positieve correlatie tussen beide grootheden. Dit verschil kan ons niet verbazen. Immers bij de stieren hadden wij met veel jonger materiaal te doen, zodat er nog betrekkelijk weinig nieuwe osteonen waren gevormd, terwijl het aantal resorptieholten op deze leeftijd zeer groot was, zodat het aandeel van de resorptieholten in het verbouwingspercentage veel groter was dan bij volwassen dieren.

## HOOFDSTUK VI

### BESPREKING VAN DE UITKOMSTEN VAN HET ONDERZOEK

Zoals bekend behoort de metatarsus tot de pijpbeenderen. Wij bestudeerden in het bijzonder de substantia compacta. Deze bestaat in hoofdzaak uit periostaal been. Op twee plaatsen komt er ook opgevuld spongieus beenweefsel in voor en wel als twee onregelmatig gevormde platte ringen, namelijk een dunne in het proximale gedeelte en een dikkere en bredere in het distale gedeelte (zie fig. 2 en fig. 5). Aan de binnenzijde bevindt zich bovendien meestal een laagje van concentrische en endostale apposities.

Bij de bespreking van de uitkomsten van ons onderzoek zullen wij ons niet lang bezig houden met datgene, wat een bevestiging vormde van hetgeen uit de literatuur bekend was.

#### 1. DE BOUW EN DE ONTWIKKELING VAN DE SUBSTANTIA COMPACTA VAN DE RUNDERMETATARSUS

*a. De algemene vorm en de groeiprocessen van de metatarsus.* Wij hebben gezien, dat de rundermetatarsus slechts aan het distale uiteinde een epifysaarschijf bezit. De lengtegroei van het beenstuk vindt vooral van deze epifysaarschijf uit plaats, doch het is niet uitgesloten, dat ook aan het proximale uiteinde een zekere lengtegroei plaats vindt van het gewrichtskraakbeen uit. Deze wordt echter vele malen overtroffen door die aan het distale uiteinde van het bot. Het bovenstaande kon worden vastgesteld door middel van een techniek, die in de literatuur niet werd beschreven. De lengtegroei werd namelijk gemeten ten opzichte van een punt, waar de buitendiameter van de ring van opge-

vulde spongiosa constant is gedurende het gehele leven van een dier. De lengte van de metatarsen, waaraan wij ons onderzoek verrichtten, nam op jeugdige leeftijd regelmatig toe met de leeftijd, doch bij volwassen dieren bestaan in dit opzicht grote individuele verschillen (zie fig. 2 en fig. 5).

Door de *diktegroe*i neemt de diameter van de diafyse op jeugdige leeftijd toe, evenals de dikte van de beenmantel. Bij volwassen dieren bestaan er ook in deze beide opzichten grote individuele verschillen. Bij de kalveren van 1 dag en 1 maand oud was de diameter aan de beide uiteinden meer dan twee maal zo groot als de kleinste diameter van de schacht. Bij oudere dieren werd dit verschil steeds kleiner. De algemene vorm van het bot benadert dus op volwassen leeftijd iets dichter de vorm van een cylinder dan bij zeer jonge dieren, waar hij meer aan een halter herinnert (fig. 2).

De groei van de metatarsus gaat gepaard met een *uitbreiding van de mergholte*, welke tot stand komt ten koste van de substantia spongiosa en de substantia compacta, die langs de mergholte is gelegen. Bij de kalveren van 1 dag en 1 maand oud werd een zeer groot deel van de ruimte binnen de compacte beenmantel ingenomen door substantia spongiosa. Het tussenschot liep bij deze dieren van het proximale naar het distale einde door. Op oudere leeftijd varieerde de hoeveelheid substantia spongiosa in ons materiaal sterk, evenals de lengte van de tussenschotten, die bij oudere dieren echter nimmer van het ene tot het andere einde van het bot doofliepen (zie fig. 5). De resorptie van het compacte beenweefsel langs de mergholte geschiedt vooral achter in de distale helft van het beenstuk (zie Plaat IV, fig. 7) en had hierdoor een verplaatsing van de mergholte tot gevolg.

De remodellatieprocessen, die onder anderen door KÖLLIKER (1873) werden beschreven, zijn ook door ons aangetroffen (zie Plaat VI, fig. 11).

*b. Het primaire weefsel van de substantia compacta.* Wij zagen, dat de substantia compacta bij ons materiaal voornamelijk bestond uit laminair periostaal weefsel en opgevulde substantia spongiosa. De verdeling van deze weefseltypen is op fig. 2 en fig. 5 aangegeven. Voorts vonden wij vooral bij volwassen dieren langs de mergholte concentrische lagen endostaal beenweefsel en langs het buitenoppervlak een dunne laag generaallamellen.

Het *laminaire weefsel* bestaat uit structurelementen, die ontstaan doordat op enige afstand van het bestaande beenweefsel een laagje grofvezelig beenweefsel wordt gevormd. Op dit laagje wordt eerst aan weerszijden beenweefsel, dat geen lamellair karakter draagt afgezet, waarna dikwijls nog enige lamellen worden afgezet. Vervolgens worden lamellen afgezet rond de ruimten, die tussen de zo juist genoemde laag en het bestaande beenweefsel zijn ingesloten: de primaire Haversse ruimten. Deze ruimten worden hierdoor steeds kleiner en bieden tenslotte nog slechts ruimte aan kleine bloedvaten en enig begeleidend weefsel (Plaat III, fig. 5 en 6). Wij zagen, dat sommige onderzoekers de ingesloten kanaalsystemen beschouwen als het centrum van de primaire periostale structurelementen, die hierboven werden beschreven. Hieromheen zou het lamellaire weefsel zijn gerangschikt en de grof gebundelde beenlaagjes zouden de scheidingen tussen de systemen vormen. Dit is niet in overeenstemming met het feit, dat volgens onze waarnemingen aanvankelijk beenweefsel aan *weerszijden* op het grof gebundelde beenlaagje wordt afgezet en niet concentrisch om een holte. De naam primair osteon of gemengd systeem is dus niet geheel op zijn plaats voor deze structurelementen. Dit is evenmin het geval met de naam lamina, die zou mogen worden gebezigd, wanneer men het grof gebundelde beenvezellaagje als het centrum van de structurele-



menten beschouwt, waarop de lamellen zijn afgezet. Wij zagen immers dat ook dit niet steeds het geval is.

Eigenlijk is het dus zo, dat concentrische lamellensystemen worden afgezet in ruimten, gevormd door een weefsel van balkjes, die bestaan uit laagjes grof gebundeld beenweefsel, waarop niet-lamellair beenweefsel en enige lamellen zijn afgezet (Plaat III, fig. 6).

Al naar de vorm en de ligging van de ingesloten primaire Haversse ruimten, varieert de aard van de gevormde systemen. Wordt een lange, tangentieel gerichte ruimte ingesloten, dan krijgen wij lange, tangentieel gerichte laminae. Ronde primaire Haversse ruimten resulteren in periostale systemen, die wat hun vorm betreft veel overeenkomst vertonen met de nog te bespreken secundaire osteonen.

Al naar de vorm van de primaire systemen hebben wij nu gesproken van primaire osteonen of laminae. Immers geen van beide namen heeft een principiële voorsprong op de andere. Het voorstellen van een nieuwe naam, meer in overeenstemming met onze eigen inzichten omtrent het ontstaan van het primaire periostale beenweefsel, in een verhandeling als de onze, zou de verwarring slechts in de hand werken. Bovendien komen variaties voor op het ontwikkelingsschema van de laminae, dat wij hierboven gaven.

Wij menen, dat de richting van de laminae samenhangt met de snelheid van de diktegroei. Een snelle groei leek dikwijls gepaard te gaan met radiaire en tangentiële laminae. De laag met primaire Haversse ruimten was dan zeer dik. Bij een iets langzamer groei vonden wij meestal een enkelvoudige laag met ronde Haversse ruimten (Plaat III, fig. 5 en Plaat IV, fig. 7). Merkwaardig is dat een dergelijke laag ook bij een 15 jaar oude koe aangetroffen werd (Plaat VIII, fig. 17).

De vezels van het lamellaire deel van de laminae lagen voornamelijk in de lengterichting van het bot. Nabij de vaatlagen kwamen ook fibrillen voor, die in het vlak van de dwarse doorsnede lagen en evenwijdig aan de laminae, terwijl ook de fibrillen van de grof gebundelde middenlaag eenzelfde verloop hadden. Loodrecht op deze middenlaag stonden de vezels van Sharpey.

In Hoofdstuk III zagen wij, dat VIGNOLO LUTATI meent, dat de bestanddelen van de grof gebundelde middenlagen met het stijgen van de leeftijd in hoeveelheid afnemen. Wij konden dit in geen enkel opzicht bevestigen.

*De opgevulde substantia spongiosa* bestaat uit een substantia spongiosa, die wordt opgevuld met concentrisch lamellair weefsel (Plaat V, fig. 8). Het centrum van een dergelijk systeem wordt doorgaans gevormd door een ingesloten bloedvat.

De vroegere spongiosabalkjes waren in het distale deel van dit weefsel te herkennen aan de typische insluitsels van verkalkte kraakbeengrondsubstantie. Voor het overige bestonden de vroegere balkjes uit lamellair weefsel, waarin dikwijls resorptiekitlijnen voorkwamen, ten teken dat resorptieprocessen gevolgd waren door appositie van nieuw beenweefsel in de tijd, dat dit weefsel nog niet tot een substantia compacta was opgevuld.

In het proximale deel vonden wij bij volwassen dieren de genoemde kraakbeeninsluitsels niet. De balkjes, die hier het geraamte voor de opgevulde spongiosa leverden, zijn dan ook niet van enchondrale herkomst. Zij kunnen slechts door het endostium gevormd zijn.

De opvullingen tussen de balkjes worden als primaire endostale osteonen aangeduid. Zij hadden een tamelijk onregelmatige vorm. De richting van de fibrillen in deze primaire osteonen was evenwijdig aan de lengteas van het been.

*c. De concentrische endostale apposities langs de mergholte.* Deze troffen wij reeds op jeugdige leeftijd aan. Op plaatsen, waar de mergholte niet verder wordt uitgebreid, blijven zij bestaan; op sommige andere plaatsen vallen zij later weer aan resorptie ten offer. Wij zagen twee typen van dergelijke concentrische endostale apposities. Het eerste komt overeen met de structuurelementen, die in de literatuur reeds veelvuldig als binnenste generaallamellen werden beschreven. Het zijn lamellen, die concentrisch langs de mergholte liggen en die in gepolariseerd licht beurtelings donker zijn en oplichten (Plaat I, fig. 2).

Daarnaast vonden wij afzettingen, die zeer veel overeenkomst vertonen met periostale laminae. Evenals bij de periostale laminae vonden wij hier een middenlaag, waarop beenweefsel was afgezet. De ruimten, die daarna nog overbleven, werden doorgaans met concentrische lamellensystemen opgevuld. Wij hebben deze structuurelementen endostale laminae genoemd. Dat het endostium, evenals het periosteum, in perioden, waarin snel beenweefsel moet worden gevormd, laminae af kan zetten is niet verbazingwekkend. Het endostium is immers, zoals wij in Hoofdstuk II zagen, ontstaan als een derivaat van het periosteum, dat zich hiervan later heeft afgescheiden. In de literatuur vonden wij de endostale laminae niet beschreven.

*d. De buitenste generaallamellen en de jaarringen.* Deze komen in bouw meestal overeen met de generaallamellen langs de mergholte en met de generaallamellen zoals die vele malen in de literatuur werden beschreven (Plaat V, fig. 9 en Plaat VIII, fig. 16). Wij troffen echter ook dergelijke ringen aan waarbij geen lamellen voorkwamen (Plaat IX, fig. 18). De jaarringen troffen wij vooral aan onder de buitenste lagen van de substantia compacta.

*e. De verbouwingsverschijnselen in de substantia compacta.* De vorming van een resorptieholte en de opvulling van deze holte met lamellair weefsel willen wij thans niet verder bespreken, aangezien wij hieromtrent geen verschil vonden met hetgeen in de literatuur reeds lang bekend was. Evenmin willen wij ingaan op de aard van de secundaire osteonen, die overeenkwam met hetgeen door VIGNOLO LUTATI werd beschreven voor de metacarpus van het rund.

Resorptieholten troffen wij reeds bij het nuchtere kalf aan. Het betrof hier echter holten langs de mergholte, die de inleiding vormden tot resorptieprocessen langs de mergholte. Zij werden niet met secundaire osteonen opgevuld. De eigenlijke verbouwing ving eerst op een leeftijd van 3½ maand op ruime schaal aan. Zij duurde het gehele leven van het dier voort met wisselende intensiteit. Vooral bij jonge dieren vonden wij een groot aantal resorptieholten, doch ook op oudere leeftijd kwamen soms veel resorptieholten voor. Het verbouwingspercentage, dat een maat is voor het totaal van de verbouwingsverschijnselen, die vroeger hebben plaats gehad en van die, welke op de slachtdatum nog in gang waren, vertoonde in de jeugd een snelle stijging. Bij volwassen dieren traden grote individuele verschillen op, evenals ten aanzien van het aantal resorptieholten (fig. 3).

Zeer opmerkelijk was het, dat het gemiddelde verbouwingspercentage over alle doorsneden van de dieren van 3 jaar en ouder gemiddeld slechts ruim 23% bedroeg. Bij de 12 jaar oude koe was dit percentage slechts 18 (tabel 3 en fig. 3). Slechts een betrekkelijk gering deel van het primaire beenweefsel wordt dus in de rundermetatarsus door secundair weefsel vervangen. Aangezien het verbouwingspercentage bij pijpbeenderen van mensen de 100% dicht nadert, wordt dik-

wijls aangenomen, dat dit ook voor runderen het geval zou zijn. Dit is derhalve een grove misvatting.

Het verbouwingspercentage varieerde sterk in de verschillende delen van het bot (fig. 5). Aan het proximale uiteinde van de metatarsus naderde het verbouwingspercentage dicht tot 100. In distale richting nam het percentage eerst snel en daarna langzamer af tot doorsnede 8, op ongeveer  $\frac{1}{3}$  van het proximale uiteinde, waar het verbouwingspercentage bij volwassen dieren gemiddeld 5 bedroeg. In distale richting nam het dan weer iets toe en het schommelde in de onderste helft van het bot van 9% tot 22%.

Ook in de doorsneden waren de resorptieholten en de secundaire osteonen niet regelmatig verdeeld. In het algemeen vonden wij de meeste verbouwingsverschijnselen in het weefsel langs de mergholte. Voor een bepaald weefseltype bleek geen voorkeur te bestaan, zoals THEILER meende te constateren. Op oudere leeftijd vonden wij geleidelijk ook meer secundair materiaal aan de periferie van de beenmantel. De verbouwingsverschijnselen zijn vooral in de proximale helft van de metatarsus belangrijk intensiever in de achterste helft van de doorsneden dan in de voorste helft. Waar de banden van het spronggewricht aan het bot zijn gehecht, is het primaire weefsel bijna volledig door secundair weefsel vervangen.

Zien wij de plaats waar de verbouwing het sterkst plaats vindt in het licht van mechanische theorieën, dan is het onbegrijpelijk dat vooral in het weefsel langs de mergholte secundair weefsel wordt gevormd, wanneer dit als een versterking van het beenweefsel zou moeten worden opgevat. Immers op deze plaats zijn de mechanische eisen aan de beenpijp het geringst. Aangezien de osteonen evengoed tegen trek als tegen druk bestand zouden zijn, is het met behulp van mechanische theorieën ook niet goed te verklaren waarom de verbouwing in de voorste helft, waar vooral druk op het weefsel wordt uitgeoefend, zo veel geringer was dan in de achterste helft, waar meer trekkrachten werkzaam zijn.

Mede in het licht van de tamelijk constante verhouding waarin de verbouwingsverschijnselen steeds in het gehele bot tegelijk plaats vonden, wat ook al moeilijk met mechanische theorieën verklaard kan worden, lijkt het waarschijnlijk dat de opvatting van AMPRINO en anderen juist is, namelijk dat de verbouwing in de substantia compacta vooral wordt bepaald door de wisselende behoefte van het lichaam aan mineralen.

## 2. HET VERBAND TUSSEN DE CALCIUM- EN FOSFORHUISHOUDING VAN HET RUND EN DE STRUCTUUR VAN DE SUBSTANTIA COMPACTA VAN DE METATARSUS

*a. De invloed van de leeftijd op de structuur van de metatarsus.* Wij hebben gezien, dat in de eerste drie levensjaren van koeien en stieren een zeer groot aantal resorptieholten wordt aangetroffen. Van het eerste tot het tweede jaar nam het aantal holten toe, daarna nam het af (fig. 7). Bij de stieren vonden wij veel meer holten dan bij de koeien (fig. 6).

Het verbouwingspercentage, dat zoals reeds eerder is gezegd, bestaat uit de som van het percentage resorptieholten en het percentage secundaire osteonen, neemt in de eerste drie levensjaren bij de koeien en de stieren zeer sterk toe (fig. 9 en 10). Dit is volkomen begrijpelijk. Immers wanneer veel resorptieholten worden gevormd, kunnen in aansluiting hierop ook veel secundaire osteonen ontstaan. Dat dit laatste geschiedt, blijkt wel uit het feit, dat het verbouwingspercentage na het tweede jaar nog sterk toeneemt, wanneer het aantal resorptieholten alweer terugloopt. Dat het verbouwingspercentage bij stieren sneller toe-

neemt dan bij koeien is in overeenstemming met het feit, dat wij bij de stieren meer resorptieholten vonden dan bij de koeien.

De dikte van de endostale apposities nam, zoals wij zagen, bij koeien tot het derde levensjaar af. Op een leeftijd van 1 en 2 jaar is de dikte nog vrij groot (fig. 12).

Uit het bovenstaande kunnen wij afleiden, dat tot en met een leeftijd van twee jaar, door de vorming van een steeds groter aantal resorptieholten en door resorptie van endostale apposities, mineralen uit de metatarsus worden opgenomen. Bij de stieren geschiedt dit in sterkere mate dan bij de koeien. Daarna worden tot het derde jaar nog mineralen opgenomen door resorptie van endostale apposities, maar in de beenmantel worden meer mineralen afgezet dan opgenomen, zoals blijkt uit het afnemen van het aantal resorptieholten.

Een verklaring van de intensieve verbouwing in deze periode met behulp van mechanische theorieën, lijkt ons niet goed mogelijk. Immers, indien al de dieren door een zwaarder lichaamsgewicht behoefte zouden krijgen aan een sterker skelet, dan is het, zoals wij in Hoofdstuk II zagen, zeer de vraag of deze versterking door de vorming van secundaire osteonen kan worden bereikt. Zou de aanleg van secundair weefsel echter inderdaad een versterking betekenen, dan zou het nog zeer onlogisch zijn deze versterking vooral aan te brengen op plaatsen, waar deze het minst nodig is, n.l. in het deel van de beenpijp dat het dichtst bij de mergholte ligt, waar zoals wij reeds opmerkten, de verbouwingsverschijnselen zich vooral voordoen. Het ligt veel meer voor de hand aan te nemen, dat door de zeer snelle groei van het skelet in de jeugd van het dier de behoefte aan mineralen zo groot is, dat deze voor een deel betrokken moeten worden uit de voorraden, die zijn aangelegd in het reeds bestaande beenweefsel. Dat dit in sterkere mate geldt voor de stieren dan voor de koeien ligt voor de hand, omdat de stieren gemiddeld een snellere groei aan de dag leggen. Deze verklaring sluit goed aan bij de uitkomsten van de onderzoekingen van AMPRNO (1947) en van GODINA (1947), die eveneens vonden, dat een snelle groei dikwijls gepaard gaat met een intensieve resorptie van beenweefsel, welke ook zij verklaarden door een grote behoefte van het organisme aan mineralen.

*Op een leeftijd van 3 tot 10 jaar* nam het aantal resorptieholten aanvankelijk af. Bij dieren van omstreeks 8 jaar oud was het enige tijd tamelijk constant en in het 9e en 10e levensjaar viel weer een geringe toename waar te nemen (fig. 7). De dikte van de endostale apposities nam tot een leeftijd van 10 jaar toe (fig. 12). Bij de stieren nam het aantal resorptieholten tot een leeftijd van 7 jaar af; voor de tijd daarna beschikten wij niet over gegevens (fig. 7). De dikte van de endostale apposities hield bij de stieren geen duidelijk verband met de leeftijd.

Uit het bovenstaande blijkt, dat tot een leeftijd van 8 jaar meer mineralen worden afgezet dan geresorbeerd. Op 9- en 10-jarige leeftijd worden nog wel mineralen afgezet in de vorm van endostale apposities, maar door de vorming van nieuwe resorptieholten worden in de schacht meer mineralen opgenomen dan afgezet.

De toename van de mineralenvoorraad bij volwassen dieren vonden wij ook in de literatuur beschreven. Gemiddeld is dus de mineralenvoorziening van het Nederlandse rundvee zodanig, dat de voorraad toeneemt, ondanks de zware eisen, die door de gemiddeld hoge melkproducties aan de dieren worden gesteld. Dat het aantal resorptieholten dat gemiddeld wordt aangetroffen, bij de koeien op volwassen leeftijd vrij zeker groter is dan dat bij stieren, is in overeenstemming met het feit, dat de calcium- en fosforhuishouding van de koeien vooral



door de grote verliezen aan deze mineralen met de melk, zwaarder belast is dan bij de stieren.

Het is belangwekkend te zien, dat desondanks het verbouwingspercentage bij de stieren gedurende het gehele leven groter is dan dat bij koeien van gelijke leeftijd. Dit kan worden verklaard door de zeer zware eisen die door de snelle groei bij de stieren in de jeugd aan de calcium- en fosforhuishouding worden gesteld. De intensieve verbouwingen toch, die hiermede gepaard gaan, worden blijvend in de beenderen verankerd.

Bij de *dieren, ouder dan 10 jaar*, nam het aantal resorptieholten sterk toe en de dikte van de endostale apposities nam af. Het afnemen van de mineralenvoorraad op oudere leeftijd werd, zoals wij in Hoofdstuk II zagen, door vele onderzoekers bij verschillende diersoorten geconstateerd (VIGNOLO LUTATI 1940; GODINA 1944; AMPRINO en BAIRATI 1936 en HANSARD e.a. 1954). Neemt het verschijnsel ernstige vormen aan, dan wordt het aangeduid als seniele osteoporose. Dat deze reeds omstreeks het 10e levensjaar een aanvang neemt, is opmerkelijk.

*b. De invloed van de dracht en de lactatie.* Het aantal resorptieholten en de dikte van de endostale apposities staan beide sterk onder invloed van het stadium van de dracht en de lactatie. Wij zagen, dat van 6 maanden voor de kalfdatum af tot de kalfdatum het aantal resorptieholten afneemt. Tot omstreeks de kalfdatum nam de dikte van de endostale apposities gemiddeld toe. Tot 3 maanden na de kalfdatum nam het aantal resorptieholten weer toe; daarna was dit aantal tamelijk constant tot 6 maanden na de kalfdatum. De dikte van de endostale apposities nam af tot 3 maanden na de kalfdatum; daarna werd zij weer groter (fig. 8 en fig. 13).

Gedurende de 6 maanden vóór de kalfdatum neemt de mineralenvoorraad dus toe; daarna neemt hij af tot 3 maanden na de kalfdatum. Van 3 maanden na de kalfdatum tot 6 maanden er na neemt de voorraad weer toe in de vorm van endostale apposities. Een mechanische verklaring van de beschreven verschijnselen lijkt ons niet wel mogelijk.

Het bovenstaande is daarentegen in overeenstemming met hetgeen bekend is over de invloed van de dracht en de lactatie op de calcium- en fosforbalans. FORBES e.a. en ELLENBERGER e.a. vonden, zoals wij zagen, bij de door hen uitgevoerde balansproeven namelijk eveneens een sterk positieve calcium- en fosforbalans in de laatste helft van de draagtijd. Ook met de uitkomsten van de onderzoekingen van andere, in Hoofdstuk II genoemde auteurs, zijn onze waarnemingen wat dit betreft in overeenstemming. Eveneens is reeds lang uit de balansproeven van de zojuist genoemde auteurs gebleken, dat de mineralenvoorraad in de eerste maanden na het kalven afneemt door de grote hoeveelheden calcium en fosfor, die met de melk worden uitgescheiden (zie ook Hoofdstuk II).

De schommelingen, die tijdens dracht en lactatie in de calcium- en fosforbalans plaats vinden, worden dus weerspiegeld in de structuur van de metatarsus. Het is in dit verband nog interessant, dat de enige twee dieren van ons materiaal, die vóór de kalfdatum niet hadden drooggestaan, in tegenstelling met verreweg de meeste andere, omstreeks de kalfdatum een zeer groot aantal resorptieholten in de metatarsus vertoonden. Bij deze dieren wordt dus in sterke mate een beroep op het skelet gedaan.

*c. De invloed van het aantal kalveren en de grootte van de melkgift.* Omdat, zoals wij hierboven zagen, vooral de melkgift grote invloed heeft op calcium- en



fosforbalans, is het a priori niet onmogelijk dat het aantal malen, dat een dier gekalfd heeft en dus ook het aantal lactatieperioden, bij volwassen dieren een nauwere samenhang vertoont met de structuur van de metatarsus dan de leeftijd. Dit konden wij in ons materiaal echter niet aantonen. Wel heeft de kromme, die de regressie aangeeft van het verbouwingspercentage t.o.v. de totale hoeveelheid melk, die een koe in haar leven heeft geproduceerd, een iets sterkere helling dan de kromme, die het verband aangeeft tussen verbouwingspercentage en leeftijd (fig. 9 en 11). Het verschil is evenwel gering en de betrouwbaarheid van de helling der eerstgenoemde kromme is niet groot. Wij kunnen dus slechts spreken van een aanwijzing, dat bij volwassen koeien de totale hoeveelheid melk, die deze hebben geproduceerd, een grotere invloed heeft op het verbouwingspercentage dan de leeftijd.

Zoals wij in de loop van Hoofdstuk V zagen had de grootte van de melkproduktie in ons materiaal geen aantoonbare invloed op de dikte van de endostale apposities en op het aantal resorptieholten.

*d. De invloed van het seizoen en de duur van de stalstand op de structuur van de metatarsus.* Het seizoen, waarin de dieren geslacht zijn, geeft ongeveer aan of zij vóór de slachtdatum op stal stonden dan wel in de weide liepen en hoe lang dit het geval was. Het rantsoen heeft op stal doorgaans een andere samenstelling dan in de weide en de bewegingsvrijheid van de dieren is op stal geringer. Voorts worden de dieren tijdens de stalstand niet door de zon beschenen, hetgeen invloed op hun vitamine D-voorziening heeft. Om de genoemde redenen zou het voor de hand liggen, dat de structuur van de metatarsus verband houdt met het seizoen. Wat de koeien betreft, konden wij dit echter niet aantonen.

Bij de stieren was het aantal resorptieholten in het najaar een weinig kleiner dan in het voorjaar; in overeenstemming daarmee was de dikte van de endostale apposities iets groter. Wij zagen voorts, dat naarmate de stieren langer op stal hadden gestaan, de dikte van de endostale apposities iets geringer was. Bij zeer langdurige stalstanden kwamen echter weer dikkere endostale apposities voor.

Op grond van het bovenstaande kunnen wij dus niet met zekerheid zeggen, dat de stalperiode een ongunstige invloed heeft op de calcium- en fosforhuishouding, ook al zijn er zekere aanwijzingen in die richting.

*e. De invloed van de grondsoort op de structuur van de metatarsus.* Een invloed van de grondsoort op het aantal resorptieholten en op het verbouwingspercentage kon niet worden aangetoond. De dikte van de endostale apposities was bij koeien en stieren op kleigrond iets groter dan op zand- en veengrond. Wij kunnen dus niet spreken van een duidelijke invloed van de grondsoort op de structuur van de metatarsus.

*f. De invloed van tuberculose op de structuur van de metatarsus.* Wij zagen, dat bij de tuberculose vrije dieren het aantal resorptieholten in de metatarsus iets geringer was, het verbouwingspercentage een weinig lager en de dikte van de endostale apposities iets groter dan bij de dieren met tuberculosehaardjes in het lichaam. Hoewel de verschillen tussen beide groepen in geen enkel geval groot waren, is het opvallend, dat ze over de gehele linie wijzen op een geringere mineralenreserve bij de geïnfecteerde dieren. In de literatuur is hierover slechts weinig bekend, doch de uitkomsten van de verrichte onderzoeken zijn voor het merendeel in overeenstemming met hetgeen wij vonden.

Naar wij menen is in het bovenstaande voldoende aangetoond, dat de structuur van de substantia compacta van de rundermetatarsus duidelijk onder invloed staat van de calcium- en fosforhuishouding van deze dieren.

### SAMENVATTING

1. In hoofdstuk I is nagegaan wat er bekend is omtrent de bouw van de structurelementen van het bot, die verdeeld werden in structurelementen van de eerste, tweede en derde orde.
2. In hoofdstuk II werden de groeiprocessen en de verbouwing van de metatarsus besproken, waarbij bleek, dat de verbouwing waarschijnlijk vooral afhankelijk is van de wisselende behoeften van het organisme aan mineralen en in geringere mate van mechanische factoren.
3. In hoofdstuk III is nagegaan, wat er in de literatuur is vermeld omtrent de bouw en de ontwikkeling van de metatarsus. Het bleek, dat aan de metatarsus zelf slechts weinig onderzoek is verricht. De meeste steun bood een onderzoek van VIGNOLO LUTATI aangaande de structuur van de metacarpus van het rund op verschillende leeftijden. Hierbij werd echter alleen het midden van de diafyse onderzocht.
4. In hoofdstuk IV is het eigen onderzoek naar de bouw en de ontwikkeling van de metatarsus beschreven, dat wij uitvoerden aan 15 runderen van 1 dag tot 15 jaar oud. De metatarsen werden alle verdeeld in 20 even dikke schijven. Van elk van deze schijven werd een volledige doorsnede vervaardigd.

De belangrijkste conclusies, die uit dit onderzoek werden getrokken, zijn :

- a. In beginsel vertoont de bouw van de metatarsus veel overeenkomst met die van de metacarpus zoals die door VIGNOLO LUTATI werd beschreven.
- b. Ten aanzien van de lengte, de diameter en de wanddikte van de metatarsus bestaan er belangrijke individuele verschillen, evenals ten aanzien van de hoeveelheid substantia spongiosa die wordt aangetroffen. De genoemde maten hielden bij ons materiaal geen duidelijk verband met elkaar.
- c. De lengtegroei van de metatarsus komt uitsluitend of bijna uitsluitend tot stand door de enige epifysairlijn van dit bot, welke zich aan het distale uiteinde bevindt.
- d. De diktegroei vindt plaats door afzetting van primair periostaal weefsel in de vorm van laminae, primaire osteonen of lamellen (buitenste generaal-lamellen) op het buitenoppervlak van het bot.

De laminae zijn meestal langgerekt in tangentiële of radiaire richting; men mag aannemen, dat het laatste het geval is bij snelle groei van het bot. Wanneer de groei iets langzamer verloopt, schijnen vaak ronde, buisvormige systemen tot ontwikkeling te komen.

De laminae en de primaire osteonen ontstaan, doordat op enige afstand van het bestaande beenweefsel telkens een nieuw dun laagje grof gebundeld beenweefsel wordt gevormd. Aan weerskanten hiervan wordt niet lamellair weefsel afgezet en vervolgens dikwijls enige lamellen. De tussen deze lagen ingesloten primaire Haversse ruimten worden tenslotte met concentrische lamellensystemen opgevuld. In de tekst werd uiteengezet om welke

redenen het onjuist geacht moet worden een principieel verschil te zien tussen laminae en primaire osteonen.

De buitenste generaallamellen, die uit pakketten tegen elkaar aan liggende lamellen bestaan, worden vermoedelijk in tijden van trage diktegroei van het bot gevormd. Zij rusten meestal op laminair periostaal weefsel. Wanneer zij bij verdere diktegroei van het bot met nieuw laminair periostaal weefsel worden bedekt, geven zij het aanschijn aan zgn. jaarringen. Ook werden „jaarringen” aangetroffen, die slechts gekenmerkt waren door een verandering in de vezelrichting van de laminae.

Soms was de diktegroei plaatselijk zeer sterk, waardoor het bot een van het normale afwijkende vorm kreeg. Op een leeftijd van 15 jaar bleek nog een geringe diktegroei voor te kunnen komen.

- e. Behalve het compacte beenweefsel, dat door de diktegroei van het bot tot stand komt, wordt compact beenweefsel gevormd door de opvulling van de substantia spongiosa met lamellensystemen. In de vroegere balkjes van de opgevlude substantia spongiosa komen dikwijls nog resten verkalkte kraakbeengrondsubstantie voor.
- f. De mergholte wordt groter door resorptie van beenweefsel van binnen uit. Echter kunnen ook apposities aan de binnenzijde van de beenpijp voorkomen. Zij bestaan uit lamellair weefsel (binnenste generaallamellen) en uit endostale laminae, welke laatste, naar wij menen, nog niet eerder werden beschreven.
- g. Doordat resorptie en appositie aan het binnen- en het buitenoppervlak niet overal in gelijke mate plaats vinden, verplaatst de mergholte zich vooral in het distale deel van het bot naar achteren.
- h. In de substantia compacta vindt voortdurend verbouwing plaats door resorptie van oud beenweefsel en aanzetting van nieuw beenweefsel. Deze processen vinden niet alleen aan het binnen- en buitenoppervlak plaats, maar ook in het inwendige van de substantia compacta. Bij resorptie in het laatstgenoemde geval ontstaan de zgn. secundaire Haversse ruimten en bij wederopvulling de secundaire osteonen.

De verbouwing begon bij ons materiaal op een leeftijd van  $3\frac{1}{2}$  maand en duurde het gehele leven met wisselende intensiteit voort. Zeer veel secundaire Haversse ruimten werden bij jonge dieren van 1 tot 3 jaar gevonden. Het gemiddelde verbouwingspercentage van het bot, dat is het percentage van het inwendige der substantia compacta, dat in de loop van de tijd is geresorbeerd en al of niet is vervangen door nieuwe beensubstantie, bedroeg bij dieren van 3 jaar en ouder ruim 23%. Het verbouwingspercentage wisselt sterk in de verschillende delen van het bot. Vooral aan het proximale uiteinde is het zeer hoog. Langs de mergholte wordt het weefsel in het algemeen intensiever verbouwd dan meer aan de periferie, in de achterste helft meer dan in de voorste helft. Voorts wordt het weefsel zeer sterk verbouwd waar de banden van het spronggewricht aan het bot zijn gehecht.

- i. Op grond van de verdeling van de resorptieholten en de secundaire osteonen en naar aanleiding van het feit, dat de verbouwing in de verschillende delen van het bot in een tamelijk constante verhouding plaats vindt, wordt besloten, dat het onwaarschijnlijk is, dat de verbouwing uitsluitend tot stand komt door mechanische oorzaken.

5. In hoofdstuk V is het verband nagegaan tussen de calcium- en fosforhuishouding van rundvee en de structuur van de metatarsus aan de hand van materiaal van 64 stieren en 327 koeien. Uit dit onderzoek werden de volgende conclusies getrokken.
  - a. Tot en met een leeftijd van 2 jaar neemt het aantal resorptieholten gemiddeld toe en de dikte van de endostale apposities neemt af. Bij de stieren is dit verschijnsel sterker dan bij de koeien. Tot het derde jaar worden de endostale apposities nog dunner, doch het aantal resorptieholten vermindert. Wij kunnen de sterke resorptie in de jeugd slechts verklaren door aan te nemen, dat voor de snelle groei van het skelet een deel van de mineralen aan het reeds bestaande weefsel werd onttrokken.

Daarna, tot omstreeks het 10e levensjaar, neemt de mineralenvoorraad in de substantia compacta toe doordat de endostale apposities weer dikker worden en het aantal resorptieholten weer afneemt.

Na het 10e levensjaar neemt de dikte van de endostale apposities gemiddeld weer af en het aantal resorptieholten toe, hetgeen wij zien als een inleiding tot de seniele osteoporose.
  - b. Van 6 maanden voor de kalfdatum tot de kalfdatum neemt de mineralenvoorraad toe door het dikker worden van de endostale apposities en het afnemen van het aantal resorptieholten. Tot 3 maanden na de kalfdatum neemt de voorraad af door het dunner worden van de endostale apposities en het toenemen van het aantal resorptieholten. Van 3 tot 6 maanden na de kalfdatum af neemt de dikte van de endostale apposities dan weer toe; het aantal resorptieholten blijft vrijwel constant.
  - c. Het aantal lactatieperioden en de grootte van de melkgift houden nauwelijks duidelijker verband met de structuur van de metatarsus dan de leeftijd.
  - d. De stalstand schijnt op de structuur van de metatarsus een ongunstige invloed te hebben.
  - e. Een invloed van de grondsoort op de structuur van de metatarsus konden wij niet aantonen.
  - f. De uitkomsten van ons onderzoek geven enige aanwijzing, dat tuberculose een ongunstige invloed heeft op de mineralenhuishouding van het vee.
6. In hoofdstuk IV werden de uitkomsten van het onderzoek besproken en wij kwamen hierbij tot de slotsom, dat ons onderzoek wel duidelijk heeft aangetoond, dat de structuur van de substantia compacta van de rundermetatarsus onder invloed staat van de calcium- en fosforhuishouding der dieren. Uit de microscopische structuurbeelden van de metatarsus kunnen derhalve conclusies worden getrokken omtrent een voldoende of onvoldoende mineralenvoorziening. De grote individuele variaties in de beenstructuur maken het echter waarschijnlijk, dat ook nog andere factoren van belang zijn voor deze structuur.

## SUMMARY

1. In chapter I the elements of bone structure are discussed on the basis of the literature. The elements are arranged in 3 orders.

2. In chapter II the growth processes and the reconstruction of the metatarsus are discussed. It appears that reconstruction is mainly dependent on the changing requirements of the organism, on minerals and less on mechanical influences.

3. In chapter III the literature on the structure and development of the metatarsus is reviewed and discussed. Little is known about the metatarsus itself. Most data were derived from an investigation by VIGNOLO LUTATI on the structure of the metacarpus of cattle of different ages; but this investigation concerned only the middle of the diaphysis.

4. In chapter IV original investigations into the structure and development of the metatarses are described. Investigations were made on 15 cattle from one day to fifteen years old. The metatarsus was divided into 20 slices of equal thickness.

The principal conclusions drawn from these investigations were:

*a.* In principle the structure of the metatarsus is very similar to that of the metacarpus as described by VIGNOLO LUTATI.

*b.* Great individual differences exist in length, diameter and thickness of the wall of the metatarsus, and also in the amount of substantia spongiosa inside it. The measurements mentioned were not related to each other in our material.

*c.* Growth in length of the metatarsus is exclusively, or almost exclusively, effected by the epiphyseal line, which is at the distal end of this bone.

*d.* Enlargement is brought about by layering of primary periosteal tissue in the form of laminae, primary osteons or lamellae (outer general lamellae) on the external surface of the bone.

The laminae are mostly elongated in a tangential or radial direction; it can be assumed that elongation occurs when the bone grows rapidly. If growth proceeds more slowly, round tuber-like systems seem often to be developed.

The laminae and the primary osteons are produced by formation of a new thin layer of coarsely bundled bone tissue at some distance from the existing bone tissue. At either side non-lamellar tissue is layered and later often some lamellae. The primary Haversian spaces enclosed by thin layers are finally filled up with concentric lamellar systems. Reasons are given why it should be considered incorrect to see a principal difference between laminae and primary osteons.

The outer general lamellae, consisting of lamellae which are arranged in series without interstices, are presumably formed in times of slow enlargement of the bone. They are mostly laid down on laminar periosteal tissue. When, on further enlargement of the bone, they are covered with new laminar periosteal tissue, they take on the appearance of so-called rings of growth, also found in places only marked by a divergence of fibres of the laminae.

Sometimes the enlargement is very heavy locally, resulting in a bone shape differing from the normal. A slight enlargement also appears to occur sometimes at the age of fifteen years.

*e.* Apart from the compact bone tissue which is formed by enlargement of the bones, compact bone tissue is formed also by the invasion of lamellar systems into the substantia spongiosa. In the former trabeculae of filled-up



substantia spongiosa, remnants of calcified cartilage ground substance often occur.

*f.* The marrow cavity becomes more voluminous by resorption of bone tissue from within. But appositions can be formed at the inner side; They consist of lamellar tissue (inner general lamellae) and of endosteal laminae which in our opinion have not been described before.

*g.* Because resorption and apposition at the inner and outer surface do not take place everywhere to the same extent, the marrow cavity moves backwards, especially in the distal part of the bone.

*h.* In the substantia compacta there is continual reconstruction by resorption of old bone tissue and apposition of new bone tissue. These processes take place not only at the inner and outer surfaces, but also in the interior of the substantia compacta, where Haversian spaces are formed by resorption and secondary osteons are laid down.

Reconstruction in our material began at an age of 3½ months and continued with varying intensity during life. A great many secondary Haversian spaces were found in young animals from one to three years old. The average reconstruction percentage of the bone, i.e., the percentage of the interior of the substantia compacta which had been resorbed in the course of time and which had sometimes been replaced by new bone substance, amounted to more than 23% in animals of three years and older. The reconstruction percentage is subject to great fluctuations in different parts of the bone. It is particularly high at the proximal end. In general the tissue is reconstructed more intensively along the marrow cavity than in the peripheral tissues, in the posterior more than in the anterior part. Tissue is reconstructed intensively where the ligaments of the joint are inserted.

*i.* On the basis of the distribution of resorption cavities and secondary osteons and considering that reconstruction in the different parts of the bone takes place in a fairly constant ratio, it is concluded that it is unlikely that reconstruction is effected exclusively by mechanical causes.

5. In chapter V the relation between the calcium and phosphorus balance of cattle and the structure of the metatarsus has been investigated in material derived from 64 bulls and 327 cows. From this investigation the following conclusions were drawn:

*a.* The number of resorption cavities on average increases up to and including the age of two years, and the thickness of endosteal appositions decreases. The phenomenon is more marked in bulls than in cows. The endosteal appositions become thinner again until the third year, but the number of resorption cavities decreases. We can only explain the intensity of resorption in youth by assuming that for rapid growth of the skeleton minerals are withdrawn from existing tissue.

Then, up to about the tenth year, the mineral content of the substantia compacta increases because endosteal appositions become thicker and the number of resorption cavities decreases again.

After the tenth year the thickness of the endosteal appositions decreases on the average, but the number of resorption cavities increases again, which we consider as the onset of senile osteoporosis.

*b.* The mineral supply increases from six months before the date of calving by enlargement of endosteal appositions and lessening of the number of resorption cavities. The supply decreases until three months after calving by partial

resorption of endosteal appositions and increase of the number of resorption cavities. Then the thickness of the endosteal appositions again increases from three to six months after the date of calving; the number of resorption cavities remains fairly constant.

*c.* The number of lactation periods and the milk production are hardly more clearly related to the structure of the metatarsus than the age.

*d.* The stable-period seems to exert an unfavourable influence on the structure of the metatarsus.

*e.* We could not demonstrate that the soil influences the structure of the metatarsus.

*f.* The results of our investigation suggest that tuberculosis influences unfavourably the mineral balance of cattle.

6. In chapter VI the results are discussed. The investigation clearly shows that the structure of the substantia compacta of the metatarsus of cattle is influenced by the calcium and phosphorus balance. From the microscopical structure of the metatarsus conclusions can be drawn about the sufficiency or insufficiency of the supply of minerals. The large individual variations in the bone structure make it likely, however, that other factors are also important.

## LITERATUUR

- AMPRINO, R., Arch. f. Entwickl.mech. d. Org. 138 (1938) 305-323.  
 AMPRINO, R., Arch. de Biol. 58 (1947).  
 AMPRINO, R., Monit. Zool. Ital. 61 (1948).  
 AMPRINO, R., Acta Anat. 3 (1948) 291-310.  
 AMPRINO, R., Z. f. Zellforsch. u. mikr. Anat. 37 (1952) 144-183 en 240-273.  
 AMPRINO, R., Experientia 8 (1952) 20-22.  
 AMPRINO, R. en A. BAIRATI, Z. f. Zellforsch. u. mikr. Anat. 24 (1936) 439-511.  
 AMPRINO, R. en A. ENGSTRÖM, Acta Anat. 15 (1952) 1-22.  
 AMPRINO, R. en G. GODINA, Anat. Anz. 95 (1944) 191-214.  
 AMPRINO, R. en G. GODINA, Comment. Pontif. Acad. Scient. 11 (1947) 9.  
 AMPRINO, R. en L. SISTO, Acta Anat. 2 (1946-1947) 202-214.  
 ARMSTRONG, W. D. en C. P. BARNUM, J. Biol. Chem. 172 (1948) 199-204.  
 AXHAUSEN, G., Arch. f. klin. Chir. 94 (1911) 241-351.  
 BAUER, W. e.a., J. Expt. Med. 49 (1929) 145-162.  
 BECHER, H. e.a., Acta Anat. 20 (1954) 105-115.  
 BENNINGHOFF, A. VON, Anat. Anz. 63 (1927) 289-299.  
 BLACK, A. L. e.a., Proc. Soc. Expt. Biol. a. Med. 82 (1953) 248-252.  
 BLOOM, W. e.a., Anat. Rec. 81 (1941) 443-475.  
 BOEKE, J. en G. C. HERINGA, Leerboek der algemene weefselleer Oosthoek, Utrecht, 1948.  
 BOGDASCHEW, N., Anat. Anz. 70 (1930) 143-154.  
 BOGDASCHEW, N., Anat. Anz. 79 (1934) 242-258.  
 BOSMA, K., Publ. LEB fonds No. 11 (1935).  
 BRASH, J. C., Edinburgh Med. J. 41 (1934) 305-319 en 363-387.  
 BREWER, W. D., J. Am. Diet. Ass. 30 (1954) 21-24.  
 BROUWER, E., Voeding 13 (1952) 55-65.  
 BRUHNKE, J., D. tierärzt. Wschr. 70 (1929) 577-584.  
 BURKHARDT, L. en H. PETERSEN, Z. f. Zellforsch. u. mikr. Anat. 7 (1928) 55-62.  
 CARLSTRÖM, D., Experientia 10 (1954) 171-172.  
 COMAR, C. L. e.a., Am. J. Anat. 90 (1952) 113-130.  
 DALLEMAGNE, M. en J. MELON, C. R. soc. Biol. 138 (1944) 1031-1034.  
 DALLEMAGNE, M. en J. MELON, Arch. de Biol. 56 (1945) 243-259.  
 DEMETER, G. en J. MATYAS, Z. f. Anat. u. Entwickl. gesch. 87 (1928) 45-99.  
 EBNER, V. VON, Sitz.ber. d. Kaiserl. Akad. d. Wissensch. Math. naturwiss. Kl III 72 (1875) 49-138.  
 ELLENBERGER, H. B. e.a., Vermont Agr. Expt. Sta. Bull. 331 (1931) en 342 (1932).  
 ELLINGER, G. M. e.a., Brit. J. o. Nutr. 6 (1952) 235-253.  
 ENGFELDT, B., e.a., Biochim. et Biophys. Acta 8 (1952) 375-380.  
 ENGFELDT, B. en S. O. HJERTQUIST, Acta Pathol. et Microbiol. Scand. 35 (1954) 205-216.  
 ENGSTRÖM, A. en R. AMPRINO, Experientia 6 (1950) 267-269.  
 FILOGAMO, G., Rendic. Cl. di Sci. 78 (1945) 425-448.  
 FILOGAMO, G., Ric. di Morfol. 22 (1946a).  
 FILOGAMO, G., Arch. de Biol. 57 (1946b) 137-143.  
 FILOGAMO, G., Ric. di Morfol. 22 (1946c).  
 FOOTE, J. S., Smithsonian Contrib. to knowl. 35 (1916) 3.  
 FORBES, E. B. e.a., Ohio Agr. Expt. Sta. Bull. 308 (1917) 330 (1918) en 363 (1922).  
 FORBES, E. B. e.a., Pennsylv. State Coll. Sch. of Agr. a Expt. Sta. Techn. Bull. 319 (1935).  
 FREERKSEN, E. en J. MEISSNER, Z. f. d. Ges. expt. Med. 121 (1953) 442-452.  
 GEBHARDT, W., Anat. Anz. 21 (1902) 65.  
 GEBHARDT, W., Arch. f. Entwickl.mech. d. Org. 20 (1906) 187-322.  
 GEBHARDT, W., Verh. d. D. orthop. Gesellsch. 9 (1910) 121-221.  
 GEBHARDT, W., Arch. f. Entwickl.mech. d. Org. 30-2 (1910) 516-534.  
 GEGENBAUR, C., Jen. Z. f. Med. u. Naturwissensch. 3 (1867) 206-246.  
 GODINA, G., Arch. Ital. di Anat. e di Embriol. 1944.  
 GODINA, G., Arch. Ital. di Anat. e di Embriol. 52 (1947).  
 GROSS, W., Z. f. Anat. u. Entwickl.gesch. 103 (1934) 731-764.  
 HANSARD, L. e.a., J. An. Sc. 11 (1952) 524-535.  
 HANSARD, L. e.a., J. An. Sc. 13 (1954) 25.  
 HARTL, F. en L. BURKHARDT, Virch. Arch. f. Pathol. Anat. Anat. u. Physiol. 322 (1952) 503-528.  
 HESS, A. F. e.a., J. Biol. Chem. 94 (1931) 9-19.

- HEULER, K. M., *Z. f. Zellforsch. u. mikr. Anat.* 7 (1928) 41-55.
- HUBER, L. en C. ROUILLER, *Experientia* 7 (1951) 338-340.
- KÖLLIKER, A., *Die normale Resorption des Knochengewebes und ihre Bedeutung für die Entstehung der typischen Knochenformen.* Vogel, Leipzig, 1873.
- KÖLLIKER, A., *Z. f. wissensch. Zool.* 44 (1886) 644-680.
- KÖLLIKER, A., *Handbuch der Gewebelehre des Menschen.* Engelmann, Leipzig, 1899.
- KOLTZE, H., *Z. f. Anat. u. Entwickl.gesch.* 115 (1951) 584-596.
- KÜPFER, M. e.a., *Denkschr. d. Schweiz. naturforsch. Gesellsch.* 54 (1923) 97.
- KYES, P. en T. S. POTTER, *Anat. Rec.* 60 (1934) 377-379.
- LACROIX, P., *l'Organisation des os.* Masson et Cie, Parijs, 1949.
- LACROIX, P. e.a., *Experientia* 8 (1952) 113-114.
- LANDAUER, W. en B. ZONDEK, *Am. J. of Pathol.* 20 (1944) 179-210.
- LEBLOND, C. P. e.a. *Am. J. of Anat.* 86 (1950) 289-341.
- LIPP, W., *Acta Anat.* 20 (1954) 162-200.
- LONTIE, P., *Rev. Belge de Pathol. et Med. Expt.* 23 (1953) 118-125.
- MANLY, L. M. e.a., *J. Biol. Chem.* 129 (1939) 125-134.
- MATSCHINSKY, N., *Arch. f. mikr. Anat.* 39 (1892) 151-215.
- MAXIMOW, A. A. en W. B. BLOOM, *A Textbook of histology.* Saunders Cy, Londen, 1939.
- MAYNARD, L. A., *Animal Nutrition.* Mac Graw Hill, New York, 1951.
- MEYBURG, H., *Arch. f. mikr. Anat. u. Entwickl.gesch.* 64 (1904) 627-652.
- MEYER, M., *Z. f. Anat. u. Entwickl.gesch.* 69 (1923) 521-557.
- MÜLLER, E., *Arch. f. mikr. Anat. u. Entwickl.gesch.* 103 (1924) 309-338.
- MÜLLER, H., *Würzburger naturwissensch. Z.* 1 (1860) 296-305.
- OWEN, E. C., *Brit. J. of Nutr.* 6 (1952) 415.
- PETERSEN, H., *Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen. II-2 Stützgewebe.* Springer, Berlijn, 1931.
- POMMER, G., *Untersuchungen über Osteomalacie und Rachitis.* Vogel, Leipzig, 1885.
- POMMER, G., *Z.f. mikr. anat. Forsch.* 9 (1927) 540-584.
- RECKLINGHAUSEN, F. VON, *Untersuchungen über Rachitis und Osteomalacie.* Fischer, Jena, 1910.
- ROBINSON, R. A., *J. of Bone and Joint Surg.* 34A (1952) 389-435.
- ROBINSON, R. A. en M. L. WATSON, *Anat. Rec.* 114 (1952) 383-409.
- ROGERS, H. J. e.a., *Biochem. J.* 54 (1953) 37-42.
- ROUILLER, C. e.a., *Acta Anat.* 14 (1951) 9-22.
- RUTH, E. B., *Stain Technol.* 21 (1946) 27-30.
- RUTH, E. B., *Am. J. of Anat.* 80 (1947) 221.
- RUTH, E. B., *Am. J. of Anat.* 93 (1953) 429-455.
- RUTISHAUSER, E. e.a., *Arch. d. Sci.* 3 (1950) 175-181.
- RUTISHAUSER, E. en G. MAJNO, *Bull. of the John Hopkins Hosp. f. Joint Dis.* 12 (1951) 468-490.
- SCHUMACHER, S., *Z. f. mikr. anat. Forsch.* 38 (1935) 145-160.
- SISSONS, H. A., *Nature* 163 (1949) 1001-1002.
- STÜHLER, R., *Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr.* 57 (1938) 231-264.
- THEILER, A., *Denkschr. d. Schweiz. naturforsch. Gesellsch.* 68 (1932) 1-155.
- TOMES, J., *Cyclop. of Anat. a. Physiol.* 3 (1839-1847) 847-858.
- TOMES, J. en C. DE MORGAN, *Phil. Transact. of the Royal Soc. of London.* 143-1 (1853) 109-140.
- TOMLIN, D. H. e.a., *Brit. J. of Nutr.* 7 (1953) 235-252.
- TOWNSLEY, W., *Am. J. of physic. Anthropol.* 6 (1948) 25-45.
- URTIST, M. R. en F. C. MAC CLEAN, *J. of Bone a. Joint Surg.* 32A (1950) 143-162.
- VIGLIANI, F., *Boll. d. Soc. Ital. d. biol. sper.* 26 (1950) 153-155.
- VIGNOLO LUTATI, U. *Riv. di Biol.* 30 (1940).
- WALMSLEY, R., *Brit. J. of Nutr.* 6 (1952) 410.
- WARNOCK, G. M. en J. DUCKWORTH, *Biochem. J.* 38 (1944) 220-224.
- WEIDENREICH, F., *Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen II-2 Stützgewebe.* Springer, Berlijn, 1931.
- WEINMANN, J. P., en H. SICHER, *Bone and Bones.* Kimpton, Londen, 1947.
- WEL, J. P. W. T. VAN, *Dissertatie,* Utrecht, 1954.
- WESTER, J., *Tijdschr. v. Diergen.* 56 (1929) 1205-1228 en 1256-1284.
- ZAWISCH-OSSSENITZ, C., *Z.f. mikr. anat. Forsch.* 6 (1926) 76-161.

TABEL I. Gegevens van het stierenmateriaal  
Data concerning the examined bulls

Nummer	Slachtdatum	Gegevens betreffende de dieren Data concerning the animals				Grondsoort bedrijf laaisic eigenaar <sup>1)</sup> Kind of soil of last owners farm	Klasse verbouwings- percentage	Aantal resorptieholten Number of resorptionholes			Dikte endostale apposities in mm Thickness endosteal layers in mm		
		Leeftijd	Stalstand vóór slachtdatum	Stabie periode before slaughterdate	Tijd bij laaisic eigenaar Period at last owners farm			Voorsie helft V. d. doorsnede	Achtersie helft V. d. doorsnede	Gehelc door- snede	Voorsie helft V. d. doorsnede <sup>2)</sup> of the section	Achtersie helft V. d. doorsnede <sup>2)</sup> of the section	Gehelc door- snede
268	2-51	1 jr. 11 mnd.	4 mnd.	8 mnd.	Z	5	24	252	276	6	9	15	
270	2-51	1 " 10 "	4 "	4 "	K	4	2	115	117	10	7	17	
272	2-51	1 " 10 "	4 "	4 "	Z	3	22	182	204	6	0	6	
464	9-10-51	1 " 7 "	1 jr.	8 "	K	3	57	213	270	4	1	5	
669	16-2-52	3 "	4 "	8 "	K	5	9	123	132	2	2	4	
670	18-2-52	2 "	8 "	8 "	K	2	33	187	220	0	0	0	
839	5-3-52	1 " 7 "	5 "	5 "	K	3	3	6	9	2	2	4	
1133	23-8-52	2 " 8 "	1 " 1 "	5 "	K	4	1	53	54	8	6	14	
1134	23-8-52	6 "	2 " 6 "	1 " 1 "	Z-V	6	4	17	21	10	3	13	
1135	23-8-52	2 " 5 "	1 " 1 "	2 " 1 "	K	6	33	334	367	7	4	11	
1136	23-8-52	2 " 8 "	2 " 2 "	2 " 2 "	V	4	1	65	66	7	8	15	
1137	23-8-52	6 "	10 "	5 "	K	7	7	17	24	11	5	16	
1138	23-8-52	4 "	4 "	3 "	V	3	2	37	39	7	2	9	
1140	23-8-52	2 " 8 "	1 " 10 "	1 " 5 "	Z	5	6	98	104	16	4	20	
1141	23-8-52	2 " 7 "	2 " 2 "	2 " 6 "	V	4	13	120	133	11	3	14	
1142	23-8-52	4 "	10 "	4 "	V	7	3	13	16	10	7	17	
1143	23-8-52	2 " 4 "	10 "	2 " 2 "	V	3	4	71	75	4	3	7	
1144	23-8-52	2 " 8 "	1 " 10 "	1 " 5 "	Z-V	7	64	217	281	3	2	5	
1145	23-8-52	2 " 7 "	10 "	2 " 4 "	Z	2	6	48	54	6	6	12	
1147	23-8-52	2 " 4 "	10 "	4 "	K	4	12	243	255	4	3	7	
1148	23-8-52	2 " 5 "	1 " 10 "	2 " 8 "	Z	3	9	169	178	10	2	12	
1214	11-10-52	1 " 8 "	1 " 1 "	1 " 7 "	Z	4	6	215	221	13	3	16	
1216	11-10-52	1 " 9 "	1 " 1 "	1 " 8 "	K	5	29	597	626	6	1	7	
1217	11-10-52	1 " 10 "	1 " 1 "	1 " 10 "	K	3	20	177	197	11	9	20	
1218	11-10-52	1 " 9 "	11 "	1 " 9 "	K	5	5	151	156	9	15	24	
1219	11-10-52	1 " 5 "	11 "	1 " 11 "	V	3	6	192	198	21	13	34	
1221	11-10-52	2 " 11 "	1 " 1 "	1 " 1 "	V	4	2	35	37	5	4	9	
1222	11-10-52	2 " 8 "	1 " 2 "	2 " 2 "	Z	6	4	144	148	10	3	13	
1224	11-10-52	5 "	1 " 4 "	4 "	V	4	29	29	58	5	2	7	
1271	26-1-53	9 "	2 " 8 "	8 "	K	1	18	89	107	0	0	0	
1280	27-1-53	1 " 11 "	3 " 7 "	7 "	V	3	3	89	92	9	4	13	
1297	4-3-53	1 " 2 "	4 " 2 "	2 "	K	2	32	187	219	7	16	23	
1361	5-2-54	3 " 11 "	1 " 11 "	1 " 11 "	Z	1	25	73	98	0	6	6	
1371	10-4-54	3 " 6 "	6 " 6 "	6 " 6 "	Z	7	87	311	448	9	2	11	
1372	10-4-54	3 " 3 "	5 " 6 "	5 " 6 "	Z	8	5	228	315	5	6	11	
1373	10-4-54	2 " 6 "	6 " 5 "	6 " 5 "	Z-V	6	9	91	96	4	2	6	
1374	10-4-54	2 " 4 "	6 " 6 "	6 " 6 "	K-V	6	9	71	80	11	9	20	
1375	10-4-54	3 " 4 "	7 " 7 "	7 " 7 "	Z	7	0	47	47	3	2	5	
1376	10-4-54	2 " 2 "	6 " 6 "	6 " 6 "	K	3	31	171	202	8	11	19	
1377	10-4-54	2 " 2 "	6 " 6 "	6 " 6 "	Z	7	22	351	373	7	2	9	
1378	10-4-54	3 " 3 "	6 " 6 "	6 " 6 "	V	9	196	413	609	9	5	14	
1379	10-4-54	1 " 7 "	6 " 6 "	6 " 6 "	Z	4	4	114	118	2	2	4	
1380	10-4-54	7 " 3 "	6 " 6 "	6 " 6 "	Z	9	3	28	31	6	4	10	
1381	10-4-54	2 " 3 "	6 " 6 "	6 " 6 "	K	5	17	179	196	3	2	5	
1382	10-4-54	2 " 5 "	6 " 6 "	6 " 6 "	Z	4	53	112	113	4	3	7	
1383	10-4-54	2 " 1 "	6 " 6 "	6 " 6 "	K	6	9	278	331	4	3	7	
1384	10-4-54	2 " 4 "	6 " 6 "	6 " 6 "	V	6	24	172	181	7	5	12	
1385	10-4-54	3 " 3 "	6 " 6 "	6 " 6 "	Z-V	8	2	159	183	6	2	8	
1387	24-4-54	3 " 4 "	6 " 6 "	6 " 6 "	Z-V	5	2	38	40	3	2	5	
1388	24-4-54	2 " 4 "	6 " 6 "	6 " 6 "	K	3	6	48	54	7	12	19	
1389	24-4-54	4 " 4 "	6 " 6 "	6 " 6 "	K	5	9	15	24	12	12	24	
1390	24-4-54	2 " 5 "	6 " 6 "	6 " 6 "	K	5	4	46	50	14	7	21	
1391	24-4-54	3 " 3 "	7 " 7 "	7 " 7 "	V	7	5	42	47	5	4	9	
1392	24-4-54	2 " 2 "	7 " 7 "	7 " 7 "	Z-V	4	21	203	224	3	2	5	
1393	24-4-54	2 " 2 "	7 " 7 "	7 " 7 "	K	6	71	276	347	4	2	6	
1394	24-4-54	3 " 3 "	7 " 7 "	7 " 7 "	K	4	13	69	82	7	5	12	
1395	24-4-54	4 " 4 "	6 " 6 "	6 " 6 "	K	8	49	132	181	10	3	13	
1396	24-4-54	2 " 2 "	6 " 6 "	6 " 6 "	K	5	20	200	220	7	13	20	
1397	24-4-54	2 " 1 "	6 " 6 "	6 " 6 "	K	7	104	292	396	4	3	7	
1398	24-4-54	3 " 3 "	6 " 6 "	6 " 6 "	K	5	8	49	57	6	3	9	
1399	24-4-54	3 " 3 "	7 " 7 "	7 " 7 "	K	5	8	103	111	6	3	9	
1400	24-4-54	2 " 1 "	6 " 6 "	6 " 6 "	K	6	19	154	173	8	3	11	
1401	24-4-54	1 " 11 "	6 " 6 "	6 " 6 "	Z	4	0	98	104	4	2	6	
1402	24-4-54	1 " 1 "	6 " 6 "	6 " 6 "	K	2	14	88	102	3	8	11	

1) Z = zand K = klei V = veen

2) De opgegeven dikten vormen de som van de dikte van de endostale appositie op twee plaatsen (zie Hoofdstuk IV-1-e).



TABEL II. Gegevens van het koeienmateriaal  
Data concerning the examined cows

Number	Slaughter date	Leeftijd Age	Aantal malen Number of parturitions	Laatste kalftdatum tot slachtdatum Last date of calving until slaughter date	Slachtdatum tot volgende kalftdatum Slaughter date until next date of calving	Totale melkproductie tot slachtdatum in kg Total milk production until slaughter date in kg	Tuberculose	Tijd bij laatste eigenaar Period at last owners farm	Grondsoort bedrijf laatste eigenaar <sup>1)</sup> Kind of soil of last owners farm	Klasse verbouwing- percentage Class of reconstrution percentage	Aantal resorptieholten Number of resorptionholes				Waarnemingen aan doorsnede 5 van de rechter metatarsus Observations section 5 of the right metatarsus			
											Voorste helft v. d. doorsnede Anterior half of the section	Achterste helft v. d. doorsnede Posterior half of the section	Gehel doorsnede Whole section	Percentage	Voorste helft v. d. doorsnede Anterior half of the section	Achterste helft v. d. doorsnede Posterior half of the section	Gehel doorsnede Whole section	Dikte endost. appos. in mm Thickness endost. layers in mm
328	25-6-51	6 jr.		1 jr.	5 mnd.		+	8 mnd.	K	6	4	12	16	6	10	4	6	10
329	26-6-51	7 "		4 "	2 "		-	6 "	K	5	67	156	223	3	3	4	6	6
330	26-6-51	7 "		8 "	4 "		-	1 "	Z-V	7	131	86	217	8	8	3	3	16
331	26-6-51	5 "	2 mnd.	1 "	2 "		+	2 "	K	7	11	2	13	4	5	4	5	9
334	25-6-51	7 "		2 "	2 "		+	7 "	K	2	6	53	59	2	2	2	2	6
335	25-6-51	2 "		3 "	9 "		+	7 "	K	6	18	24	42	4	2	2	4	4
336	25-6-51	9 "		3 "	2 "		+	6 "	K	3	6	15	21	14	6	6	20	4
339	25-6-51	3 "		8 "	9 "		+	8 "	K	6	29	82	111	2	1	3	3	3
341	25-6-51	9 "		3 "	9 "		+	3 "	K	5	4	16	20	9	3	3	12	6
344	26-6-51	6 "		4 "	9 "		+	6 "	K-Z-V	4	8	47	55	4	2	2	6	6
345	26-6-51	9 "		4 "	9 "		+	9 "	Z	5	29	125	154	8	5	5	13	13
363	10-7-51	11 "		1 "	4 "		-	4 "	Z	3	6	6	12	6	3	9	9	9
364	11-7-51	13 "		1 "	4 "		-	13 "	Z-K	3	4	12	16	6	8	13	13	7
365	3-7-51	6 "		9 "	4 "		+	2 "	Z-V	9	46	67	113	5	2	2	8	8
366	3-7-51	4 "		7 "	6 "		+	7 "	K-V	7	8	89	97	6	2	2	7	7
367	3-7-51	4 "		3 "	4 "		+	2 "	Z	5	17	138	155	2	0	0	2	2
368	10-7-51	2 "		1 "	2 "		+	3 "	Z-V	3	34	34	55	11	5	5	16	15
369	13-8-51	9 "		7 "	2 "		+	7 "	Z	4	56	88	144	7	2	2	8	8
370	7-8-51	7 "		1 "	4 "		+	3 "	K	8	32	48	80	6	4	4	16	16
372	7-8-51	5 "		10 "	4 "		+	3 "	Z	5	8	39	167	8	1	1	9	9
375	7-8-51	8 "		2 "	2 "		+	2 "	K	5	4	29	33	6	6	6	12	12
377	8-8-51	2 "		3 "	7 "		+	2 "	Z-V	3	4	31	35	4	3	3	7	7
378	8-8-51	9 "		5 "	2 "		+	4 "	V	3	4	87	108	3	3	3	6	6
379	8-8-51	11 "		3 "	7 "		+	1 "	V	8	21	27	40	7	4	4	11	11
381	8-8-51	11 "		4 "	7 "		+	9 "	V	4	13	27	40	7	4	4	11	11
383	8-8-51	12 "		5 "	7 "		+	9 "	V	4	32	29	61	4	2	2	6	6
387	20-7-51	9 "		6 "	5 "		-	9 "	K	8	10	25	35	6	7	7	13	13
389	30-7-51	4 "		6 "	2 "		+	3 "	V	7	8	132	140	6	3	3	9	9
390	8-8-51	9 "		4 "	7 "		+	4 "	V	7	37	163	200	9	5	5	14	14
391	24-7-51	2 "		4 "	3 "		+	2 "	V	5	6	32	38	3	2	2	5	5
394	27-8-51	6 "		4 "	2 "		+	6 "	Z	6	19	36	55	4	2	2	6	6
395	13-8-51	4 "		2 "	2 "		+	2 "	K	5	10	32	42	4	8	8	19	19
397	17-8-51	7 "		7 dg.	2 "		+	1 "	Z	6	13	69	82	11	5	5	13	13
398	13-8-51	9 "		4 "	4 "		+	1 "	Z	7	37	128	165	8	2	2	10	10
401	22-8-51	1 "		6 mnd.	4 "		+	5 "	Z-K	2	13	75	88	0	0	0	8	8
403	20-8-51	2 "		3 "	7 "		+	4 "	Z	3	7	8	15	5	2	2	6	6
404	16-8-51	5 "		8 "	2 "		+	6 "	K	5	23	49	72	4	2	2	8	8
405	27-8-51	4 "		3 "	4 "		+	4 "	K	2	31	153	153	5	3	3	6	6
406	27-8-51	1 "		4 "	2 "		+	1 "	K	7	6	69	75	5	2	2	8	8
407	10-8-51	6 "		3 "	2 "		+	4 "	Z	7	2	67	69	4	2	2	7	7
408	27-8-51	2 "		9 "	2 "		+	9 "	K-V-Z	5	3	73	76	4	0	0	4	4
410	25-8-51	2 "		4 "	8 "		+	2 "	Z	3	12	16	28	5	6	6	4	4
415	17-8-51	10 "		7 "	9 "		+	7 "	Z	6	0	5	5	2	2	11	11	11
416	27-8-51	4 "		2 "	2 "		+	4 "	Z	6	58	177	235	9	6	6	15	15
417	10-9-51	9 "		9 "	2 "		+	9 "	V	6	4	49	51	4	2	2	6	6
418	4-9-51	5 "		6 "	6 "		+	5 "	Z-V	3	38	93	131	7	8	8	15	15
421	4-9-51	1 "		14 dg.	2 "		+	9 "	Z	1	4	21	25	3	4	4	5	5
425	8-9-51	4 "		2 mnd.	2 "		+	5 "	Z	8	12	12	24	9	2	2	13	13
431	4-9-51	8 "		6 "	2 "		+	8 "	Z-V	6	5	42	47	12	6	6	18	18
433	24-9-51	5 "		1 "	1 "		+	6 "	Z	4	0	0	0	9	3	3	7	7
434	24-9-51	7 "		4 "	2 "		+	3 "	Z	7	4	7	11	4	7	7	18	18
435	24-9-51	6 "		4 "	2 "		+	6 "	Z	6	59	181	240	8	3	3	11	11
436	11-9-51	6 "		7 "	5 "		+	6 "	Z	7	3	49	52	4	2	2	6	6
437	11-9-51	11 "		8 "	1 "		+	6 "	Z	4	0	16	16	4	2	2	6	6
438	13-9-51	6 "		1 "	2 "		+	6 "	Z	4	0	0	0	6	6	6	6	6
439	14-9-51	4 "		1 "	1 "		+	2 "	Z	4	22	103	125	2	2	2	8	8
440	11-9-51	3 "		1 "	2 "		+	7 "	K	4	11	113	124	4	2	2	6	6
441	24-9-51	4 "		7 "	5 "		+	2 "	V	8	0	1	1	6	3	3	9	9
442	13-9-51	6 "		6 "	5 "		+	4 "	V-Z	3	49	104	153	3	2	2	5	5
443	19-9-51	7 "		7 "	6 "		+	5 "	V	6	4	82	86	4	2	2	6	6
444	13-9-51	4 "		6 "	5 "		+	3 "	Z	4	3	53	56	4	4	4	8	8
447	15-10-51	3 "		6 "	5 "		+	1 "	K	4	18	79	97	3	3	3	6	6
448	15-10-51	3 "		7 "	5 "		+	3 "	K	5	14	91	105	4	4	4	8	8
449	16-10-51	2 "		7 "	5 "		+	1 "	Z	3	6	16	22	3	2	2	6	6
451	15-10-51	3 "		6 "	5 "		+	1 "	K	3	0	0	3	2	2	4	4	4
452	1-10-51	6 "		7 "	14 dg.		+	1 "	Z	5	0	0	0	4	4	4	7	7
453	2-10-51	6 "		7 "	5 mnd.		+	6 "	Z	5	38	94	132	6	7	7	13	13

1) Z = zand K = klei V = veen

2) De opgegeven dikten vormen de som van de dikte van de endostale appositie op twee plaatsen (zie Hoofdstuk IV-1-e).

3) \* = één of meer malen een kalf verworpen.

TABEL II. Vervolg (continued)

Nummer	Slachtdatum	Lechtijd	Aantal malen gekalft	Aantal malen parturitions	Laatste kalftdatum		Laatste kalftdatum tot slachtdatum	Slachtdatum tot volgende kalftdatum	Staghter date until next date of calving	Totale melkproductie tot slachtdatum in kg	Tuberculosis	Tijd bij laaiste eigenaar	Period at last owners farm	Grondsoort bedrijf	Laatste eigenaar	Kind of soil of last owners farm	Klasse verbouwingspercentage	Percentage of reconstruction				Voortste helft v. d. doorsnede	Achterste helft v. d. doorsnede	Aantal resorptieholten	Dikte endost. appos. in mm		Geheltdoorsnede
					tot slachtdatum	until slaughter date												Voortste helft v. d. doorsnede	Achterste helft v. d. doorsnede	Voortste helft v. d. doorsnede	Achterste helft v. d. doorsnede				Voortste helft v. d. doorsnede	Achterste helft v. d. doorsnede	
455	8-10-'51	4 jr.	3	3	6 mnd.	6 mnd.	6 mnd.	6 mnd.	13.361	+	2	8 jr.	K	K	8	4	8	87	83	4	2	2	2	2	4	87	
456	15-10-'51	8 "	5	5	2 "	2 "	2 "	2 "		+	2	8 "	Z	K	4	4	5	6	5	2	6	14	2	2	20	6	
457	15-10-'51	2 "	1	4	5 "	5 "	5 "	5 "	8.285	+	3	10 "	Z	Z	5	4	4	2	1	1	0	11	5	3	3	11	102
458	16-10-'51	6 "	4	3	5 "	5 "	5 "	5 "		+	4	5 "	K	Z	6	6	6	2	123	2	2	3	3	2	2	2	2
459	9-10-'51	5 "	3	3	4 "	4 "	4 "	4 "		+	4	5 "	Z	Z	2	2	2	3	98	2	2	3	3	2	2	5	134
460	9-10-'51	4 "	3	3	6 "	6 "	6 "	6 "		+	4	5 "	Z	Z	3	3	3	2	2	2	2	3	3	2	2	3	6
462	10-10-'51	4 "	3	3	8 "	8 "	8 "	8 "		+	4	5 "	Z	Z	2	2	2	3	99	2	2	3	3	2	2	4	5
465	2-10-'51	2 "	1	1	6 "	6 "	6 "	6 "		+	5	6 "	K	Z-V	3	3	3	2	18	2	2	2	2	2	2	4	5
466	2-10-'51	8 "	8*	8	3 "	3 "	3 "	3 "	36.910	+	12	11 "	Z	Z	7	7	7	48	20	2	2	3	3	2	2	5	4
467	9-10-'51	12 "	6	6	6 "	6 "	6 "	6 "	22.967	+	1	11 "	Z	Z	9	9	9	41	32	9	9	9	9	6	8	15	17
470	8-10-'51	8 "	6	3	5 "	5 "	5 "	5 "		+	3	4 "	K	Z	8	8	8	5	2	2	2	2	2	2	2	4	4
471	1-10-'51	6 "	3	3	6 "	6 "	6 "	6 "		+	4	4 "	Z	Z	3	3	3	11	2	2	2	2	2	2	2	4	4
474	29-10-'51	4 "	3	3	9 dg.	9 dg.	9 dg.	9 dg.		+	4	5 "	Z	Z	5	5	5	5	32	2	2	2	2	2	2	4	4
477	31-10-'51	9 "	6	6	11 mnd.	11 mnd.	11 mnd.	11 mnd.		+	5	5 "	Z-V	Z-V	3	3	3	12	29	9	9	9	9	9	9	14	14
478	23-10-'51	11 "	7	7	8 "	8 "	8 "	8 "		+	11	5 "	Z	Z	4	4	4	30	66	2	2	2	2	2	2	4	4
479	23-10-'51	9 "	6	6	4 "	4 "	4 "	4 "		+	1	7 "	Z	Z	4	4	4	66	4	4	4	4	4	4	4	5	5
480	29-10-'51	3 "	1	1	10 "	10 "	10 "	10 "		+	1	7 "	Z	Z	3	3	3	9	4	4	4	4	4	4	4	10	10
482	26-10-'51	4 "	2	2	4 "	4 "	4 "	4 "		+	1	7 "	Z	Z	6	6	6	9	2	2	2	2	2	2	2	8	8
483	29-10-'51	5 "	3	3	11 "	11 "	11 "	11 "		+	3	3 "	Z	Z	3	3	3	15	8	8	8	8	8	8	8	11	11
484	29-10-'51	10 "	8	8	7 "	7 "	7 "	7 "		+	4	4 "	Z	Z	5	5	5	17	7	7	7	7	7	7	7	16	16
485	31-10-'51	10 "	1	1	6 "	6 "	6 "	6 "	6.170	+	5	5 "	Z	Z	1	1	1	30	55	10	10	10	10	10	10	18	18
486	29-10-'51	4 "	2	2	11 "	11 "	11 "	11 "		+	8	8 "	Z	Z	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	8	8
487	31-10-'51	4 "	3*	3	11 "	11 "	11 "	11 "		+	3	3 "	V	Z-V	10	10	10	15	10	5	5	5	5	5	5	8	8
488	29-10-'51	4 "	6	6	7 "	7 "	7 "	7 "		+	3	3 "	Z	Z	7	7	7	84	8	8	8	8	8	8	8	7	7
489	31-10-'51	3 "	2	2	8 "	8 "	8 "	8 "		+	3	3 "	Z	Z	2	2	2	86	8	8	8	8	8	8	8	7	7
490	29-10-'51	3 "	2	2	7 "	7 "	7 "	7 "		+	3	3 "	Z	Z	7	7	7	82	14	14	14	14	14	14	14	7	7
491	31-10-'51	3 "	2	2	9 "	9 "	9 "	9 "		+	3	3 "	Z	Z	10	10	10	21	14	9	9	9	9	9	9	7	7
513	13-11-'51	7 "	6	6	2 "	2 "	2 "	2 "		+	3	3 "	Z	Z	7	7	7	86	14	7	7	7	7	7	7	14	14
514	14-11-'51	4 "	3	3	4 dg.	4 dg.	4 dg.	4 dg.		+	1	4 "	K	K	7	7	7	13	9	4	4	4	4	4	4	9	9
516	14-11-'51	4 "	2	2	11 mnd.	11 mnd.	11 mnd.	11 mnd.		+	5	6 "	K	Z-V	5	5	5	99	86	2	2	2	2	2	2	10	10
519	14-11-'51	5 "	3	3	8 "	8 "	8 "	8 "		+	5	6 "	Z-V	Z-V	9	9	9	64	58	2	2	2	2	2	2	20	20
520	21-11-'51	13 "	11	11	8 "	8 "	8 "	8 "	52.665	+	13	7 "	K	V-K	2	2	2	101	87	7	7	7	7	7	7	8	8
521	14-11-'51	1 "	0	0	5 "	5 "	5 "	5 "		+	1	8 "	Z	Z	3	3	3	56	53	9	9	9	9	9	9	13	13
522	27-11-'51	1 "	0	0	9 "	9 "	9 "	9 "		+	5	8 "	Z	Z	4	4	4	34	29	6	6	6	6	6	6	8	8
525	14-11-'51	5 "	3	3	5 "	5 "	5 "	5 "	10.326	+	5	8 "	Z	Z	5	5	5	30	21	2	2	2	2	2	2	11	11
526	20-11-'51	10 "	6	6	9 "	9 "	9 "	9 "	22.867	+	6	8 "	Z	Z	4	4	4	8	21	6	6	6	6	6	6	8	8
528	3-12-'51	8 "	6	6	10 "	10 "	10 "	10 "		+	8	2 "	Z	Z	3	3	3	10	6	2	2	2	2	2	2	11	11
534	12-12-'51	6 "	1	1	2 "	2 "	2 "	2 "		+	1	10 "	Z-V	Z-V	5	5	5	23	19	10	10	10	10	10	10	13	13
537	12-12-'51	2 "	1	1	9 "	9 "	9 "	9 "		+	7	7 "	K	Z-V	3	3	3	6	6	4	4	4	4	4	4	5	5
539	5-12-'51	7 "	5	5	8 dg.	8 dg.	8 dg.	8 dg.		+	7	7 "	Z-V	Z-V	5	5	5	29	26	3	3	3	3	3	3	8	8
545	12-12-'51	7 "	5	5	6 mnd.	6 mnd.	6 mnd.	6 mnd.	18.278	+	7	7 "	Z-V	Z-V	3	3	3	29	26	4	4	4	4	4	4	17	17
550	17-12-'51	8 "	5	5	10 "	10 "	10 "	10 "	25.402	+	7	8 "	Z-V	Z-V	5	5	5	30	23	4	4	4	4	4	4	6	6
557	18-12-'51	6 "	3	3	5 "	5 "	5 "	5 "		+	3	9 "	Z	Z	4	4	4	24	18	6	6	6	6	6	6	8	8
564	17-12-'51	4 "	2	2	10 "	10 "	10 "	10 "		+	1	9 "	Z	Z	3	3	3	23	16	2	2	2	2	2	2	13	13
565	17-12-'51	5 "	3	3	10 "	10 "	10 "	10 "		+	1	9 "	Z-V	Z-V	5	5	5	23	16	4	4	4	4	4	4	5	5
568	19-12-'51	6 "	3	3	6 "	6 "	6 "	6 "		+	2	2 "	K	Z-V	3	3	3	29	26	4	4	4	4	4	4	17	17
573	3-1-'52	2 "	1	1	1 "	1 "	1 "	1 "		+	2	2 "	Z	Z	5	5	5	24	20	8	8	8	8	8	8	6	6
584	9-1-'52	12 "	9	9	9 "	9 "	9 "	9 "	563	+	12	4 "	Z	Z	4	4	4	23	20	3	3	3	3	3	3	11	11
594	9-1-'52	12 "	9	9	8 "	8 "	8 "	8 "		+	12	4 "	Z-V	Z-V	5	5	5	16	16	4	4	4	4	4	4	10	10
596	9-1-'52	7 "	5	5	9 "	9 "	9 "	9 "		+	12	4 "	Z	Z	7	7	7	34	32	4	4	4	4	4	4	10	10
604	15-1-'52	7 "	4	4	9 "	9 "	9 "	9 "		+	7	7 "	Z	Z	6	6	6	74	44	5	5	5	5	5	5	18	18
638	30-1-'52	5 "	3	3	9 "	9 "	9 "	9 "		+	7	7 "	Z	Z	9	9	9	82	57	9	9	9	9	9	9	13	13
639	30-1-'52	5 "	3	3	9 "	9 "	9 "	9 "		+	2	7 "	Z	Z	4	4	4	71	53	11	11	11	11	11	11	18	18
646	30-1-'52	8 "	0	0	3 "	3 "	3 "	3 "		+	1	11 "	K	Z-K-V	3	3	3	75	74	9	9	9	9	9	9	7	7
650	30-1-'52	7 "	5	5	7 "	7 "	7 "	7 "	25.732	+	8	8 "	V	V	4	4	4	106	74	32	32	32	32	32	32	18	18
662	6-2																										

TABEL III. Gegevens van het koeienmateriaal  
Data concerning the examined cows

Number	Slaughter date	Leeftijd Age	Aantal malen gekalfd <sup>1)</sup> Number of parturitions <sup>2)</sup>	Gegevens betreffende de dieren Data concerning the animals				Observations to the posterior half of section 5 of the right metatarsus				
				Laatste kalftdatum tot slachtdatum Last date of calving until slaughter date	Slachtdatum tot volgende kalftdatum Slaughter date until next date of calving	Totale melkproductie tot slachtdatum in kg Total milk production until slaughter date in kg	Tuberculose	Tijd bij laatste eigenaar Period at last owners farm	Grondsoort bedrijf Laatste <sup>3)</sup> eigenaar Kind of soil of last owners farm	Klasse verbou- wingspercentage	Aantal resorp- tieholten Number of re- sorption holes	Dikte endostale apposities in mm <sup>3)</sup> Thickness endos- teal layers in mm
527	3-12-'51	4 jr.	2*	9 mnd.	2	4.851	-	4 jr.	Z	4	43	2
533	12-12-'51	1 " 10 mnd.	0	11 "	2	11.728	-	1 " 10 mnd.	Z-V	2	94	9
538	12-12-'51	6 "	3	8 "	2		-	3 "	Z-V	3	54	3
540	28-11-'51	9 "	6	9 "	4		-	2 "		7	17	2
541	12-12-'51	6 "	4	10 "	3	16.045	-	6 "	Z-K	4	27	2
544	28-12-'51	4 "	2	10 "	2		-	4 "	K	2	32	5
547	28-11-'51	1 " 11 "	0	8 "	2		-	4 "	K	4	212	2
549	5-12-'51	5 "	3	8 "	4		-	2 "	K	7	33	2
551	10-12-'51	10 "	0	8 "	2		-	10 "	K	1	62	6
552	18-12-'51	3 "	1	10 "	2		-	3 "	K	6	2	2
554	17-12-'51	4 "	2	10 "	5		-	5 "	Z-V	3	57	3
555	17-12-'51	5 "	2	10 "	2		-	7 "	Z	7	31	4
556	17-12-'51	7 "	5	10 "	4	23.531	-	3 "	K	6	45	7
560	7-12-'51	8 "	5	10 "	4		-	5 "	K	7	5	4
561	10-12-'51	11 "	9	8 "	3	35.444	-	4 "	K	4	4	5
566	9-1-'52	7 "	4	7 "	5	17.973	-	7 "	K	4	69	4
567	27-12-'51	4 "	2	9 "	3		-	3 "	K	6	136	2
569	27-12-'51	1 " 9 "	0	9 "	3		-	1 " 9 "	V	3	79	2
570	19-12-'51	1 " 10 "	0	11 "	2	19.621	-	1 " 10 "	Z-V	3	146	4
571	9-1-'52	1 " 10 "	0	10 "	2		-	1 " 10 "	Z	2	34	3
574	3-1-'52	8 "	6	8 "	2	5.239	-	8 "	Z	3	99	3
575	9-1-'52	4 "	2	9 "	4		-	2 "	K	8	1	4
583	14-1-'52	10 "	7	10 "	2		-	9 "	Z	7	94	5
589	8-1-'52	3 "	1	10 "	2		-	9 "	Z	7	94	6
590	9-1-'52	9 "	7	10 "	2		-	9 "	Z	7	94	6
591	27-12-'51	6 "	4	8 "	4	20.619	+	6 "	Z	5	70	3
595	17-1-'52	5 "	3	8 "	5	9.713	+	5 "	K	4	93	4
597	15-1-'52	9 "	7	8 "	4	28.194	+	9 "	N	5	155	6
598	17-1-'52	5 "	3	11 "	2	13.758	-	5 "	K	6	102	5
600	17-1-'52	11 "	2	11 "	2	37.406	-	11 "	K	9	8	4
602	15-1-'52	4 "	9	10 "	3	7.299	+	11 "	K	5	24	7
603	15-1-'52	2 "	2	10 "	2	16.853	+	7 "	Z	4	69	4
605	15-1-'52	7 "	4*	11 "	2	2.973	+	2 "	K	3	30	4
607	15-1-'52	4 "	1	11 "	2	3.443	+	2 "	K	4	11	5
612	23-1-'52	6 "	1	10 "	14 dg.	14.913	+	4 "	Z	4	47	4
613	16-1-'52	4 "	4	10 "	1 mnd.	6.777	+	4 "	Z	7	73	6
620	23-1-'52	10 "	2	2 "	2		+	2 "	K	9	53	3
621	23-1-'52	2 "	7	10 "	2	2.188	-	2 "	Z-V	3	40	0
624	23-1-'52	2 "	1	10 "	2	367	+	2 "	K-Z	3	12	4
625	23-1-'52	2 "	1	10 "	2	26.511	+	2 "	Z-V	4	11	5
626	23-1-'52	7 "	8	10 "	14 dg.	16.812	+	7 "	Z-V	1	11	4
627	23-1-'52	9 "	5	11 "	11 "	23.177	-	9 "	Z-K-V	3	5	2
628	23-1-'52	4 "	6	1 "	2	6.657	+	4 "	Z-K-V	9	89	4
629	23-1-'52	4 "	2	3 "	1 mnd.		+	2 "	Z-K-V	3	10	2
631	30-1-'52	7 "	1	9 "	2 "	19.916	+	7 "		7	41	4
632	30-1-'52	3 "	0	11 "	7 dg.	3.377	+	3 "		5	232	2
633	30-1-'52	1 " 10 "	0	2 "	2 mnd.		+	1 " 10 "		2	39	0
635	30-1-'52	2 "	1	2 "	3	4.055	+	2 "		4	67	2
636	30-1-'52	3 "	1	9 "	3		+	3 "		4	21	3
637	30-1-'52	1 " 10 "	0	11 "	1		+	1 " 10 "		7	57	5
640	30-1-'52	7 "	0	11 "	1	21.725	-	7 "		3	303	4
641	30-1-'52	2 "	0	1 "	7		+	2 "	K	7	7	2
642	30-1-'52	2 "	0	1 "	1	21.524	+	2 "	K	5	3	7
643	30-1-'52	7 "	5	1 "	1	6.575	+	3 "	Z-K-V	3	15	2
644	30-1-'52	4 "	2	8 "	4		+	1 " 10 "		3	105	9
645	30-1-'52	1 " 10 "	0	8 "	4	7.195	+	4 "		5	90	2
647	30-1-'52	4 "	2	10 "	3		+	4 "	K	2	159	4
648	30-1-'52	1 " 9 "	0	10 "	3		+	1 " 9 "		6	112	4
651	30-1-'52	4 "	2	10 "	2	7.367	+	4 "	K	6	33	3
652	6-2-'52	6 "	4	10 "	2	18.304	+	2 "		8	5	5
653	6-2-'52	7 "	1	11 "	1	21.265	+	2 "	K	8	6	6
654	6-2-'52	5 "	3	11 "	1	12.268	+	5 "		8	6	5
655	6-2-'52	5 "	3	9 "	1	10.625	+	5 "		3	3	5

1) Z = zand K = klei V = veen

2) De opgegeven dikten vormen de som van de dikte van de endostale appositie op twee plaatsen (zie Hoofdstuk IV-1-e).

3) \* = één of meer malen een kalf verworpen.

TABEL III Vervolg (continued)

Gegevens betreffende de dieren Data concerning the animals		Waarnemingen aan de achterste helft van doorsnede 5 van de rechter metatarsus Observations to the posterior half of section 5 of the right metatarsus										
Nummer Number	Slachtdatum Slaughter date	Leeftijd Age	Aantal malen gekalfd <sup>3)</sup> Number of parturitions <sup>3)</sup>	Laatste kalffdatum tot slachtdatum Last date of calving until slaughter date	Slachtdatum tot volgende kalffdatum Slaughter date until next date of calving	Totale melkproductie tot slachtdatum in kg Total milk production until slaughter date in kg	Tuberculose Tuberculosis	Tijd bij laatste eigenaar Period at last owners farm	Grondsoort bedrijf Kind of soil of last owners farm	Klasse verbouwingpercentage Class of reconstruction percent.	Aantal resorptieholten Number of resorption holes	Dikte endostale apposities in mm <sup>1)</sup> Thickness endostal layers in mm
656	6-2-'52	3 jr.	1	11 mnd.	1 mnd.	3.186	+	3 jr.	V	3	7	3
657	6-2-'52	4 "	2	11 "	2 "	5.529	+	4 "	K	5	21	4
658	6-2-'52	5 "	3	10 "	1 "	10.288	+	5 "	K	7	155	3
659	6-2-'52	6 "	4	11 "	2 "	19.567	+	3 "	K	7	12	2
660	6-2-'52	6 "	4	11 "	2 "	12.297	+	3 "	K	5	22	2
661	6-2-'52	5 "	4	11 "	2 "	31.285	+	2 "	K	6	30	2
664	6-2-'52	7 "	8	1 "	1 "	14.037	+	7 "	K-V	6	187	3
665	6-2-'52	11 "	5	11 "	1 "	9.445	+	3 "	K	6	2	4
668	6-2-'52	8 "	5	11 "	2 "	21.237	+	7 "	Z-V	5	248	5
671	7-2-'52	7 "	5	10 "	4 "	10.398	+	4 "	Z	6	114	4
673	4-2-'52	4 "	2	10 "	4 "	4.620	+	1 "	Z	3	30	2
674	23-1-'52	2 "	1	10 "	2 "	28.962	+	5 "	Z-V	4	83	2
675	1-2-'52	5 "	3	11 "	2 "	6.666	+	7 "	Z	4	68	7
676	28-1-'52	7 "	5	11 "	2 "	9.682	+	3 "	Z	5	118	8
677	29-1-'52	5 "	2	11 "	3 "	21.669	+	4 "	Z-V	4	61	0
679	4-2-'52	3 "	1	11 "	8 "	2.280	+	5 "	Z-V	4	242	5
680	29-1-'52	9 "	7	9 "	3 "	3.227	+	7 "	Z	5	30	2
681	11-2-'52	4 "	2	10 "	2 "	25.283	+	2 "	Z	5	127	2
682	12-2-'52	4 "	2	10 "	2 "	2.138	+	1 "	K	7	72	1
683	4-2-'52	5 "	3	11 "	2 "	6.969	+	3 "	V	5	87	0
684	12-2-'52	8 "	0	11 "	2 "	28.515	+	8 "	V	7	4	3
702	29-1-'52	7 "	5	9 "	4 "	49.482	+	11 "	Z	7	115	2
703	28-1-'52	5 "	3	10 "	2 "	12.577	+	4 "	Z	4	59	5
705	29-1-'52	2 "	1	10 "	14 dg.	16.218	+	7 "	Z-V	8	12	4
706	28-1-'52	4 "	2	4 "	1 mnd.	4.683	+	14 "	V	9	174	12
707	28-1-'52	3 "	1	7 "	2 "	12.577	+	4 "	V	7	8	7
713	20-2-'52	11 "	9	14 dg.	2 "	11.912	+	4 "	V	8	14	6
714	13-2-'52	8 "	6	11 mnd.	2 "	6.267	+	6 "	V	7	43	2
715	21-2-'52	2 "	1	11 "	4 "	23.093	+	4 "	V	7	7	2
717	13-2-'52	4 "	6	11 "	14 dg.	28.475	+	4 "	V	6	94	3
719	13-2-'52	9 "	11	11 "	1 mnd.	59	+	8 "	K-V	8	34	4
720	20-2-'52	14 "	6	11 "	5 mnd.		+	9 "	K-V	3	69	2
721	13-2-'52	4 "	3	11 "	2 "		+	1 "	K	5	67	9
722	13-2-'52	6 "	3	11 "	6 "		+	11 "	K	7	9	2
725	20-2-'52	6 "	3	9 "	2 "	2.345	+	2 "	Z	5	202	2
726	13-2-'52	4 "	2	11 "	14 dg.	2.920	+	10 "	Z	3	48	2
728	27-2-'52	6 "	4	5 "	2 "	7.073	+	3 "	Z	6	16	2
731	5-3-'52	8 "	2	11 "	2 "	12.506	+	4 "	Z	4	4	2
732	5-3-'52	9 "	2	8 "	2 "	15.572	+	6 "	V	3	5	4
734	5-3-'52	4 "	1	7 dg.	1 mnd.	58	+	9 "	K	5	11	4
740	27-2-'52	11 "	1	7 dg.	4 "	24.837	+	3 "	Z	6	222	8
743	27-2-'52	12 "	2	9 mnd.	4 "	6.461	+	10 "	Z	8	107	10
744	26-2-'52	4 "	2	9 "	2 "	9.659	+	9 "	K	5	47	2
745	20-2-'52	4 "	2	3 "	2 "		+	9 "	K	5	16	5
747	18-2-'52	4 "	6	10 "	2 "		+	11 "	K	6	99	2
748	25-2-'52	10 "	4	10 "	2 "		+	11 "	Z	7	29	6
749	26-2-'52	6 "	4	7 dg.	4 "		+	1 "	Z	8	1	3
750	3-3-'52	7 "	1	10 mnd.	11 dg.		+	6 "	Z	7	50	3
754	26-2-'52	2 "	1	7 dg.	1 mnd.		+	5 "	V	5	51	4
758	18-2-'52	3 "	1	10 "	10 dg.		+	3 "	Z	8	10	4
759	18-2-'52	5 "	2	11 "	10 dg.		+	5 "	K	8	10	4
761	18-2-'52	8 "	3	7 dg.	3 dg.		+	5 "	K	9	10	4
766	25-2-'52	5 "	6	10 "	3 dg.		+	5 "	K	5	3	3
771	25-2-'52	8 "	1	10 "	2 "		+	7 "	K	6	3	3
775	25-2-'52	2 "	5	9 "	2 "		+	11 "	K	8	3	3
781	25-2-'52	7 "	1	7 dg.	4 "		+	1 "	Z	7	3	3
782	27-2-'52	1 "	1	10 mnd.	11 dg.		+	3 "	Z	7	3	3
790	3-3-'52	8 "	2	7 dg.	4 "		+	6 "	Z	7	3	3
793	3-3-'52	5 "	2	10 mnd.	11 dg.		+	5 "	Z	5	3	3
794	20-2-'52	4 "	2	11 "	10 dg.		+	3 "	V	7	3	3
800	28-2-'52	4 "	5	1 "	1 mnd.		+	7 "	Z	8	3	3
806	26-3-'52	12 "	10	11 "	10 dg.		+	5 "	Z	9	3	3
807	26-3-'52	7 "	5	3 dg.	2 "		+	5 "	K	5	3	3

1) Z = zand K = Klei V = Veen  
 2) De opgegeven dikten vormen de som van de dikte van de endostale appositie op twee plaatsen (zie Hoofdstuk IV-1-e).  
 3) \* = één of meer malen een kalf verworpen.



TABEL III. Vervolg (continued)

Nummer	Gegevens betreffende de dieren Data concerning the animals										Waarnemingen aan de achterste helft van doorsnede 5 van de rechter metatarsus Observations to the posterior half of section 5 of the right metatarsus			
	Slachtdatum Slaughter date	Leeftijd Age	Aantal malen gekalfd <sup>1)</sup> Number of parturitions <sup>2)</sup>	Laatste kalftatum tot slachtdatum Last date of calving until slaughter date	Slachtdatum tot volgende kalftatum Slaughter date until next date of calving	Totale melkproductie tot slachtdatum in kg Total milk production until slaughter date in kg	Tuberculose	Tijd bij laatste eigenaar Period at last owners farm	Grondsoort bedrijf laatste 3 eigenaar Kind of soil of last owners farm	Klasse verbouwingpercentages Class of reconstruction percentages	Aantal resorptieholten Number of resorption holes	Dikte endostale apposities in mm <sup>3)</sup> Thickness of endostal layers in mm		
808	26-3-52	3 mnd.	2	1 mnd.	2	3.724	+	3 mnd.	K	3	49	2		
809	26-3-52	7 "	4	2 "	2	18.780	+	4 "	K	7	81	2		
810	26-3-52	7 "	5	2 "	2	20.698	+	6 "	K	5	46	2		
688	11-2-52	9 "	7	1 "	2		+	6 "	K	7	3	4		
694	22-1-52	9 "	7	10 "	3		+	9 "	Z	5	5	4		
699	22-1-52	11 "	9	10 "	2		+	1 "	Z-V	22	22	4		
813	26-3-52	2 jr. 11 mnd.	1	1 jr.	5 dg.	2.885	-	1 "	K	4	14	4		
817	19-3-52	7 "	5	3 mnd.	2	19.235	-	7 "	K	9	52	3		
818	26-3-52	6 "	2	4 "	2	13.717	+	6 "	K	7	42	2		
819	26-3-52	4 "	2	1 "	2	5.457	+	4 "	K	5	12	1		
823	26-3-52	3 "	2	1 "	2		+	3 "	K	5	67	2		
824	26-3-52	6 "	4	1 "	2	19.416	-	6 "	K	6	100	2		
826	12-3-52	7 "	1	1 "	2	14.463	+	7 "	K	7	64	3		
828	12-3-52	2 "	1	1 "	2		+	7 "	K	5	3	3		
829	12-3-52	10 "	7	1 "	3	29.438	+	6 "	Z	7	17	10		
838	10-3-52	4 "	2	10 "	2	6.014	+	4 "	Z	6	9	2		
842	19-3-52	3 "	1	1 "	2	5.275	+	3 "	Z	7	34	6		
844	19-3-52	11 "	9	1 "	2	32.473	+	9 "	Z	4	20	3		
847	17-3-52	11 "	8	1 "	5	45.068	+	11 "	Z	5	218	8		
856	19-3-52	10 "	2	10 "	1	35.425	+	10 "	K	10	1	10		
857	25-3-52	4 "	9	11 "	1	7.214	+	4 "	Z	6	3	6		
860	17-3-52	11 "	5	11 "	2	32.490	-	7 "	Z	7	185	2		
867	1-4-52	7 "	4	1 "	2		-	5 "	Z	7	16	3		
868	2-4-52	5 "	3	1 "	2		-	5 "	K	7	3	2		
870	19-3-52	5 "	3	11 "	2 dg.	8.347	-	5 "	V	3	4	2		
873	24-3-52	10 "	8	10 "	2 mnd.	32.865	-	10 "	Z	4	5	2		
881	24-3-52	8 "	7	2 dg.	2	20.172	-	8 "	K	6	7	8		
882	24-3-52	4 "	2	11 mnd.	1	7.372	-	4 "	K-V	7	27	4		
883	1-4-52	6 "	2	1 "	1	6.195	-	5 "	Z-V	7	52	2		
888	24-3-52	10 "	7	11 "	2	28.239	-	10 "	Z	5	15	7		
890	5-3-52	5 "	4	1 "	2	12.718	+	5 "	Z-V	5	188	4		
891	5-3-52	3 "	1	1 "	1	2.504	+	11 "	Z	9	34	4		
893	5-3-52	8 "	6	9 "	2	17.880	+	8 "	Z	7	145	4		
908	16-4-52	10 "	8	10 "	2	36.634	+	10 "	Z	5	14	7		
909	15-4-52	10 "	8	5 "	7	35.033	+	10 "	Z-K	10	238	10		
910	15-4-52	6 "	4	9 "	3	15.363	+	6 "	K	5	13	3		
914	16-4-52	7 "	6	1 "	2	20.728	+	7 "	V	7	29	6		
915	16-4-52	8 "	3	6 dg.	2		+	1 "	V	6	8	3		
917	16-4-52	4 "	5	1 mnd.	2	7.515	+	4 "	V	6	7	5		
920	16-4-52	6 "	3	1 "	2	17.259	+	6 "	V	4	31	2		
925	25-4-52	7 "	2	4 "	2	19.231	-	3 "	K	4	59	2		
941	1-5-52	3 "	2	2 "	2	4.714	+	3 "	V	7	43	1		
945	30-4-52	2 "	1*	3 "	2	1.003	-	2 "	Z-V	3	20	2		
946	1-5-52	3 "	2	1 "	2	3.805	-	3 "	V	3	54	1		
947	30-4-52	7 "	4	11 "	3	16.782	-	7 "	K	7	29	7		
975	23-5-52	4 "	3	2 dg.	2	3.800	+	3 "	K	5	169	2		
976	21-5-52	3 "	2	2 mnd.	2	9.676	+	3 "	V	9	16	3		
977	23-5-52	4 "	3	8 dg.	2	5.308	+	4 "	K	8	62	2		
1026	11-6-52	4 "	2	6 mnd.	7	1.854	+	4 "	Z-V	7	32	2		
1099	30-7-52	2 "	1	5 "	8		+	2 "	Z	2	50	6		
1100	30-7-52	11 "	9	6 "	2	7.452	+	1 "	Z-K	5	16	4		
1234	8-10-52	4 "	3	7 "	5	10.314	-	4 "	K	3	42	2		
1239	3-12-52	5 "	3	8 "	4		-	5 "	K	7	42	2		
1242	3-12-52	6 "	6	1 "	2	36.081	+	8 "	V	10	36	11		
1245	12-12-52	8 "	5	6 "	4	19.932	+	6 "	K	4	25	4		
1255	12-12-52	6 "	5	1 "	2	53.955	+	12 "	K	8	23	6		
1256	17-12-52	12 "	2	7 "	4	7.218	-	4 "	V	3	82	2		
1258	17-12-52	4 "	1	1 "	2	593	+	2 "	K	5	55	0		
1259	17-12-52	2 "	1	1 "	3	2.099	+	8 "	K	5	1	7		
1260	31-12-52	2 "	1	8 "	2	3.749	+	2 "	Z-K	1	67	2		
1264	21-1-53	3 "	3	10 "	2	9.253	+	2 "	Z-V	6	153	2		
1269	20-1-53	5 "	1	2 "	4	3.121	+	5 "	K	7	244	2		
1270	3-2-53	4 "	1	8 "	14 dg.	21.139	-	4 "	K	5	2	6		
1273	3-2-53	7 "	5	11 "	2		-	5 "	K	3	4	6		

1) Z = zand K = klei V = veen

2) De opgegeven dikten vormen de som van de dikte van de endostale appositie op twee plaatsen (zie Hoofdstuk IV-1-e)

3) \* = één of meer malen een kalf verworpen.