Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Über incongruente Charnier-Gelenke.

Im Auszuge aus der am 12. November 1857 vorgelegten Abhandlung „Über die Fussgelenke der Vögel".

Vom c. M. **Prof. Dr. C. Langer.**

Die Tarso-Phalangeal-Gelenke und die Tarsal-Gelenke vieler Vögel, namentlich der Macrotarsi sind Charniere, die sich z. B. von dem Ellbogengelenke schon dadurch unterscheiden, dass die Gelenkflächen beider Knochen nicht in allen Lagen des Gelenkes einander decken; eine Eigenthümlichkeit die auch am Kniegelenke des Menschen beobachtet wird. Man nennt diese Gelenke jetzt incongruente Gelenke.

Im Knie ist aber durch die rotatorische Bewegung eine Complication gegeben, die das Verständniss der Formen sehr erschwert, es schien mir daher wünschenswerth diese Art Charniere am Vogelbeine zunächst zu untersuchen, wo sie rein auftreten; und in der That ist der Mechanismus beider im Wesentlichen derselbe. Ich habe mich in der Abhandlung zwar mehrfach auf das Kniegelenk bezogen, behalte mir aber vor, in nächster Zeit schon meine Untersuchungen über das Knie besonders zu veröffentlichen. Die hier besprochenen Daten können daher auf das Knie nur insoferne übertragen werden, als auch das Knie im Charniere beweglich ist.

Um in die Form congruenter Charnier-Gelenksrollen Einsicht zu bekommen, macht man Sagittalschnitte, die senkrecht auf die Axe fallen. Man setzt dabei voraus, dass in jedem solchen Durchschnitte dieselbe Form nur mit grösserem oder kleinerem Radius ausgeführt, sich wiederholt. Man braucht nur die marginale Schnittcurve und das Centrum derselben zu bestimmen um damit schon das Gelenk zu schematisiren. Legt man ferner durch die Axe eine Schnittebene, so wird die Randcurve des Rollendurchschnittes die Erzeugungslinie sein, die um die Axe gedreht, die Gelenksrolle als Rotationskörper beschreibt. Nachdem aber die Gelenkflächen mehrer solcher Charnier-Rollen, und es dürftens vielleicht alle sein, nicht als

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Rotationsflächen, sondern als Schraubenflächen nachgewiesen wurden, so ist ersichtlich, dass die Untersuchungsmethode mit dem Sagittalschnitte nur eine beschränkte Anwendung gestattet. Projections-Schemata auf die sagittale Ebene entworfen, sind aber dennoch von grossem Werthe, weil sie die mechanische Wirksamkeit des Grundkörpers, als Träger der Schraubenfläche, erläutern und nur einer Correction bedürfen, die um so kleiner ist, je kleiner der Ascensions-Winkel der Ganglinie ist. Ist dieser grösser, so wird die bekannte Erzeugungslinie der Rolle während ihrer Rotation um die fixe Axe entlang der Ganglinie als Leitlinie geführt werden müssen, um die Gelenkfläche zu umschreiben, dabei wird sie um die Höhe des Schraubenganges bei voller Umdrehung verschoben werden. Ist also die Erzeugungslinie, die Lage der Axe und der Ascensions-Winkel der Ganglinie gegeben, so ist damit jede congruente Gelenksrolle bestimmt. Sagittale Schemata derselben werden sich um so leichter entwerfen lassen, als die Basalcurve des Grundkörpers (Cylinder oder Kegel) ein Kreis ist.

Beim incongruenten Charniere muss erst die Form des Grundkörpers in seiner Basal- oder Sagittal-Curve ermittelt werden. Diese wird die Lage der Drehungspunkte ergeben und auf diese Bedingungen hin, wird sich dann ein Sagittal-Schema entwerfen lassen. Um die Gelenksrolle als Körper zu bestimmen, wird dann die Erzeugungslinie, und weil sich bei diesen Charnieren auch die Schraube wiederholt, noch der Ascensions-Winkel der Ganglinie zu ermitteln sein.

Da alle incongruente Charnier-Rollen gekehlte Schraubenrollen sind, so ist die Basal-Curve des Grundkörpers annähernd nur unter folgenden Bedingungen mit sagittalen Durchschnitten darzustellen, wenn nämlich der Ascensions-Winkel der Ganglinie klein ist und die Rolle einen hinreichend breiten und wenig quergewölbten Rand hat. Diese Eigenschaften hat die Rolle des inneren Tarso-Phalangeal-Gelenkes vom Strauss. (Die Basal-Curve als Umhüllungslinie möglichst vieler sagittaler Durchschnitte der Rolle darzustellen ist kaum ausführbar, schon desshalb nicht, als die marginalen Windungen nicht ganz sind, und die Rollen beiderseits andere Begrenzungsrichtungen haben).

Die sagittale Durchschnitts-Curve am inneren Rande des Tarso-Phalangeal-Gelenkes vom Strauss zeigt eine solche Regelmässigkeit,

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

dass ich sie als Basal-Curve ihres Grundkörpers annehmen konnte, und da ich sie in kleinerem Umfange ausgeführt, auch an Sagittalschnitten der Tarsal-Condyli vom Marabu und Flamingo, deren Ganglinie ebenfalls wenig geneigt ansteigt, wieder angetroffen habe, so hielt ich mich für berechtiget, diese Curve allgemein den Charnier-Rollen zu Grunde zu legen. Als ich später über die Form der Rollen schon bestimmtere Vorstellungen gewonnen hatte, habe ich die Curve auch annäherungsweise am Tarsal-Gelenk vom Strauss, dessen Rollen-Durchschnitte am meisten abzuweichen scheinen, dadurch dargestellt, dass ich die Rolle, nachdem sie seitlich ergänzt, dann mit Gyps bis zur Höhe der Windungen ausgefüllt wurde, in eine Walze mit gerader Erzeugungslinie umgestaltete.

Dass die Grund-Curve des Kniegelenkes vom Menschen eine Spirale sei, hat Weber gezeigt. Ihr Bildungsgesetz konnte aber erst dann angegeben und sie näher charakterisirt werden, wenn die Lage ihres Poles ermittelt war oder mindestens eine volle Windung derselben vorlag. Die für den Bau der Gelenksrolle wichtigste Eigenschaft der Spirale ist das Verhältniss ihrer Umgänge zu einander, ob sie nämlich unter einander äquidistant laufen oder nicht.

Ich lernte diese Spirale als erste Windung einer verlängerten Kreis-Evolvente darstellen, konnte sie beliebig verlängern, und bis nahe dem Pole ergänzen, dessen Lage mit ziemlicher Sicherheit bestimmt wurde. So ergänzt hat sie sich als logarithmische Spirale erkennen lassen. Ich habe den geometrischen Schemen aller dieser Charniere die logarithmische Spirale zu Grunde gelegt, und eine überraschende Übereinstimmung derselben mit den Formen und der Gangweise der Gelenke erzielt.

Ich glaube nach allen diesen Ergebnissen mindestens sagen zu können, dass die Grundspirale der incongruenten Charnier-Rollen zu jener Gruppe dieser Curven gehört, deren Umgänge nicht äquidistant verlaufen, und die sich nahe der logarithmischen Spirale anschliessen.

Confr. die beiden beiliegenden, der Abhandlung entnommenen Sagittal-Schemata Fig. 7 des inneren Tarso-Phalangeal-Gelenkes vom Strauss, Fig. 21 des Tarsal-Gelenkes vom Marabu, etwa zweimal vergrössert.

Aus den Eigenschaften dieser Curve ist ersichtlich, dass die Radien ihrer einzelnen Curventheilchen ungleich lang sind und aus

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

wechselnden Centren hervorgehen. Diese Centra wurden versuchsweise bestimmt, die Evolute der Curve dargestellt, und diese ebenfalls als logarithmische Spirale erkannt. Die Marginal-Curve des Sagittal-Durchschnittes, die, wenn von dem geringen Ascensions-Winkel abgesehen wird, der Ganglinie gleich ist, hat daher die Bedeutung einer Evolvente, die von einem an die Evolute (Reihenfolge der Drehungsmittelpunkte für die einzelnen Curventheilchen) tangential angelegten Radius beschrieben wird, wenn sich dieser von ihr abwickelt.

Denkt man sich diesen Radius als Axe in den concaven Knochen verlängert, so kann man sagen, dass in den incongruenten Charnieren die Knochen durch Abwicklung, in den congruenten durch Drehung sich gegen einander bewegen. Congruente Gelenke können daher auch Drehungsgelenke, incongruente Abwicklungsgelenke genannt werden.

Die Rolle ist im Gelenk so gestellt, dass die Öffnung der spiralen Gang-Curve nach der Streckseite sieht. Der die Gang-Curve beschreibende Radius (zugleich als Axe des concaven Knochens) wird daher bei der Streckung von der Evolute abgewickelt, bei der Beugung aber aufgewickelt.

Berücksichtiget man nun auch den Sagittal-Durchschnitt des concaven Knochens, also seine ganze Breite in sagittaler Richtung, im Verhältniss zum ganzen Verlaufe der Ganglinie, so sieht man streckwärts vollkommenen Contact, beide Knochen liegen in der Strecklage stramm an einander. Der Contact lockert sich nach der Beugelage, weil einzelne Theile der Durchschnitts-Curve des concaven Knochens sich von dem Durchschnittsrande der Rolle abgehoben haben. Nur jener Punkt der Delle, in welchen der sich abwickelnde Radius fällt und welcher der die Ganglinie beschreibende Punkt ist, gleitet entlang der ganzen Länge derselben. Die anderen Theile der Delle haben sich von der Rolle abgewickelt. „Der Oberschenkel rollt und schleift auf der Tibia.“

Diesen Punkt, der der Ganglinie in der ganzen Excursions-Weite des Gelenkes beständig folgt, nenne ich den Contact-Punkt, für den betreffenden Sagittalschnitt.

Beim congruenten Charniere ist eine fixe Axe, beim incongruenten wird sie verschoben, und zwar in einem Umfange, der dem

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Excursions-Umfange des Gelenkes gleich ist. Beim congruenten Charniere gleitet der concave Knochen in seiner ganzen Ausdehnung auf der Rolle, beim incongruenten nur der Contact-Punkt (Contact-Linie für die ganze Rollen-Breite). Beim congruenten Charniere ist der Weg, den ein Theil des concaven Knochens über der Rolle bei gleichem Excursions-Winkel zurücklegt, in jeder Lage des Gelenkes derselbe, beim incongruenten wächst der Bogen, den der Contact-Punkt beschreibt, mit dem Radius von der Beugeseite nach der Streckseite. Confr. Fig. 7).

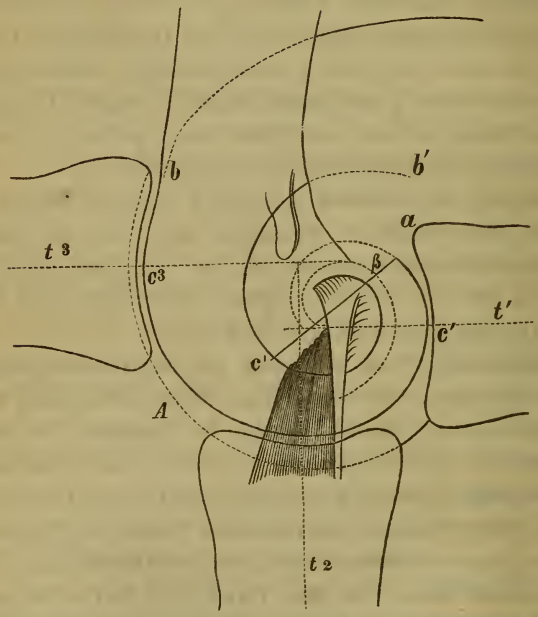

Fig. 7. Sagittales Durchschnitts-Schema der inneren Tarso-phalangeal-Rolle vom Strauss.

Soll die Gelenk-Rolle als Körper geometrisch bestimmt werden, so ist vor allem das Verhältniss der einzelnen Sagittal-Schnitte (Ganglinien) zu einander zu untersuchen; es ist zu ermitteln, wie die Curve der Rollenfurche zu der der Rollenliste sich verhält. Offenbar können sie nicht aequidistant unter einander sein, wie die Durchschnitte einer Kreisrolle. Die Pole der Gang-Spiralen liegen wohl alle in einer geraden Linie und man wird sich

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

die Curven der Rollenfurche auf die Art entwerfen können, dass man durch Dachung der grössten Ganglinie um ihren Pol die kleineren Umgänge der Spirale in die Contour der Rolle bringt (Corrfr. Fig. 21).

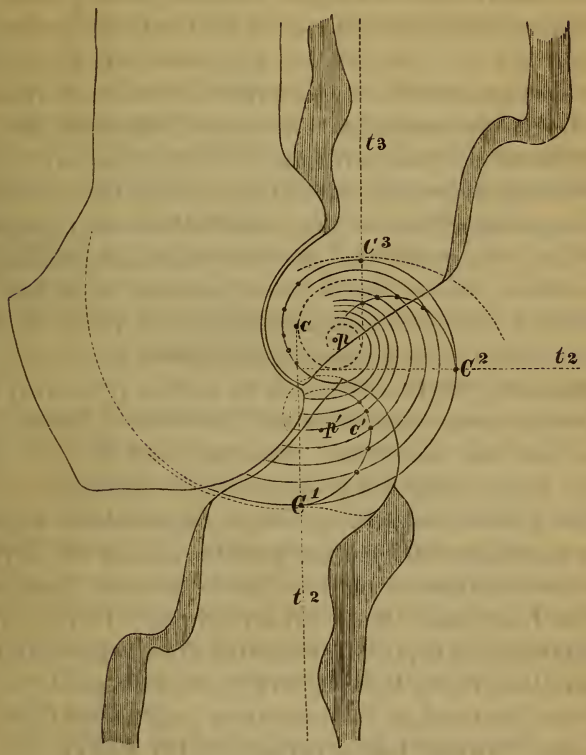

Fig. 12. Dasselbe Sehema des Tarsal-Gelenkes vom Marabu, zweimal vergrössert.

Der Umstand, dass die Ganglinien verschiedener Rollenbreiten nicht mit einander aequidistant sind, bedingt eine nach der Steckseite zunehmende Tiefe der Rollenfurche.

Die Evoluten der einzelnen Sagittalschnitte können sich unter diesen Verhältnissen nicht decken, die Drehungsaxe kann, als gerade, nicht allen Evoluten folgen, sondern nur zweien, die zu symmetrischen Durchschnitten zweier Rollenhälften gehören. Ich nehme die Evoluten der beiden grössten Sagittalschnitte für jene an, denen entlang die Drehungsaxe sich verschiebt; sind

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

beide gleich, so wird die Axe eine kleine Spiral-Walze als Evoluten-Körper der Rolle umschreiben.

Offenbar ist die Rolle als Körper gegeben, wenn einerseits dieser Evoluten-Körper beziehungsweise die beiden Sagittalschnitte gegeben sind, und wenn die Contact-Punkte aller Sagitallschnitte, d. h. die Contact-Linie gegeben ist. Die Contact-Linie ist ja die Erzeugungs-Curve, welche mit der fortschreitenden Drehungs-Axe in Verbindung gedacht, die Umrisse der Rolle beschreiben wird.

Bei einem congruenten Gelenke ist die Erzeugungs-Linie (gleichwerthig mit der Contact-Linie) eine ebene Curve, und selbst beim incongruenten Charniere läge, wenn die Rolle nicht gekehlt, die Contact-Linie eine gerade wäre, sie mit der wandernden Drehungs-Axe in einer Ebene. Dies ist aber bei einer gekehlten Spiral-Rolle nicht mehr möglich, indem die Ganglinien verschiedene Tiefen, für denselben Frontalschnitt nicht gemeinschaftliche Radien haben, d. h. nicht äquidistant sind. Die Contact-Punkte der anderen (kleineren) Ganglinien müssen daher ausser dem sich abwickelnden Radius gesucht werden, und zwar beugewärts, denn die streckwärts des Radius liegenden Punkte heben sich ja alle von den Ganglinien ab.

Diese Contact-Punkte für die tieferen Sagittalschnitte wurden am Schema experimental ermittelt und gefunden, dass sie für die Projection in der Sagittalebene in eine Spirale desselben Gesetzes und desselben Poles fallen. Die Contact-Linie ist also auf die Sagittalebene projicirt ebenfalls eine logarithmische Spirale (Conf. C_1, C_2, C_3 in Fig. 21). Da die Rolle gekehlt ist, muss die Contact-Linie auch in die Frontalebene projicirt eine Curve sein, daher die Contact-Linie inconguenter Charniere eine Curve im Raume ist.

In voller Beugelage deckt ihre Projection auf die Sagittalebene die Spirale des grössten Rollenumfanges, als Ergänzung derselben.

Bei den storchartigen Vögeln greift eine Art Haken-Fortsatz in die Incisura intercondyloidea ein; die dargestellte Contact-Linie fällt in diesen Haken, welcher daher in ihrer Richtung beständig über den Condylen gleitet. Sein Curven-System ist mit dem der Condylen unipolar, seine Form wie die der Rolle durch die Contact-Linie gegeben. Bewegt er sich streckwärts, so bekömmt der Pol seiner Curven die Lage p' (Fig. 21), was auch dann der Fall sein wird, wenn die Rolle gegen den fixirten Tarsus-Knochen gebogen wird.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Alle mechanisch wirksamen Curven diese Charniere sind daher Spiralen desselben Gesetzes und desselben Poles, und der Gang des Gelenkes ist (für die Sagittal-Richtung) bezeichnet, wenn man sagt: dass sich zwei unipolare Systeme von Spiralen (die des Condylus und des Tarsus) von einander abwickeln.

Denkt man sich die einzelnen Contact-Punkte in parallele Ebenen (je nach der Frontal-Curve mehr weniger von einander abstehend) senkrecht in die Tiefe projicirt, und von dem walzenförmigen evoluten Körper abgewickelt, so sind damit die Bedingungen für die Umrisse einer geradegängigen Spiralrolle gegeben. Denkt man sich ferner die Contact-Linie als Erzeugungs-Linie, in der gewonnenen Ganglinie als Leitlinie, bei der Abwickelung in der Richtung der Drehungs-Axe verschoben: so ist damit auch die Rolle als Schraubenrolle dargestellt.

Alle Tarsalrollen sind Schraubenrollen mit grösserem oder geringerem Ascensions-Winkel der Ganglinie, die Ablenkung geht mit der Streckung auswärts. Die Rolle des linken Beines ist daher rechtsgängig, die des rechten linksgängig.

Auch die Tarso-Phalangeal-Rollen sind Schraubenrollen, die des inneren Zehengelenkes lenkt ebenfalls streckwärts nach aussen ab; an der Rolle für die äussere Zehe geht aber die Ablenkung streckwärts nach innen. Die innere Rolle ist daher am rechten Beine rechtsläufig, am linken linksläufig; die äussere Rolle aber am rechten Bein links gewunden, am linken Beine rechts gewunden.

In diesem Sinne wurden die Formen der einzelnen Gelenks-Körper entwickelt; ihre charakteristischen Unterschiede unter einander und von den congruenten besprochen; die Ansatzpunkte der Ligamente gedeutet, und die Ursachen der Incongruenz im Gelenke bei verschiedenen Lagen, nebst den Mitteln sie auszugleichen, angegeben.

Um sich an den beigegebenen chematischen Zeichnungen den Gang des Gelenkes zu versinnlichen, zeichne man auf Strohpapier die Axe des concaven Knochens, nebst seinen Umrissen, lege die Axe als Radius tangential an die grob punktirte Evolute der Condylen und wickle sie, indem man in die wechselnden Berührungspunkte eine Nadel einsticht, ab oder auf, je nachdem man mit dem concaven Knochen eine Streckung oder Beugung ausführen will. Überträgt

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

man auch die Contact-Punkte auf das Strohpapier, so wird man sie bei der Bewegung ihren Ganglinien folgen sehen. Will man dagegen z. B. aus der Strecklage, bei fixirtem Tarsus, die Rolle zur Beugelage führen, so zeichne man nebst den Umrissen der Rolle, die Evolute der Condylen auf das Strohpapier, und wickle diese über der jetzt fixen Axe des Tarsus auf.

Ich musste mich bis jetzt mit dem Versuche bescheiden, die Formen der Gelenkskörper zu deuten und die durch die Bewegung am Gelenke gegebenen Veränderungen zu beschreiben; späteren Untersuchungen muss ich es überlassen, Einsicht zu gewinnen in den mechanischen Werth dieser Curven für die thierische Bewegung.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

Jahr/Year: 1857

Band/Volume: 27

Autor(en)/Author(s): Langer Carl Ritter von Edenberg

Artikel/Article: Über incongruente Charnier-Gelenke. Im Auszuge aus der am 12. November 1857 vorgelegten Abhandlung "Über die Fussgelenke der Vögel". 182-190