**Zeitschrift:** Schweizer Archiv für Tierheilkunde SAT : die Fachzeitschrift für Tierärztinnen und Tierärzte = Archives Suisses de Médecine Vétérinaire ASMV : la revue professionnelle des vétérinaires

**Herausgeber:** Gesellschaft Schweizer Tierärztinnen und Tierärzte

**Band:** 90 (1948)

**Heft:** 5

**Artikel:** Situs inversus beim Pferd : zum Problem der Asymmetrie

**Autor:** Höfliger, H.

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-589681

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

**Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

**Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 13.07.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch**

nach negativem Ausfall der Trichinenschau in den freien Verkehr gelangen. Nachdem sich die Füchse aus freier Wildbahn und aus Farmen auch in der Schweiz relativ häufig als Trichinenträger erwiesen haben und der Zusatz von Fuchsfleisch für die Volksernährung nicht mehr in Betracht fällt, ist auch die betr. Verfügung zum Streichen reif geworden.

Am Schlusse meiner Ausführungen angelangt, hoffe ich, Ihnen einen summarischen Überblick über die wichtigsten Fragen vermittelt zu haben, die bei einer Gesamtrevision der V 38 zu prüfen sind. Wenn es mir gelungen ist, damit die Grundlage für eine möglichst vielseitige und lebhafte Diskussion zu schaffen, ist der Zweck meiner Aufgabe erfüllt.

---

Aus dem Veterinär-anatomischen Institut der Universität Zürich
(Prof. Dr. E. Seiferle)

# Situs inversus beim Pferd. Zum Problem der Asymmetrie.

Von P.-D. Dr. H. Höfliger.

Der Situs inversus (Situs transversus, Inversio viscerum, Heterotaxie) ist jener Zustand, bei welchem Form und Lage der Eingeweide ein zur Norm (Situs solitus) spiegelbildliches Verhalten erkennen lassen. Erstreckt sich die Inversion auf sämtliche inneren Organe, so spricht man von Situs inversus totalis; sind dagegen die Eingeweide nur einer der Körperhöhlen oder überhaupt nur vereinzelte Organe in Lage und Form invers, so liegt ein Situs inversus partialis vor.

Für den Menschen gibt es über Inversion und im Zusammenhang damit über das Asymmetrieproblem schon eine ansehnliche Literatur. Die Wahrscheinlichkeit, daß beim Menschen Fälle von Situs inversus zur Beobachtung kommen, sei es bei der klinischen Untersuchung, insbesondere bei der Durchleuchtung, sei es bei operativen Eingriffen an Brust- und Bauchhöhle, sei es endlich anläßlich von Sektionen, ist unvergleichlich größer als bei den Haustieren, bei denen ja durch die klinische Untersuchung eine Inversion gar nicht so leicht festzustellen ist (ausgenommen etwa beim Wiederkäuer), Reihendurchleuchtungen überhaupt nicht erfolgen, Sektionen nur bei einer geringen Zahl von Tierleichen vorgenommen werden und die Eröffnung und das Ausweiden der Tiere zum Zwecke gewerbsmäßigen Ausschlachtens durch wissen-

schaftlich nicht oder weniger interessiertes Personal statt hat. Immerhin sind auch für den Menschen Fälle von Inversion bekannt, die bei der klinischen Untersuchung, ja sogar bei Operationen übersehen wurden. So erwähnt Butters, 1943, eine Frau, bei der trotz dreier vorangegangener Operationen (Nephropexie, Ovarektomie, Ventrofixation) der Situs inversus totalis erst anläßlich des vierten Eingriffes (Appendektomie) zur Feststellung kam. Überhaupt wurde laut Statistik bei 20% die irreguläre Lage der Organe vor der Operation nicht erkannt. So ist es nicht verwunderlich, wenn bei den Haustieren über Situs inversus erst recht wenig bekannt ist.

Für den Menschen stammen die ersten schriftlich beglaubigten Fälle aus der Mitte des 16. Jahrhunderts (Gruber, 1865; Schelenz, 1909; Kegel, 1925). Bis zum Jahre 1932 zählte man rund 300 Fälle (Butters) und errechnete eine Häufigkeit von 0,014 bis 0,033%. Auf jeden 4. Fall von Totalinversion trifft es eine partielle Heterotaxie (ausgenommen die etwas häufigere isolierte Verlagerung des Darmtraktus (Töndury, 1936)).

Situs inversus bei Tieren hat erstmals Aristoteles beschrieben (Haller, zit. nach Kegel). Er spricht in beiden Fällen von Vierfüßlern und erwähnt nur die Verlagerung von Milz und Leber. Allgemein bekannt ist, daß die Haruspices der Etrusker und Römer auf Grund der normalen und abnormalen Lage der Eingeweide von Opfertieren weissagten. Auch die Auguren, die vor wichtigen Staatshandlungen den Willen der Götter erforschen mußten, kannten partiellen Situs inversus.

Aus neuerer Zeit stammen Angaben über Inversion insbesondere für Fische, Amphibien, Reptilien und Vögel. So berichtet Gloor, 1943, über massenhaftes Auftreten von Situs inversus in einer Forellenzucht. Von 876 Jungforellen zeigten 78 ausgesprochene Inversion, indem die Leber links und die Dottersackvene rechts gelegen war. Mangold, 1921, gibt Zahlenangaben über Häufigkeit der Heterotaxie bei Molchen. Bei künstlich erbrüteten Hühnchenkeimen wurde inverser Situs bei 1—2% beobachtet (Ludwig, 1932). Sehr spärlich sind dagegen die Angaben für die Säugetiere. So habe ich in der mir zugänglichen Literatur nur die drei nachstehend aufgeführten Fälle gefunden.

Goubaux, 1854 (zit. nach Gruber) berichtet von einem 25jährigen Anatomiepferd, bei dem anläßlich der Präparierübungen der Studierenden an der Veterinärschule zu Alfort die Inversio viscerum entdeckt wurde und von dem er glaubt, daß es der erste beim Pferd beobachtete Fall sei. Da einzelne Organe von den Präparanden verletzt und entfernt worden waren, mußte die Beschreibung unvollständig bleiben. Einen partiellen inversen Situs beim Ochsen erwähnt Ecksmeyer, 1888. Die Verlagerung betraf nur die Bauch-

eingeweide; sie wiesen das Spiegelbild des normalen Situs auf. Die Organe der Brusthöhle zeigten gewohnte Lage und Form. Lohbeck, 1902, sah totale Heterotaxie bei einem 1jährigen Stier. Zwar waren die Baucheingeweide schon entfernt, aber totale Inversion ließ sich mit Sicherheit deswegen annehmen, weil das Zwerchfell mit seinen Pfeilern und Öffnungen ebenfalls invers gestaltet war, so daß somit auch die Bauchorgane invertiert liegen mußten. Ferner sprachen das Alter des Tieres, sein gesundes Verhalten zu Lebzeiten und der vorzügliche Nährzustand für Situs inversus totalis und nicht für partielle Inversion.

Ich war in der Lage, einen weiteren Fall von Situs transversus beim Pferd zu beobachten und glaube, daß dessen Veröffentlichung in Anbetracht der Seltenheit wohlbegründet sei. Das Pferd, ein Wallach, Schweißfuchs, 18 Jahre alt (Besitzer: H. Dietgen, Baselland) wurde am 10. November 1943 im Schlachthof Liestal wegen chronischem Darmkatarrh mit Abmagerung geschlachtet. Bei der Herausnahme der Baucheingeweide fiel dem Metzger die abnorme Lage von Magen, Leber und Milz auf und er machte davon Herrn Dr. Gysler, Schlachthofverwalter, Liestal, Mitteilung. Dank dessen Mitteilung und Zuvorkommenheit war es mir möglich, tags darauf die Sektion des Pferdes vorzunehmen[1]).

Der Darmtrakt samt Pankreas war bereits entfernt, sonst aber alle Organe der Bauch- und Brusthöhle in situ und unverletzt. Sie zeigten in Form und Lage das Spiegelbild der normalen Verhältnisse.

Der wenig gefüllte Magen lag mit dem Blindsack und dem weitaus größten Teil des Hauptmagens in der rechten Bauchhöhlenhälfte, mit dem Pylorusteil jedoch links von der Mittelebene (Abb. 1). An den Magen schmiegte sich rechts die Milz. Auch die Leber verhielt sich in Form und Lage spiegelbildlich zum Situs solitus. Größtenteils links von der Mediane gelegen, präsentierte sie sich mit dem linken Abschnitt dorsal, mit dem rechten mehr ventral. Der Schlundausschnitt fand sich in der rechten Hälfte, während die linke Niere am linken Lappen eine deutliche Impression verursachte. Aus der Lage und Aufteilung der vordern Gekrösarterie sowie aus den Serosaverhältnissen ergab sich mit Sicherheit, daß auch das Pankreas und der ganze Darmtrakt in Form und Lage invers waren. Zum Unterschied vom Normaltier lagen, allerdings am hängenden Tier, beide Nieren mit ihrem kranialen Pol etwa auf gleicher Höhe; doch reichte die rechte, bohnenförmige, weiter nach hinten als die linke, die mehr herzförmig erschien. Das Zwerchfell zeigte die schlitzartigen Durchtrittsstellen

[1]) Auch an dieser Stelle möchte ich Herrn Kollegen Gysler, Liestal, für sein reges Interesse und sein freundliches Entgegenkommen bestens danken.

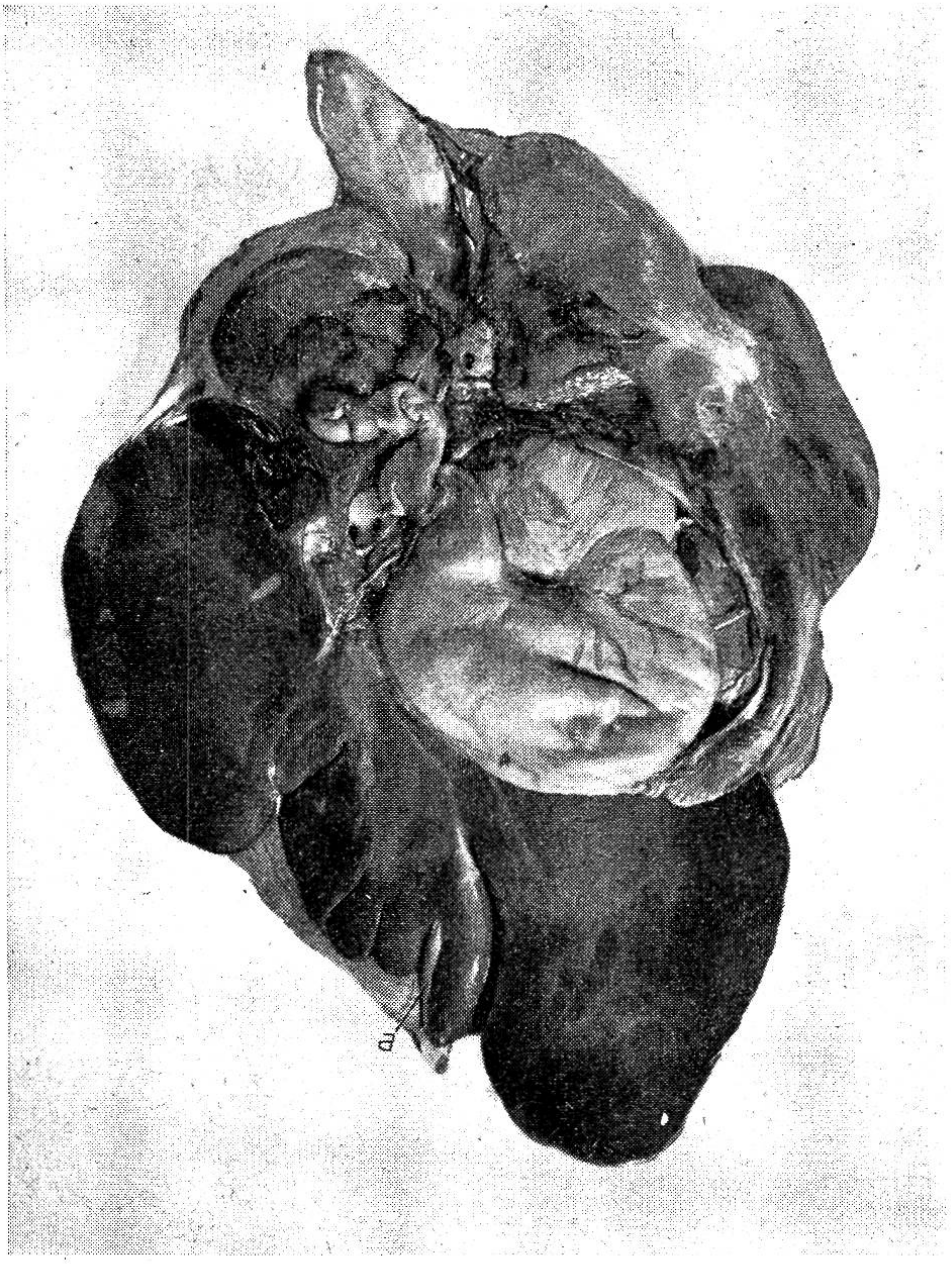


Abb. 1. Magen, Leber und Milz, von der Eingeweidefläche gesehen; stammend vom Pferd mit Situs inversus. Magen mit Blindsack und größtem Teil der Funduspartie rechts, mit Pylorusteil links von der Medianebene. Leber mit einem 2geteilten Lobus dexter (rechts und unten) und mit dem einheitlichen Lobus sinister (links und oben), dazwischen der mehrfach eingeschnittene Lobus intermedius, a = Lig. falciforme. Rechts vom Magen die Milz.

für Aorta, Schlund und hintere Hohlvene in inverser Lage. Besonders eindrücklich kam der Situs inversus an den Organen der Brusthöhle zum Ausdruck. Die Aorta entsprang aus dem rechten Ventrikel und verlief mit dem absteigenden Teil rechterseits von der Wirbelsäule. Der linke Ventrikel gab der Pulmonalarterie Ursprung. Vordere und hintere Hohlvene ergossen sich in die linke

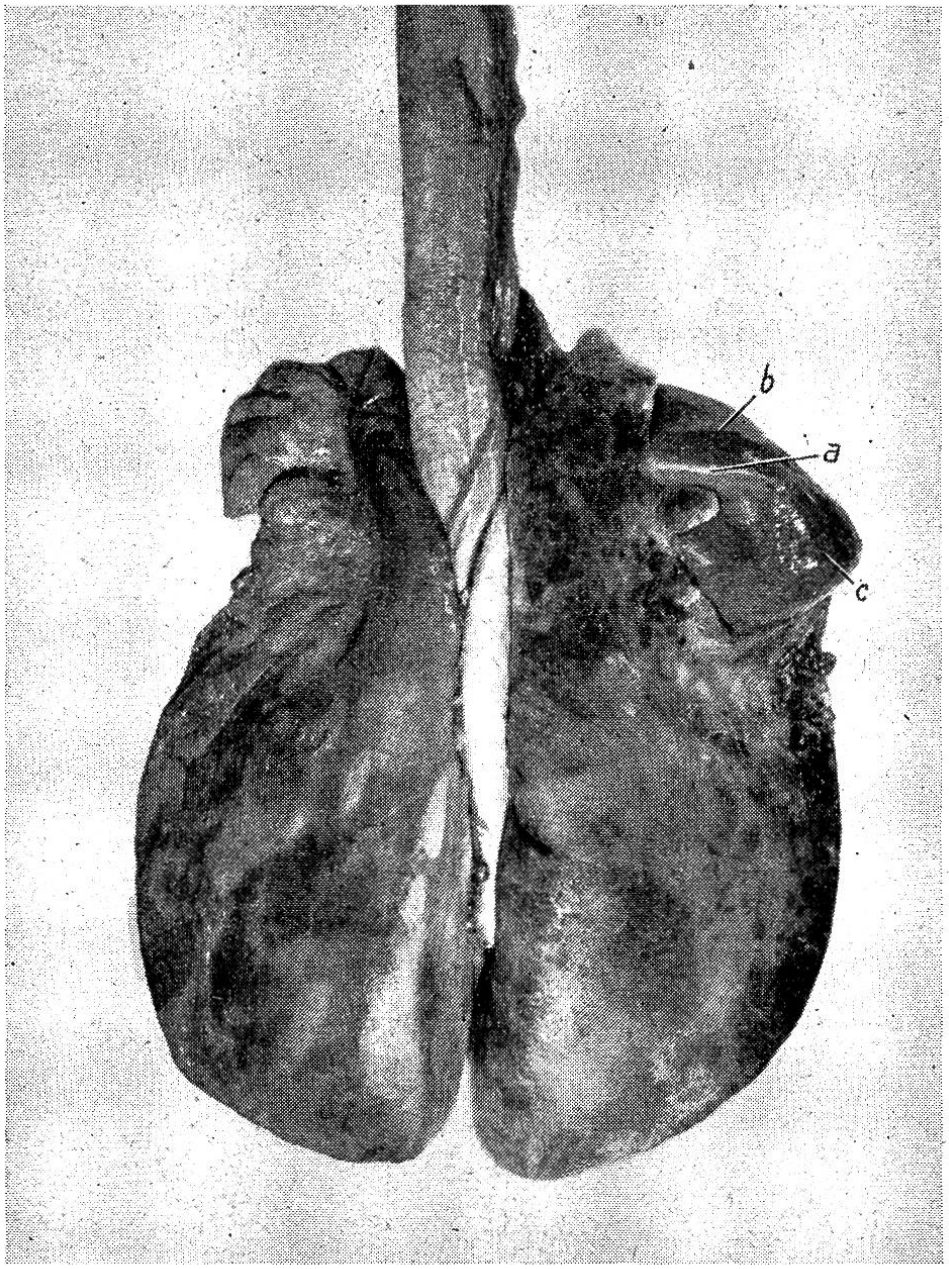


Abb. 2. Lunge mit Trachea, Ösophagus und Teile des Herzens von demselben Pferd; Ansicht von oben. Vorn neben der Trachea der Ösophagus, der über dem Herzen zugleich mit der Aorta rechts emporsteigt. Vom Herzen sind sichtbar der Sulcus longitudinalis dexter (a), Teile der linken (b) und der rechten (c) Herzkammer; letztere bildet die Herzspitze.

Vorkammer, während die Pulmonalvenen in den rechten Vorhof einmündeten. Die Lunge besaß an der linken Hälfte einen Anhangslappen, an der rechten dagegen nur den Spitzen-, sowie den Herz-Zwerchfellslappen. Der Schlund verlief im hintern Halsgebiet auf der rechten Seite der Luftröhre (Abb. 2).

Laut Anamnese hatte der Eigentümer das Pferd vor zehn Jahren gekauft. Es war ihm nie etwas Abnormes aufgefallen.

Kolik und häufiger Durchfall bildeten Erscheinungen der letzten Zeit und standen mit dem Situs inversus in keinem Zusammenhang, sondern hatten ihre Ursache in einer chronischen Enteritis. Auch das beträchtliche Alter und die frühere Leistungsfähigkeit lassen einen Kausalzusammenhang zwischen Inversion und Darmaffektion sicher ausschließen.

Der Situs inversus totalis stellt keine Mißbildung, sondern eine Bildungsvarietät dar. Hingegen hat man die partielle Inversion unter die Fehlbildungen einzureihen. Sie beschränkt sich auf die Eingeweide einer Körperhöhle oder sogar nur auf einzelne Organe, z. B. isolierte Dextrokardie und ist beim Menschen fast immer mit Mißbildungen am Herzen und am Ursprung der großen Gefäße, mit Verdoppelung der Milz, Rektalatresie und Hexadaktylie verbunden.

Die Frage nach der Ursache des Situs inversus und seiner Beziehung zum Situs solitus führt zum Begriff der Asymmetrien und damit zum Rechts-Links-Problem. Der auf den ersten Blick bilateralsymmetrisch konstruierte Wirbeltierkörper erweist sich bei genauerer Betrachtung keineswegs als idealsymmetrisches Wesen. Unter den Asymmetrien morphologischer Art ist die Kenntnis der unsymmetrischen Lage und Form der Eingeweide wohl so alt wie die Sektionen überhaupt.

Am auffälligsten manifestiert sich die Asymmetrie am Magendarmtrakt, der fast ausnahmslos bei allen Wirbeltieren eine links gerichtete Schraubung erkennen läßt. Damit geht auch eine asymmetrische Form und Lage von Leber, Milz und Pankreas einher. Das Gleiche gilt für die paarig entwickelten Organe des Urogenitalsystems, wo noch Unterschiede in der Größe zwischen links und rechts hinzukommen und meist mit solchen der Funktionsintensität gekoppelt erscheinen (Nieren, Hoden, Ovarien, Uterushörner). Die rechte Lungenhälfte ist regulär größer und ihre Lappung asymmetrisch, ebenso die Verzweigungen des Bronchalbaumes. Schon früh manifestiert sich die Asymmetrie auch in der Entwicklung des Herzens und der großen Gefäßstämme, hier z. T. freilich erst nach Schwinden der bilateral symmetrischen Anlage. Ferner seien die Unterschiede in Form, Größe und Lage der innersekretorischen Drüsen erwähnt. Gering sind dagegen die morphologisch faßbaren Differenzen zwischen rechts und links im Zentralnervensystem. Abgesehen vom Menschen und etwa von den Affen ist über Asymmetrien am Bewegungsapparat der Säuger eigentlich wenig Sicheres bekannt. Während sich beim Ersteren ein morphologisches Übergewicht der rechten Seite in weitaus den meisten Fällen dokumentiert und in der Rechtslage des Schwerpunktes, im größeren Gewicht der rechten Skeletthälfte und der rechtsseitigen Muskelmasse zutage tritt (Heuß, 1898; Ludwig, 1935), sind bei den

Haustieren entweder keine Asymmetrien faßbar oder es besteht keine Konstanz der Differenzen zugunsten einer bestimmten Seite. Schwarznecker, 1894, erwähnt das häufige Vorkommen von Asymmetrien am Sprunggelenk des Pferdes. Bei Hunden, Füchsen, Hasen, Pferden und andern mittelgroßen und großen Säugetieren fand G. Guldberg an den Extremitäten Längendifferenzen von 1 bis mehreren Millimetern. Schauder, 1924, dagegen sah weder an den Muskeln noch auch an den passiven Teilen der Vorderextremität des Pferdes Unterschiede zwischen links und rechts. Die Untersuchungen Ficks, 1924 und Noréns, 1938, beim Hund, deuten auf eine merkliche Asymmetrie an den Muskeln der vordern Gliedmaßen hin, während bei den Wägungen G. Guldbergs Asymmetrien vorn und hinten resultierten, wobei keine Konstanz zugunsten einer bestimmten Seite zu erkennen war. Bezüglich der Extremitätenlänge zeigen nur die wildlebenden Kaniden eine Bevorzugung der linken Seite. Asymmetrien morphologischer Art sieht man bei Säugetieren etwa als Folge einseitiger Kautätigkeit (vgl. weiter unten), dann bei halbhängeohrigen Kaninchen (Ludwig, 1932). Für das Geweih der Zerviden gilt, daß die linke Geweihhälfte stärker entwickelt ist. Diese Bevorzugung findet ihren Ausdruck darin, daß Kämpfe meist mit der linken Geweihhälfte ausgefochten werden und diese deshalb häufiger Verletzungen erleidet. Andere Asymmetrien äußern sich in der Bildung und Anordnung der Haarwirbel, in der Ringelung des Schwanzes nach der einen Seite, in der schraubigen Kräuselung der Haare, in den Windungen der Schnecke, im Auftreten des einseitigen Kryptorchismus (Andres, 1926) usw.

Zu den Asymmetrien morphologischer Art gesellen sich solche physiologischer Natur, die beim Menschen unter dem Begriff der Seitigkeit vielfach untersucht sind. Verschiedene Größe und ungleiches Gewicht bei innern paarigen Organen bilden die Voraussetzung für verschiedene Funktionsintensität, wie sie für Lungen, Ovarien, Uterushörner usw. wohlbekannt ist und sich in der Regel zugunsten der rechten Körperseite äußert. Was die funktionellen Asymmetrien anbelangt, so scheinen sie bei den Tieren nicht so eindeutig entwickelt und auch viel weniger systematisch untersucht zu sein als beim Menschen.

Eine der Beinigkeit des Menschen entsprechende Prävalenz im Gebrauch der Gliedmaßen scheint für einzelne Arten z. B. Papageien, Ratten wahrscheinlich. Junge, nicht dressierte Pferde, dressierte, aber in Freiheit gesetzte, sowie solche in freier Wildbahn bevorzugen den Linksgalopp; dagegen gehen zugerittene Pferde unter dem Reiter leichter in der inversen Galoppart. Ungleichheiten in der Tätigkeit der Gliedmaßen im Trab sind jedem Reiter bekannt. Hunde, die man frei sich bewegen läßt, gehen in der Regel „mit einer Stellung nach links“ (Norén, 1938). Asymmetrien des Ganges finden in den Fährten

morphologischen Ausdruck. Das Schränken, die Gewohnheit, die Körperachse schräg zur Fortbewegungsrichtung einzustellen, beobachtet man bei domestizierten Hunden, gelegentlich auch bei größeren Säugern, z. B. Hirschen, während wilde Kaniden in der Regel schnüren, d. h. sich in der Richtung vorwärts bewegen. Einschränkend muß allerdings betont werden, daß weder Schränken noch Schnüren in bezug auf ein Individuum absolute Gegensätze darstellen und daß Ausnahmen in der Fortbewegungsart recht häufig sind. Hasenspuren im Schnee ergeben, daß das eine Tier auf weiten Strecken mit dem rechten, ein anderes mit dem linken Hinterlauf vorgreift; gelegentlich wechselt das aber bei ein und demselben Individuum, so daß also eine reine Rechts- oder Linksfüßigkeit beim Hasen nicht vorhanden ist (Schuhmacher, 1939).

Asymmetrische Gewohnheiten kommen auch in der Wendigkeit zum Ausdruck. Die Mehrzahl der Pferde scheint rechtswendig zu sein, d. h. besser im Bogen nach rechts als nach links zu gehen; das wäre in Übereinstimmung mit dem bevorzugten Galopp des dressierten Pferdes. Wohl mit Rücksicht darauf werden Pferderennen rechtswendig angelegt. Tiere, die bei Wegteilungen immer eine Seite bevorzugen, bezeichnet man als rechts- oder linksläufig. Solche Seitenstetigkeit hat man bis heute namentlich bei Mäusen und Ratten beobachtet (Ludwig, 1932).

Unter den asymmetrischen Gewohnheiten ist auch das Problem der Zirkularbewegungen viel diskutiert. Physiologische Zirkularbewegungen zeigen Menschen und Tiere, denen aus bestimmten Gründen eine Orientierung nicht möglich ist, so daß an Stelle von zweckmäßigen und zielstrebigen Bewegungen, solche in kreisförmigen oder kreisähnlichen Bahnen treten, z. B. Verirren im dichten Wald, bei Dunkelheit, in unbekannter Gegend, im Nebel. Nach G. Guldberg, 1897, zog ein sich selbst überlassenes Pferd bei Schneegestöber auf vereistem Schnee den Schlitten in einer Kreisbahn rechts herum. Anläßlich von Jagden ergab sich, daß Hasen stets rechtssinnige Bahnen beschrieben. Von Antilopen wird ähnliches behauptet. An Hand ausgedehnter Untersuchungen hat F. Guldberg, 1896, festgestellt, daß die Richtung der Zirkularbewegung für jedes Individuum konstant ist. Die Ursache sieht er in Asymmetrien des Körperbaues. Er konnte in der Tat an Hand von Messungen bei Tieren mit Tendenz zu Zirkularbewegungen auf der dem Zentrum der Kreisbahn abgelegenen Seite ein Übergewicht der Muskulatur, z. T. auch eine Asymmetrie der Extremitätenlängen nachweisen. Guldberg mißt dieser Art von Zirkularbewegung insofern große biologische Bedeutung zu, als sie der Erhaltung tierischen Lebens dient, indem auf diese Weise vornehmlich junge Tiere, aber auch Tierherden, ohne Ortskenntnis an den Trennungsort zurückkommen. Ins Gebiet der Pathologie gehören Fälle von Zirkularbewegungen bei Tieren mit Verletzungen des statischen Apparates, z. B. japanische Tanzmäuse und Tanzenten, deren Be-

wegungsanomalien in partieller Degeneration des Gehirns und des Labyrinths ihre Ursache haben.

Zu den asymmetrischen Gewohnheiten der Tiere gehören auch die Kaubewegungen. Nach den Untersuchungen Osthofs, 1915, vollzieht sich der Kauprozeß bei Ziege, Schaf, Rind und Pferd einseitig, und zwar wird immer die linke Seite stärker bevorzugt. Jeder Bissen wird auf der Seite. die mit dem Kauen begonnen hat, zu Ende gekaut. Während einer Beobachtung zerkleinert das Tier meist nur einen bis drei Bissen auf der andern Seite. Zu den einseitig mahlenden Tieren gehören ferner Zebu, indischer Büffel, Bison, Wisent, Yak, Gemsbüffel und Antilopen; alternierend dagegen kauen Kamel, Dromedar und Lama (Schwarz, 1914). Ähnlich wie das erstmalige Zerkleinern der aufgenommenen Nahrung läßt auch das Wiederkäuen bestimmte Regelmäßigkeiten erkennen. So zeigt die Großzahl der Ruminantier einseitige Kieferbewegung entweder nach rechts oder links mit der Einschränkung, daß der erste Kieferschlag meist, aber nicht immer, nach der entgegengesetzten Seite erfolgt. Verhältnismäßig wenige Tiere kauen alternierend, abwechselnd nach rechts und nach links, meist nicht gesetzmäßig wechselnd, sondern oftmals folgen auf mehrere Kaubewegungen nach links eine größere Zahl nach rechts. Alternierendes Wiederkauen findet man bei den Tylopoden.

Aus dieser keineswegs vollständigen Aufzählung ergibt sich also, daß den Wirbeltieren (von den Wirbellosen soll hier nicht die Rede sein) eine ganze Anzahl Merkmale und Gewohnheiten zukommen, deren gemeinsames Charakteristikum das asymmetrische Verhalten ist, so daß also von jedem einzelnen zwei kongruente, aber spiegelbildliche Typen existieren. Ein solches uns im vorliegenden Falle besonders interessierendes Merkmal ist der innere Situs, der sich in der konstant asymmetrischen Form und Lage der Eingeweide äußert. Tritt er in der sogenannten regulären Form auf, so spricht man von Situs solitus; kommt er aber im spiegelbildlichen Typus zur Beobachtung, so handelt es sich um den Situs inversus. Da der innere Situs nur ein Problem im ganzen Asymmetriekomplex darstellt, so stellt sich die Frage, ob zwischen ihm und den übrigen asymmetrischen Merkmalen und Gewohnheiten eine engere Beziehung bestehe oder nicht. Ihr käme insofern praktische Bedeutung zu, als im bejahenden Falle aus äußeren Asymmetrien morphologischer oder physiologischer Art auf das Vorliegen einer Inversio viscerum geschlossen werden könnte.

Dieses Vorgehen hat bis jetzt praktischen Wert nur beim Menschen erlangt, da ja, wie aus der oben gegebenen Zusammenstellung hervorgeht, eine der Seitigkeit des Menschen entsprechende Asymmetrie beim Tier viel weniger ausgeprägt und bis jetzt nur sehr

unvollständig erforscht ist. Stark diskutiert wurde die diagnostische Bedeutung der Händigkeit für den Situs inversus des Menschen. In Situs inversus-Familien scheint Linkshändigkeit gehäuft vorzukommen. Umfangreiche statistische Untersuchungen ergaben allerdings keine verwertbaren Unterschiede. Unter 31 Fällen von Inversion wurde nur 8mal Links- und 23mal Rechtshändigkeit registriert. Erschwert ist der Einblick in den Zusammenhang von Heterotaxie und Händigkeit insbesondere dadurch, weil es Kunst-, Muß- und Wahlhändigkeit gibt und die Tätigkeit in der Öffentlichkeit allgemein auf Rechtshändigkeit eingestellt ist.

Ungleich größer ist für die Inversion der diagnostische Wert des Hodensymptoms. Bekanntlich sind die beiden Hälften des Hodensackes beim Menschen nicht symmetrisch gestaltet, sondern die linke steht tiefer als die rechte. Nach Mattison (zit. nach Gänsslen usw., 1940) kommt bei Angehörigen von Inversionsfamilien Tiefstand des rechten Hodens und Gleichstand beider Hoden deutlich häufiger vor als bei Kontrollpersonen. Ebstein, 1922, fand unter 36 Fällen von Situs inversus 28mal den rechten Hoden tiefer, so daß also das positive Hodensymptom für die Diagnostik des Situs inversus besonders wichtig ist.

Auch für die Tiere gibt es Angaben über ungleiche Größe der beiden Hoden und asymmetrische Lage der beiden Skrotalsackhälften. Nach Disselhorst, 1898, sind die Testikel nie oder selten in gleicher Höhe, sondern meist liegt der linke tiefer. Im Gegensatz dazu fand Hubrich, 1932, den rechten Hoden des Stieres schwerer. Aus Feststellungen, die ich Herrn cand. med. vet. Braun, Zürich, verdanke und die er anläßlich einer Ausstellung von Stieren der Braunviehrasse machte, ergibt sich, daß bei 291 Tieren 41mal der linke, 75mal der rechte Hoden tiefer im Hodensack lag, während 175mal entweder kein oder ein kaum bemerkbarer Unterschied vorhanden war. Nach Eberth (zit. nach Ebstein) soll die linke Skrotalsackhälfte nur bei jenen Tieren tiefer stehen, wo die Hoden nicht in der Inguinalgegend liegen, sondern weiter kaudal gegen den After hin fixiert sind, z. B. Hund und Schwein. Aus diesen widersprechenden Angaben erhellt, daß über die typische Lage der Hoden bei den Haussäugern vorerst noch umfangreiche Erhebungen gemacht werden müssen, bevor das Hodensymptom für die Diagnostik des Situs inversus verwertet werden könnte.

Phylogenetisch betrachtet, scheint die typische Asymmetrie der inneren Organe in Lage und Form bei den niedern Wirbel-

tieren noch nicht fest fixiert zu sein. So liegt bei Amphioxus der Leberblindsack nicht immer rechts, und die Welse zeigen normalerweise in Form und Lage der Eingeweide ein zu den übrigen Fischformen spiegelbildliches Verhalten (Pernkopf, 1936). Von den Fischen an aufwärts kommt es dann regelmäßig zur typischen Torsion der Herz- und Nabelschleife und von jetzt ist der Situs solitus und die Forma solita der inneren Organe so fest fixiert, daß spiegelbildliche Lage und Form, also Situs inversus und Forma inversa, eine Rarität werden.

Ontogenetisch kommt die Asymmetrie der Eingeweide erst im Verlaufe der Entwicklung zur Ausgestaltung. Die Organanlagen verhalten sich im Keim vorerst ausgesprochen symmetrisch; das gilt für den Magendarmtraktus ebensogut wie für Herz, Lungen und andere Organe. So gewinnen wir aus der ersten Entwicklung den Eindruck, daß die Organe ursprünglich lage- und formsymmetrische Gebilde und die beiden Hälften der Organe wie des ganzen Keimes anscheinend gleichwertig sind. Erst später manifestiert sich die Asymmetrie in Lage und Form der Eingeweide, und zwar wie die Entwicklungs- und Mißbildungslehre zeigen, indem Lage- und Formveränderungen einzelner Organe im allgemeinen unabhängig von der Nachbarschaft auftreten und mechanische Momente vorerst keine oder keine erhebliche Rolle spielen; die zur Asymmetrie führenden Wachstumsbewegungen erfolgen im großen und ganzen also unabhängig voneinander (Pernkopf).

Mehr als die formale Genese interessiert nun begreiflicherweise die Frage nach den kausalen Momenten für diese typisch und atypisch asymmetrische Gestaltung und Entwicklung des ganzen Wirbeltierorganismus und seiner Eingeweide im besonderen.

Näheren Einblick ins ganze Problem vermitteln insbesondere Ergebnisse der experimentellen Entwicklungsmechanik. Einwirkungen unnatürlicher oder schädigender Bedingungen auf den Keim, also indirekte Eingriffe, führen bei niederen Wirbeltieren zur Erhöhung der Zahl der Inversionen, und zwar bis zu 35%. Solche Bedingungen sind gegeben in: künstlicher Aufzucht, starker einseitiger Erwärmung, Bebrüten ohne Umwenden bei Hühnereiern (im letztern Fall ist das Herz in mehr als der Hälfte invers angelegt), ferner Zentrifugieren, Hitze, Kälte, ultraviolette Strahlen, vorübergehende Temperaturerniedrigung, Hyper- und Hypotonie des Mediums. Aber auch direkte Eingriffe in den Keim können Situs inversus verursachen. In Form allgemeinerer und unkontrollierbarer Schädigungen bestehen sie in Entfernung der Eihülle, Großziehen außerhalb der Schale, Anstechen des Vor-

derendes und Pressung, durchgeführt insbesondere an Frosch-, Molch- und Hühnerkeimen. Für die Frage nach dem Wesen und der Entstehung der Asymmetrie besonders aufschlußreich sind asymmetrische Eingriffe am Keim. So ist linksseitige Erhitzung von Molch- und Hühnereiern häufig von Inversion gefolgt. Durch Entfernung kleiner Stückchen Mesektoderm aus der linken Seite des Gastruladaches (Wilhelmi bei Triton) oder durch Ausschneiden einer Partie Neuruladaches und Einpflanzung nach Drehung um 180° und Vertauschen von oben und unten (Spemann, 1918) konnte Heterotaxie des Darmes und Herzens erzeugt werden. Besonders betont werden muß hiebei, daß es sich um Eingriffe auf der linken Keimhälfte handelte (Ludwig, 1932 und 1936).

Aus den letzterwähnten Versuchen entwicklungsmechanischer Art ergibt sich, daß Inversio viscerum durch Einwirkung schädigender oder anormaler Faktoren während der Keimesentwicklung entstehen kann. Wir haben es diesfalls mit der phaenotypischen Inversion zu tun (Ludwig, 1932). Da nicht anzunehmen ist, daß solche schädigende Einflüsse den Genotypus ändern, so sind derartige Individuen nur äußerlich, also im Erscheinungsbild invers, normal dagegen in der Erbform, im Genotyp. Aus der Existenz phänotypischer Inversionen ergibt sich, daß alle Keime, die die Anlage zur Entwicklung asymmetrischer Eigenschaften und Fähigkeiten besitzen, letztere je in der regulären und inversen Form hervorzubringen vermögen. Daher spricht man von Bipotentialität des Plasmas (Spemann). Aus Beobachtungen beim Menschen, daß anscheinend Linksseiter häufiger mit Defekten belastet, daß aber auch bei Tieren mit Inversion andere körperliche Anomalien häufiger als bei Regulären sind, hat sich die Vorstellung von der Minderwertigkeit der Inversen gebildet. Das gilt indes nur für phänotypisch Invertierte, indem hier die zur Inversion führenden schädigenden Faktoren auch andere körperliche und seelische Defekte im Gefolge haben können.

Andere Autoren machen für das Auftreten von Situs inversus Erbfaktoren verantwortlich oder heben mindestens neben den durch exogene Einwirkungen verursachten Fällen die Möglichkeit der Vererbung hervor. Es handelt sich diesfalls um die genotypische Inversion.

Die Heredität des Situs inversus ist beim Menschen ziemlich eingehend untersucht worden. Gänsslen und Mitarbeiter, 1940, erwähnen insgesamt 19 Fälle familiärer Inversion. Dabei wurde sie in 3 Familien je in 2, in einem Fall sogar in 4 aufeinanderfolgenden Generationen beobachtet. Ferner sind 12 Familien mit

Situs inversus bei 2 Geschwistern und 2 Fälle mit Inversion bei 3 Geschwistern bekannt. Diese Beobachtungen von inversem Situs in einer, zwei, ja sogar vier Generationen, sprechen für Erblichkeit dieses Zustandes. Cockayne (zit. nach Gutzeit und Lehmann, 1940) kommt auf Grund erbstatistischer Untersuchungen zum Schluß, daß ein einfaches, rezessives autosomales Gen vererbt wird. Nach Gänsslen usw. sprechen Fälle von Inversion durch zwei und mehr Generationen hindurch für Dominanz; doch ist das Material zu klein, um rezessiven Erbgang ausschließen zu können.

Aus dem Gesagten ergibt sich, daß für das Zustandekommen des Situs inversus entweder äußere, während der frühen Entwicklungsperiode des Keimes wirkende Ursachen verantwortlich sind (phänotypische Inversionen) oder aber es wirken Erbfaktoren und dann ist die inverse Form genotypisch, also durch Mutation, bestimmt.

Die Tatsache, daß vor allem Schädigungen der linken Keimhälfte Inversionen zur Folge haben und daß bei Doppelbildungen der linke Individualteil fast ausnahmslos regulär, der rechte aber invers ist, hat zu bestimmteren Vorstellungen über die Entstehungsweise des regulären und inversen Situs geführt. Spemann macht für die durch experimentellen Eingriff verursachte Inversion die im Gefolge der Keimdurchschnürung eintretende Verkümmerung der Schnürungsseite, also einen rein mechanisch wirkenden Faktor, verantwortlich. Wilhelmi kommt zum Schluß, daß in der linken Keimhälfte ein die reguläre Asymmetrie bedingendes Etwas (Organisator) vorhanden sei. Nach Pernkopfs „Prävalenztheorie" enthält die linke Keimhälfte einen Verstärkungsfaktor, unter dessen Wirkung es zur gewohnten asymmetrischen Ausgestaltung des ganzen Keimes kommt. Dieser Faktor ist nicht etwa lokal untergebracht, sondern gemäß der früher erwähnten Unabhängigkeit der einzelnen Organanlagen und ihrer asymmetrischen Entfaltung in den einzelnen Anlagen verteilt und kann in ihnen isoliert zur Wirkung gelangen. Ludwig, 1935, legt der Entstehung der regulären und inversen Asymmetrie ein dreigliedriges System zugrunde; ein Gewebsplasma mit alternativer Entwicklungsmöglichkeit — 2 antagonistische Determinationsstoffe, von denen der in größerer Quantität vorhandene die einzuschlagende Richtung entscheidet — und schließlich ein Genpaar, welches für die Produktion dieser Stoffe in bestimmten Quantitäten verantwortlich ist. Diese der Goldschmidtschen Deutung der Geschlechtsbestimmung nachgebildete Formulierung würde in die Correns-Hartmannsche Sprache übersetzt lauten: Potenzen-

Realisationsstoffe-Realisatoren. Der den normalen Situs bestimmende Stoff oder Faktor befindet sich hauptsächlich in der linken Körperseite und nimmt nach der rechten hin an Wirksamkeit ab, der die Inversion verursachende Faktor hingegen liegt vorwiegend in der rechten Keimhälfte und nimmt nach links hin ab. Es sind also zwei Potential-, Konzentrationsgefälle oder Wachstumsdosen vorhanden, die aber nicht gleich, sondern verschieden groß sind. Unter normalen Verhältnissen scheint der links gelegene Faktor der wirkungsvollere zu sein, sei es, daß er einen erblichen Verstärkungsfaktor erhält, sei es, daß er von vornherein in seiner Wirkung überwiegt. Setzt sich aber aus irgendeinem Grunde — durch Einwirkung exogener oder endogener Faktoren — der linkerseits wirkende Faktor nicht durch, so kommt es zur Ausbildung einer Inversion (Clara, 1940).

Aus dem Gesagten geht hervor, daß Geschlechts- und Asymmetriebestimmung eine auffällige Analogie aufweisen mit dem allerdings wesentlichen Unterschied, daß die beiden Geschlechter ungefähr im gleichen Verhältnis auftreten, während bei der Asymmetrie die Verteilung gleichgültig und im speziellen Fall des Eingeweidesitus die inverse Form gegenüber der regulären sehr selten zu beobachten ist (Ludwig, 1935 b).

Nach diesen Darlegungen kann jetzt noch auf eine weitere Theorie über die Entstehung des Situs inversus hingewiesen werden; es ist die von Koller und Förster begründete und neuerdings von Pernkopf, 1936, wieder aufgegriffene Zwillingstheorie. Danach leitet sich die Inversion von einer Doppelanlage ab, bei der der Zwillingsbruder mit normalem Situs zugrundegegangen, während der andere mit Situs inversus sich vollständig entwickelt hat. Beobachtungen aus dem Gebiete der experimentellen Entwicklungsmechanik und der Mißbildungslehre scheinen diese Hypothese zu stützen. Nach vollständiger Durchschnürung von Tritonkeimen auf dem Blastulastadium zeigte der linke Partner (mit einer Ausnahme unter 25) regulären, der rechte in der Hälfte der Fälle meist total inversen Bau (Spemann und Falkenberg, 1919); zum gleichen Erfolg führt auch Durchtrennung der Keime. So ergaben 8 linke Gastrulahälften reguläre, 9 rechte in mehr als der Hälfte dagegen inverse Formen: Herz 2mal regulär, 6mal invers, 1mal unklar; Darm 1mal typisch, 5mal invers, 3mal unklar (Ruud und Spemann, 1923). Häufiger als Versuche totaler Keimdurchtrennung sind solche, die lediglich auf Verdoppelung des Herzens abzielten. Trennt man die beiden Anteile der Herzanlage und verhindert deren mediane Wieder-

vereinigung, so resultieren Doppelbildungen mit einem regulären linken und einem inversen rechten Herzen.

Bei natürlichen Doppelbildungen des Menschen und der Wirbeltiere (Fische) zeigt der linke Partner regulären, der rechte dagegen häufig inversen Situs. Dieselbe Beobachtung wurde bei freien Zwillingen gemacht. Daß in Inversionsfamilien doppelt soviel eineiige Zwillinge als normalerweise (20—25%) geboren werden, scheint ebenfalls für die Koller-Förstersche Hypothese zu sprechen (Mattison [zit. nach Gänsslen usw., 1940]).

Da nach Pernkopf die linke Keimhälfte einen Verstärkungsfaktor besitzt, der bei gewöhnlicher Entwicklung die normale Asymmetrie der ganzen Anlage zur Ausbildung bringt, so wird sie auch isoliert einen Organismus mit regulärem Situs hervorbringen. Anders die rechte Keimhälfte. Diese kann für sich allein, d. h. wenn die Wirkung des in der linken Keimhälfte gelegenen Verstärkungsfaktors wegfällt, einen inversen Situs hervorbringen. Da ihr aber ein prävalierender inverser Faktor fehlt, so wird die inverse Asymmetrie hier nicht so stark verankert sein, wie die reguläre in der linken Keimhälfte. Eine eigentliche Vererbung des Situs inversus liegt also diesfalls nicht vor, da nicht ein erblich übertragener, invers prävalierender Faktor zur Wirkung kommt. Nach der Koller-Försterschen Hypothese kann Inversion nur bei eineiigen Zwillingen vorkommen, und zwar beim einen Partner. Wenn der andere mit regulärer Asymmetrie frühzeitig abstirbt, dann erscheint Situs inversus bei scheinbarer Einfrüchtigkeit. Schließlich kann er aber auch bei wirklichen Einlingen auftreten, wenn der in der linken Keimhälfte lokalisierte Verstärkungsfaktor infolge Schädigung frühzeitig ausgeschaltet wurde.

Gegen diese Theorie sind sehr bald Einwände erhoben worden. So hat Koller (zit. nach Schwalbe, 1909) selber zugegeben, daß der Förstersche Satz, bei Doppelbildungen zeige ein Individualteil Situs inversus, in dieser Allgemeinheit keine Geltung hat. Ebensowenig trifft das bei freien Zwillingen zu. Pernkopf begegnet diesen Einwänden mit der Erklärung, Voraussetzung für das Entstehen von Inversion sei die Teilung der beiden Keimhälften in der prädestinierten Mittelebene. Erfolge nämlich die Teilung nicht in derselben, so sei es möglich, daß die rechts liegende Furchungszelle Teile der linken und damit des dort wirksamen Verstärkungsfaktors erhalte, welch letzterer dann zur Entwicklung eines Situs solitus Veranlassung gäbe. Aber auch der Zeitpunkt der Trennung der beiden Keimhälften sei dafür verantwortlich zu machen, daß Situs inversus bei eineiigen Zwillingen

nicht so häufig zu treffen sei, wie zu erwarten wäre. Die Isolierung eineiiger Zwillinge kann, nach dem Verhalten der Eihäute zu schließen, zu verschiedener Zeit erfolgen: nämlich bei der ersten Furchungsteilung, wobei es zur Ausbildung zweier Chorien kommt; dann bei der Anlage der Embryonalknoten mit Anlage eines Chorions aber zweier Amnien und schließlich im Zustand des Keimschildes mit Ausbildung eines Chorions und eines Amnions. Da nun die eineiigen Zwillinge des Menschen meist ein Chorion besitzen, was auf ein relativ spätes Stadium der Trennung beider Keimhälften hindeutet, so wäre nach Pernkopf denkbar, daß in der vorausgegangenen Zeit gemeinsamer Entwicklung die linke Keimhälfte durch ihren prävalierenden Faktor in der rechten bereits die Entwicklung zur normalen Asymmetrie und damit zum normalen Situs induziert hätte.

Wenn so die gegen die Koller-Förstersche Theorie der Entstehung der Inversion vorgebrachten Einwände durch diese zwei Pernkopfschen Erklärungsversuche entkräftet erscheinen, so kann das nicht von einem weiteren gesagt werden. Es sind Fälle von eineiigen Zwillingen bekannt, wo beide Partner Situs inversus und damit also Konkordanz zeigten, und zwar von 8 Fällen 5, während nur 3 in bezug auf den Situs sich diskordant verhielten, der eine der Zwillinge also Inversion aufwies. Die Konkordanz bezüglich Situs inversus bei eineiigen Zwillingen spricht gegen die Zwillingshypothese.

## Zusammenfassung.

Nach einem kurzen Überblick über die einschlägige Literatur folgt die Beschreibung eines Falles von Situs inversus totalis beim Pferd. Im Anschluß wird das Problem der Asymmetrie im Wirbeltierkörper kurz erörtert und die formale und kausale Genese der Inversion diskutiert.

## Literaturverzeichnis.

Andres, J.: Schweiz. Arch. für Tierheilkunde 68, 1926. — Belz, E.: Diss. Gießen, 1909. — Butters, F.: Z.bl. Chirugie 70, 1943. — Clara, M.: Entwicklungsgesch. des Menschen, Leipzig, 1940. — Diehl, K.: Handb. der Erbbiol. des Menschen, IV, 1, 1940. — Disselhorst, R.: Arch. für wiss. und prakt. Tierheilkunde 24, 1898. — Fick, R.: Sitzungsber. der Preuß. Akad. der Wiss. XXIV, 1924. — Gänsslen, M., K. Lambrecht und M. Werner im Handb. der Erbbiol. des Menschen, IV, 1, Leipzig, 1940. — Gloor, H.: Vierteljahrschr. Naturf. Gesellsch., Zürich, 88, 1943. — Gruber, W.: Arch. für Anat., Physiol. und wissensch. Med. 1865. — Guldberg, F. O.: Biol. Z.Bl. 16, 1896. — Guldberg, G. A.: Biol. Z.bl. 16, 1896. — Guldberg, G. A.: Z.bl. für Biol. 17, 1897. —

Gutzeit, K. und W. Lehmann im Handb. der Erbbiol. des Menschen, IV, 2. Leipzig, 1940. — Heuß, K.: Diss. Leipzig, 1898. — Hubrich, P. A.: Diss. Leipzig, 1932. — Kegel, G.: Zeitschr. für menschl. Vererbungs- und Konst.lehre 10, 1925. — Ludwig, W.: Das Rechts-Links-Problem im Tierreich und beim Menschen. Berlin 1932. — Ludwig, W.: Verh. der Deutsch. Zool. Ges. 1935 a. — Ludwig, W.: Biol. Z.bl. 55, 1935 b. — Mangold, O.: Arch. für Entw. mechan. 48, 1921. — Norén, S.: Anat. Anz. 87, 1938. — Osthof, W.: Diss. Gießen, 1915. — Pernkopf, E.: Zeitschr. für menschl. Vererbungs- und Konst.lehre, 20, 1936. — Ruud, G. und H. Spemann: Arch. für Entw. mechan. 52, 1923. — Ruppert, F.: Diss. Gießen, 1911. — Schauder, W.: Zeitschr. für Anat. und Entw.-gesch. 71, 1894. — Schelenz, C.: Berl. klin. Wschr. 46, 1909. — Schneeberger, R.: Diss. Gießen, 1911. — Schuhmacher, S. v.: Jagd und Biologie, Berlin, 1939. — Schwalbe, E.: Die Morphologie der Mißbildungen des Menschen und der Tiere. III. Teil, I. Lief., I. Abt., Jena 1909. — Schwarznecker: Pferdezucht, Berlin, 1894. — Schwarz, G.: Diss. Gießen, 1914. — Spemann, H.: Arch. für Entw. mechan. 43, 1918. — Spemann, H. und H. Falkenberg: Arch. für Entw. mechan. 45, 1919. — Töndury, G.: Zeitschr. für Anat. und Entw.gesch. 101, 1936. — Wilhelmi, H.: Arch. für Entw.mechan. 46, 1920 und 48, 1921.

---

Arbeit ausgeführt im Laboratorium des Eidg. Gesundheitsamtes, Sektion für Lebensmittelkontrolle, Vorstand Prof. Dr. O. Högl.

# Über den Einfluß verschiedener Grünfutterkonservierungsmethoden auf die fettlöslichen Vitamine.

Von Dr. Otto Allemann.

Wenn auch die Bedeutung der Vitamine für unsere landwirtschaftlichen Nutztiere bis heute noch nicht voll aufgeklärt ist, so müssen wir uns trotzdem mit diesen Fragen beschäftigen, da bekannt ist, daß auch bei den Nutztieren Vitaminmangel-Krankheiten auftreten. Der Gehalt an Vitaminen in den wichtigsten Futtermitteln ist weitgehend bekannt, und deren Werte finden sich in den Futtermitteltabellen. Weniger bekannt ist, wie sich die Vitamine bei der Bereitung von Futterkonserven verhalten.

Zu den wichtigsten Vertretern der Gruppe der fettlöslichen Vitamine gehören:

das Vitamin A oder das Epithelschutz-Vitamin,
das Vitamin D oder das Antirachitische Vitamin,
das Vitamin E oder das Antisterilitäts-Vitamin.

Das Vitamin A findet sich in größten Mengen in der Leber bei allen Tieren. Seine Vorstufen (Provitamine) sind im Pflanzenreich