

Entwicklung der Fisteltechnik am Verdauungskanal von Equiden

H. Meyer und S. Klingeberg - Kraus

Zusammenfassung

In einem historischen Überblick werden die Eingriffe am Darmkanal des Pferdes zur Bearbeitung verdaunungsphysiologischer, pharmakologischer, mikrobiologischer und klinischer Fragen zusammengestellt. Schon im Laufe des 19. Jh. konnten permanente Fisteln in den Ausführungsgängen der Speicheldrüsen angelegt werden, während erste, eher tastende Versuche zur Fistulation des Darmrohres in der 1. Hälfte des 20. Jh. folgten. Vor allem ab den 70er Jahren des 20. Jh. werden dann routinemäßig permanente Kanülen oder Fisteln in verschiedenen Abschnitten des Verdauungskanals (Magen, Dünndarm; Caecum und Colon) angelegt und langfristige, aussagefähige Versuche ausgeführt. Allein mit dieser Technik gelang es, entscheidende neue Erkenntnisse (Verdauungsenzyme, prae- und postileale Verdauung, Wasser- u. Elektrolytfluss, mikrobielle Besiedlung bzw. Metaboliten etc.) zu gewinnen, die Fütterungspraxis zu verbessern und die Prophylaxe und Behandlung von Verdauungsstörungen effizienter zu gestalten.

Schlüsselwörter: Geschichte, Fisteln, Darmkanal, Verdauungsphysiologie.

Development of cannulation techniques in equines

A historical overview describes the development of fistulation in horses to investigate digestive physiology, pharmacology and gut microbiology. During the 19th century fistulation of saliva ducts became successfully, in the first half of the 20th century the cannulation of the gut, too. Especially since the 70ies of the last century permanent cannulation or fistulation of various parts of the alimentary tract became routine. Several valuable experiments were conducted, to clear the most important aspects of digestive physiology as enzymes, prae- and postileal digestibility, flow rates of water and electrolytes, gut microbiology and their metabolites etc. The results of experiments with fistulated horses were the basis to optimize practical feeding and to improve prevention and therapy of disturbances in the gut.

Key words: history, cannulation, alimentary tract, digestive physiology

Einleitung

Durch die Möglichkeit, Ausführungsgänge von Darmanhangsorganen, vor allem aber verschiedene Abschnitte des Verdauungskanals intra vitam zu fistulieren, wurden bei Pferd und Esel verdaunungsphysiologische Untersuchungen entscheidend gefördert. Im Rahmen solcher Untersuchungen konnten nicht allein Menge, Zusammensetzung und Wirkungsmuster von Verdauungsekreten bestimmt, sondern auch die Abbauvorgänge im Verlauf des langen Verdauungskanals (qualitativ und quantitativ) erfasst werden, ebenso die Konzentration entstehender Metaboliten, der Wasser- und Elektrolytfluss sowie die mikrobielle Besiedlung des Darms. In älteren Untersuchungen waren solche Parameter nur post mortem zu ermitteln, ohne den Verlauf bei einzelnen Tieren überprüfen zu können. Die fortschreitende Verbesserung chirurgischer Eingriffe am Gastrointestinaltrakt einerseits und andererseits die zunehmenden Kenntnisse über den Verdauungsablauf führten zu einer wechselseitigen Stimulierung beider Arbeitsgebiete - ein Prozess, der nachfolgend aus historischer Sicht behandelt werden soll.

Speichelgewinnung

Wegen der oberflächlichen Lage des Ductus parotideus war die Gewinnung von Parotisspeichel nicht schwierig. So ist nicht überraschend, dass bereits 1780 de la Chenaie über Spei-

chelgewinnung bei einem Pferd nach Längsspaltung des Stenonschen Ganges (D. parotideus)* auf einer Seite berichtet. Ähnlich gingen einige Jahre später Girard (1811) und Hering (1832) vor. Schulz und Hertwig (1834) leiteten den Parotisspeichel über einen Katheter in eine Blase, die am Kopf des Pferdes befestigt war. Gurll (1837) gelang es, den Ausführungsgang der Glandula mandibularis freizulegen, indem er von der Maulhöhle aus eine Sonde in den Whartonschen Gang (Ductus mandibularis) schob und ihn so zwischen dem freipräparierten M. mylohyoideus und M. hyoglossus lokalisieren konnte. Auch Colin (1854) fing den Speichel der beiden Drüsen getrennt auf (Abb. 1). Haubner (1845) sammelte Speichel von einer Ohrspeicheldrüse bei unterschiedlicher Fütterung, ohne die gewählte Technik jedoch näher zu beschreiben. Für eine pauschale Ermittlung des Gesamtspeichels durchtrennte Lassaigue 1845 (später auch Colin 1854) den Ösophagus. Aus der Differenz der Feuchtigkeitsmengen im aufgenommenen und aufgefangenen (abgeschluckten) Futter berechnete er die insgesamt im Kopfdarm gebildete Flüssigkeitsmenge. Ellenberger und Hofmeister (1881) verbesserten beide Verfahren, einmal indem sie über längere Schläuche den Speichel in Behälter leiteten, die nicht am Kopf des Pferdes befestigt waren, zum anderen, indem sie in die Ösopha-

* Neben den früher üblichen anatomischen Bezeichnungen, werden die heutigen Namen nach der Nomina Anatomica Veterinaria, 4. Aufl. 1994 aufgeführt.

gusfistel eine T-Kanüle einnähten, so dass abgeschlucktes Futter gesammelt oder in den Magen geleitet werden konnte. Bei den späteren Arbeiten der Dresdener Schule und anderer Forscher über Pferdespeichel (*Goldschmitt* 1886, *Gottschalk* 1910, *Lunze* 1915) bediente man sich auch der früheren Technik. *Scheunert und Trautmann* (1921) verbesserten sie, indem sie die Mündungspapille des Ductus parotideus in die äußere Haut verlagerten, eine Technik, die *Pawlow* (1911) für Hunde entwickelt hatte. Dieses Verfahren benutzte dann auch *Alexander* (1966) in Edinburg bei seinen umfangreichen Untersuchungen über die Sekretion des Speichels. In weiteren Arbeiten über die Gesamtspeichelproduktion in Abhängigkeit von Futterart und Zubereitung verschiedener

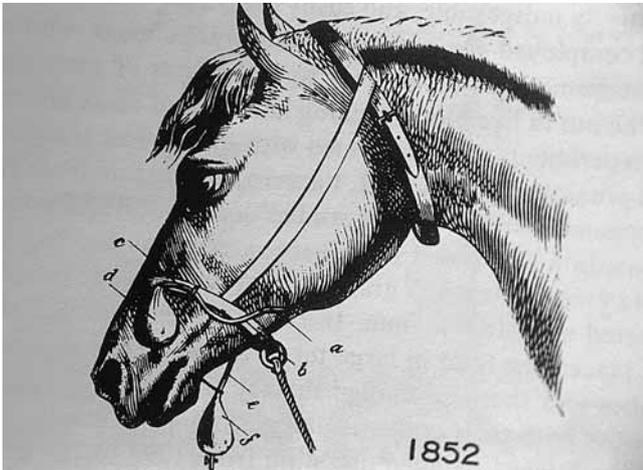


Abb 1 Methode der Parotis- und Mandibularspeichelgewinnung, *Colin* 1854, 468

Futtermittel haben *Stick et al.* 1981 sowie *Coenen* 1986 ebenfalls Ösophagusfisteln gelegt. Gleichzeitig wurde geprüft, ob Pferde über solche Fisteln langfristig ausschließlich und ausreichend ernährt werden können. Zwischenzeitlich hatte *Eckersall* (1984) ein Gebiss entwickelt, mit dem der Speichel auf- und über ein eingebautes Röhrchen abgesaugt werden konnte, sodass operative Eingriffe zur Gewinnung von Speichel nicht mehr notwendig wurden.

Gewinnung von Galle, Pankreas- und Darmsaft

Schwieriger war es, *intra vitam* Sekrete von Leber, Pankreas oder Darmeigendrüssen zu gewinnen. Dazu konnten anfangs beim Pferd nur sehr grobe Methoden angewandt werden, die eher als prä-mortale Techniken anzusprechen sind. Beim Hund hatte *de Graaf* schon 1681 eine permanente Pankreasfistel gelegt. Bei der Größe und Empfindlichkeit des Pferdes blieb den Franzosen *Leuret und Lassaigue* (1825) zunächst allein die Möglichkeit, beim niedergelegten Pferd die Bauchhöhle zu eröffnen und nach Durchtrennen der Dünndarmwand eine Sonde in den Ductus pancreaticus einzuschieben (gleichzeitige Unterbindung des Abflusses in den Dünndarm). Nach 30 Minuten hatten sie fast 100 ml Sekret gesammelt. Ähnlich gingen sie bei der Gewinnung von Galle vor. Aus dem eröffneten Gallengang (Ductus choledochus) flossen in 1 Std. 60 ml. Die Pferde mussten anschließend getötet werden. Die Heidelberger Physiologen *Tiedemann und Gmelin* machten es 1 Jahr später umgekehrt: Sie töteten erst das Pferd, konnten am frischen Schlachtkörper aber nur 1 ml Bauchspeichel gewinnen.

Rund 20 Jahre später versuchte *Frerichs* 1846 erneut am lebenden Tier Bauchspeichel zu gewinnen. Nach „Ätherisierung“ und Niederlegen eines Esels lagerte er nach Eröffnung der Bauchhöhle das Duodenum vor und führte in die Öffnung des Wirsungschens Ganges (Ductus pancreaticus) ein silbernes Röhrchen ein, das mit einer Ligatur befestigt wurde. Nach Unterbinden des Gallenganges konnte er in 45 Minuten 25 ml Bauchspeichel gewinnen.

Auch *Colin* gelang es nach mehreren vergeblichen Versuchen 1852, bei einem Pferd *intra vitam* über eingeschobene Sonden in die entsprechenden Ausführungsgänge kurzfristig sowohl Galle als auch Bauchspeichel zu sammeln. Ähnlich kurzfristig waren seine Versuche zur Ableitung von Darmsaft. Am stehenden Tier öffnete er an der linken Flanke die Bauchhöhle, klemmte nach Vorlagerung des Dünndarmes zunächst im Anfangsteil des Jejunum den Darm mit gummibeschichteten Platten ab, ließ den Darminhalt passieren und machte eine zweite Kompression am Ende des Jejunums (Abb. 2). Danach gewann er aus dem entleerten Darm Saft und reponierte alles. Wie lange die Tiere überlebten, geht aus seinem Bericht nicht hervor. Erst 100 Jahre später, 1958, wagten sich die Russen *Kuriloff und Obukoff* wieder an die Galle- und Pankreassaftgewinnung. Sie trennten bei 2 Fohlen den Dünndarmabschnitt mit der Einmündung des Gallen- und Pankreasganges (Papilla duodeni major) heraus und nähten sie nach Einlegen einer Sonde in die äußere Haut. Die Dünndarmenden wurden wieder zusammengefügt und der distale Abschnitt ebenfalls mit einer Sonde versehen. Durch Überbrücken der beiden nach außen gelegten Sondenenden konnten sie Sekret in den Dünndarm leiten oder Proben ziehen. Mit dieser Technik führten sie mehrere Versuche erfolgreich aus.

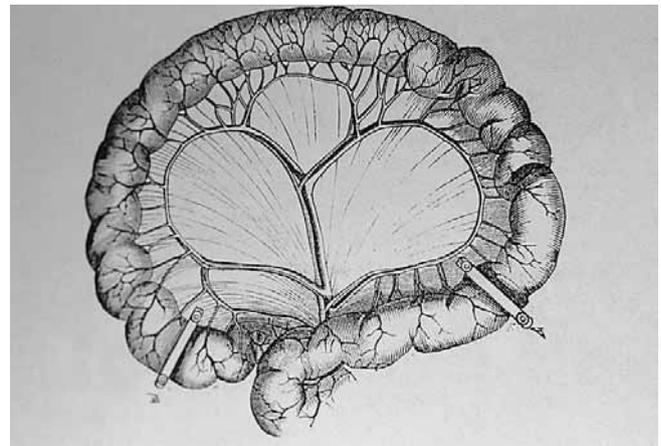


Abb 2 Gewinnung von Darmsaft, *Colin* 1854, 648

Etwa 10 Jahre später folgten *Comline et al.* 1969 mit einer ähnlichen Technik. Nachdem sie zunächst nur in akuten Versuchen bei narkotisierten Tieren Bauchspeichelsekret aus dem Hauptgang (Ductus pancreaticus) gewonnen hatten (Ductus pancreaticus accessorius ligiert), konnten sie später über 3 Monate bei intakten Tieren Sekret gewinnen. Sie legten die Schleife eines Katheters, der in den Hauptgang eingeführt und mit dem anderen Ende in den Darm zurückverlegt war, nach außen, sodass ständig Sekret entnommen werden konnte.

Frühe Eingriffe am Darmrohr (bis 1950)

Bei der hohen Empfindlichkeit des Pferdes gegenüber Infektionen, insbesondere für Peritonitiden, waren erfolgreiche Ein-

griffe am Darmrohr erst mit ausgefeilter Operationstechnik und einer sicheren Antibiose zu erwarten. Gleichwohl hat es bis zur Mitte des 20. Jh. d. h. bevor die genannten Bedingungen mehr und mehr erfüllt wurden, einige Eingriffe gegeben, die als Vorstufen oder Vorübungen für spätere Arbeiten angesehen werden können. Im Jahre 1836 berichte allerdings *Körber* schon von einer natürlich entstandenen Darmfistel am Unterbauch, die er durch Kauterisierung schließen konnte.

Im Jahre 1875 versuchte *Dammann* (damals noch in Eldena bei Greifswald), mit Hilfe von Darmfisteln den Wassertransport im Dickdarm u. a. auch beim Pferd zu erfassen. Nach Chloroform-Narkose öffnete er bei 2 (liegenden) Versuchspferden die Bauchhöhle und führte Messingröhrchen mit einer Endplatte (Lumen 1cm) in das Lumen vom Ileum (links) bzw. Colon (1x rechte dorsale Lage; 1x linke ventrale Lage), schloss die Darmöffnung um die Kanüle, führte deren freies Ende durch Muskulatur und Haut nach außen und vernähte es. Ein Pferd konnte nach der Operation aufstehen, das andere nicht. Da keine längerfristigen Versuche geplant waren, wurden die Pferde alsbald nach Versuchsende getötet. Über 30 Jahre später, 1907, machte *Richter*, später als Gynäkologe bekannt, in Dresden auf Anregung von *Ellenberger* einen neuen Anlauf. Wegen der günstigen Lage rechts zwischen Basis caeci und Bauchwand wurde ein Teil des Duodenum für die Fistel gewählt. Nach Narkotisierung (Chloroform) und Öffnung der rechten Flanke spaltete er die Serosa des vorgelagerten Darmteils und verband sie durch Knopflehte fest mit Muskulatur und Bauchwand. So entstand ein vollständiger Verschluss gegenüber der Bauchhöhle. Erst dann wurde der Darm eröffnet, die Ränder an der Haut fixiert und die Öffnung mit einer Metallplatte und Pelotte verschlossen. Das Pferd (20 Jahre alt) blieb fieberfrei, nahm Futter auf, verendete jedoch am 15. Tag p. op. plötzlich, nach Aussage des Autors infolge Erschöpfung, nicht der Operation.

Wegen der Empfindlichkeit des Pferdes und dem schwierigen Zugang schrieb 1921 der amerikanische Wissenschaftler *Schalk*: "In the horse... the idea of permanent attachment and gastric fistula is absolutely out of the question". Doch in den 30er Jahren folgten neue Versuche von russischen Forschern, die jedoch weniger gut dokumentiert sind.

Nach *Polytreff et al.* 1936 sollen *Schohar und Weller* 1932 eine Dünndarmfistel gelegt haben. Weitere Angaben fehlen. *Egoroff und Cheredkoff* berichten 1933 über die Anlage einer Magenfistel, deren Technik 1936 in einer deutschen Zeitschrift ausführlich beschrieben wird (*Gurewitsch et al.* 1936). Die Leningrader Wissenschaftler führten zunächst einige „leichte“ Operationen (Einstich in den Blinddarm, Trepanation) zur Erhöhung der „Widerstandskraft“ ihres 13jährigen Versuchspferdes aus. Nach Narkotisierung (Chloralhydrat) und Rückenlage des Pferdes wurde der Magen vorgelagert, eröffnet und eine Metallkanüle mit doppelter Beutelnäht an Magen sowie der äußeren Haut fixiert. Die Kanüle rutschte nach einigen Tagen heraus. In einer Nachoperation entstand durch Anheftung der Magenwand an die Bauchwand eine offene Fistel. Mit diesem Pferd konnten über längere Zeit Versuche u. a. über die Bildung des Magensaftes gemacht werden.

Noch im Kriegsjahr 1944 folgte die Fortsetzung an der Tierklinik der Berliner Fakultät bei einer 18jährigen Stute mit Anlage einer funktionierenden Blinddarmfistel. Der Operateur (*Kergel*) öffnete am stehenden Tier nach Allgemein- und

Lokalanästhesie rechts eine Handbreit vor dem Tuber coxae die Bauchhöhle und nähte die Blinddarmwand in 3 Schichten an Peritoneum, Muskulatur und äußere Haut. Nach Verklebung wurde in die Blinddarmwand ein Tracheotubus (3cm Durchmesser) eingesetzt. Zur Infektionsprophylaxe diente Prontalbin (30g/d). Das Pferd konnte länger als 1 Jahr für Untersuchungen über die Motorik, den Innendruck und Passageraten im Caecum genutzt werden, bevor es 1945 beim Einmarsch der Russen in Berlin geschlachtet wurde (*Lenz* 1947).

Als *Alexander und Donald* 1949 ihre erste Blinddarmfistel in Edinburg anlegten, konnten sie schwerlich die maschinengeschriebene Dissertation von *Lenz* kennen. Aber auch die Arbeit von *Richter* aus dem Jahr 1907 war ihnen entgangen. Die schottischen Forscher arbeiteten nach einem ähnlichen Prinzip wie die Kollegen in Dresden und Berlin: zunächst Fixierung der Blinddarmserosa an das Peritonäum, nach einer Woche Eröffnung des Blinddarms und Verbindung der Mukosa mit der äußeren Haut. Als entscheidender Fortschritt ist der von ihnen offenbar entwickelte Verschluss zu sehen, eine hantelförmige aufblasbare Gummimanschette, die mit ihrem inneren Teil im Caecumlumen, mit dem äußeren auf der Haut lag. Dadurch konnte - anders als mit Metallteilen - ein elastischer, gewebeschonender Verschluss auch bei größeren Fisteln gesichert werden. Die so behandelten Tiere standen über längere Zeit für Versuche zur Verfügung.

Die erste Blinddarmfistel in den USA wurde 1950 von *Jaspar und Cupps* in Davis (Kalifornien) angelegt. Die Autoren orientierten sich weitgehend an *Alexander und Donald* (1949). Ergebnisse verdauungsphysiologischer Untersuchungen sind von diesen Autoren - trotz Ankündigung - nicht bekannt geworden.

Im Jahre 1950 berichtete *Kuznetsowa*, dass der Russe *Sineshchekoff* bei einem 11 Monate alten Fohlen zwei Kanülen ins Duodenum gelegt (nach Entfernung der 18. Rippe) und in einem durchsichtigen Überbrückungsschlauch den Chymusfluss bei verschiedener Fütterung sowie den Gesamtfutter- und Wasserfluss quantifiziert habe.

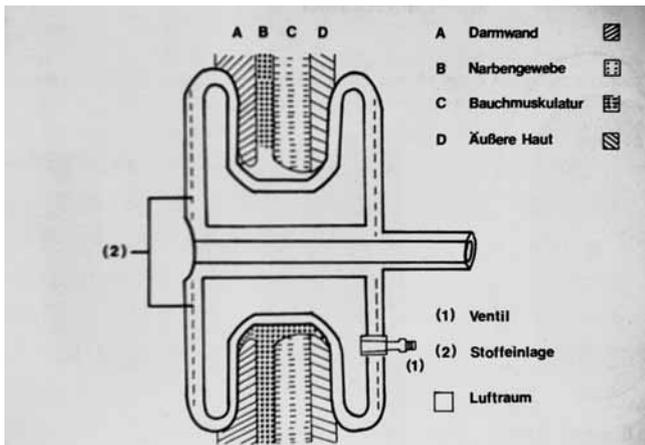
Nachdem bis zur Mitte des 20. Jh. die allgemeinen chirurgischen Bedingungen zur Anlage von Fisteln für alle Abschnitte des Verdauungskanal entwickelt worden waren, erreichte die Fistulation Praxisreife und erlaubte Operationen bei einer größeren Tierzahl.

Darmfisteln nach 1950

Caecumfisteln

Die Funktion des Blinddarms stand in den 50er und 60er Jahren des 20. Jh. im Mittelpunkt verdauungsphysiologischer Arbeiten. Folgende Autoren haben über die Anlage von Caecumfisteln berichtet: *Hill* (1952), *Brumme* (1953), *Linerode* (1967), *Teeter et al.* (1968), *Lowe et al.* (1970), *Pulse et al.* (1973) und *Huskamp et al.* (1982). *Hill* (Hannover) und *Brumme* (Berlin) arbeiteten bei je einem Pferd im Rahmen ihrer Untersuchungen über die Chymuspassage mit englumigen Kanülen, die nur Beobachtungen über die Chymuspassage bzw. die Entnahme von Proben erlaubte. Ähnlich war es bei *Linerode* (USA), der im Rahmen seiner Untersuchungen

über die Synthese von B-Vitaminen im Dickdarm bei einem Tier den Blinddarm fistulierte. *Teeter et al.* in Kansas legten Fisteln mit einem Durchmesser von 10 cm an. Dafür wurde ein spezieller Verschluss aus Nylon mit aufblasbaren Säcken innen und außen konzipiert. Ihre beiden Versuchspferde dienten rund 1 Jahr für Untersuchungen über den Stoffwechsel von flüchtigen Fettsäuren und den N-Umsatz. *Lowe et al.* von der Cornell-Universität (NY) versuchten zunächst die Verklebung des Blinddarms an der Bauchwand durch Befestigung einer (kleinen) Kanüle an der Blinddarmsoberfläche mittels Kunstharz zu umgehen, kehrten wegen mangelnder Stabilität jedoch zu der konventionellen Methode zurück. Ihre 5 fistulierten Ponys konnten längere Zeit für Untersuchungen zur Kolikpathogenese verwendet werden. *Pulse et al.* aus Kentucky legten bei 3 Vollblütern Fisteln mit einem Durchmesser von 13 cm an, verschlossen sie mit einem Stopfen, der einen inneren aufblasbaren Ring aufwies. Sowohl *Lowe et al.* als auch *Pulse et al.* konnten nachweisen, dass die Fistulation die Verdauungskapazität nicht beeinträchtigte. *Huskamp et al.* setzten ebenfalls große Fisteln (10 cm Durchmesser). Dazu wurden Teile aus der 18. und 17. Rippe reseziert. Als Verschluss diente - anders als bei *Teeter et al.* - eine aufblasbare Manschette aus Latex mit Perbolan beschichtet (Abb. 3). Ein zentraler Kanal ermöglichte Probeentnahmen über einen Schlauch (1,8 cm innen). Bei vollständiger Entfernung der Manschette konnte manuell über einen Schlauch mit aufgesetztem Trichter Ileumchymus aufgefangen und nach außen geleitet werden (Abb. 4). Durch Einführen eines Schlauches über das Ostium caecocolicum gelang auch die Entnahme von Chymus aus der rechten ventralen Colonlage.



Verschluss für eine große Caecumfistel, *Huskamp et al.* 1982

Die insgesamt 8 Pferde, die mit dieser Methode fistuliert wurden, standen für zahlreiche Versuche zum Dickdarstoffwechsel (flüchtige Fettsäuren, N-haltige Substrate, Wasser- und Elektrolytfluss) zur Verfügung (a.a.O. S. 13-69).

Colonfisteln bzw. multiple Fistulation des Dickdarms

Im Gegensatz zum Blinddarm wurde das Colon allein selten, häufiger gemeinsam mit dem Caecum fistuliert. Schon *Hill* (1952) hatte für seine Passagestudien neben dem Caecum auch die rechte ventrale Colonlage fistuliert unter Anwendung gleicher Techniken wie beim Caecum. *Baker et al.* (Kentucky) legten 1969 je eine Fistel in die rechte dorsale und ventrale Colonlage. Für die sichere Positionierung der dorsal

liegenden Fistel sägten sie aus der 16. Rippe ein 6,5 cm langes Stück aus. Ventral lag die Fistel am Übergang vom Caecum zum Colon und wurde ähnlich wie eine Caecumfistel angelegt. Versuchsergebnisse, die mit Hilfe dieser Technik erzielt wurden, sind offenbar nicht publiziert. Auch die von *Alexander* 1970 beschriebene multiple Kanulierung von Caecum, dorsaler und ventraler Colonlage hat offenbar keine neuen Versuchsergebnisse erbracht.

Martet, der 1976 in Dijon arbeitete, legte je eine Kanüle ins Caecum und Colon (Technik in Anlehnung an *Alexander* und *Donald* 1949 sowie *Baker* 1969). Er berichtete ausführlich über die Veränderungen der Blinddarm- sowie Colonflora nach exogener Zufuhr von Glucose, Harnstoff und anderen



Abb 4 Entnahme von Ileumchymus über eine große Caecumfistel, Institut für Tierernährung, Tierärztliche Hochschule Hannover 1979

Substraten.

Simmonds und *Ford* aus Liverpool haben 1988 ausführlich die Technik zur Anlage von 3 (Caecum, dorsale und ventrale Colonlage) oder 2 (Caecum und ventrale Colonlage) Fisteln zur Untersuchung des Propionatstoffwechsels im Dickdarm beschrieben. Sie verzichteten auf eine gefensterte Zwischenscheibe, die *Alexander* (1970) als Widerlager des Kanülenstempels auf der Darmschleimhaut für notwendig gehalten hatte. Sie konnten die 3 Fisteln gemeinsam über einen L-förmigen Schnitt in der rechten Flanke installieren und verzichteten ebenso wie *Alexander* 1970 bei Anlage der Fistel in der dorsalen Colonlage auf die Resektion einer Rippe.

Eine verbesserte Technik für die Anlage einer Fistel in der rechten dorsalen Colonlage stellten 1993 *Wilkins* und *Lowe* (Cornell-Universität) vor. Sie resezierten Teile der 16. und 17. Rippe an der rechten Seite und präparierten eine Fläche mit einem Durchmesser von 8 cm an der Bauchwand frei zur Anheftung der Colonoberfläche. Ihre Versuchstiere dienten zu Untersuchungen über die Kolikpathogenese durch Enterolithen.

Umleitungskanülen

Kanülen, die verschiedene Darmabschnitte zu überbrücken helfen, waren bei Schaf und Rind schon in den 60er Jahren des 20. Jh. üblich (*Harmon* und *Richards* 1997). *Horney et al.* aus Guelph (Kanada) legten 1973 auch beim Pferd Kanülen ins Ileum bzw. Jejunum sowie ins Caecum und überbrückten beide Lokalisationen mit einem außen liegenden Schlauch. Die Dünndarmkanülen lagen rechts ventral neben der Linea alba, die Kanüle im Caecum etwas höher. Die Autoren hat-

ten zuvor bereits solche Fisteln bei Schafen und Rindern angelegt. Angekündigte Forschungsergebnisse mit dieser Methode blieben aus. Die Technik wurde jedoch einige Jahre später von *Castellani* 1984 aufgegriffen und von *Brugère* et al. 1987 ausführlich beschrieben. Die Kanülen lagen rechts vor dem Tuber coxae und hatten für Ponys und Esel einen Durchmesser von 2 bzw. 2,5 cm (Abb. 5). Mit diesem System sollte insbesondere der Chymusfluss vom Dünn- zum Dickdarm erfasst und die praecaecale Verdaulichkeit gemessen werden. Die Autoren berichten über ihre Ergebnisse, doch die Technik hat bisher keine Nachahmer gefunden, vermutlich weil das Risiko für Passagstörungen relativ groß ist.



Abb 5 Esel mit Umleitungskanüle, *Brugère* et al. 1987

Dünndarmfisteln

Seit den 70er Jahren des 20. Jh. konzentrierten sich die verdauungsphysiologischen Untersuchungen mehr und mehr auf die Höhe der praecaecalen Verdauung von Kohlenhydraten, Eiweißen und Fetten und damit auch auf den Fluss unverdauter Substrate in den Blinddarm. *Alexander* legte 1951 im Ileum eine Thiry-Vella Schleife an, eine Technik, die bereits vor fast 100 Jahren von *Thiry*, verbessert von *Vella* bei Hunden erfolgreich genutzt worden war (*Alexy* 1998). Dabei wird ein Darmstück ausgeschnitten und unter Beibehaltung der hämatogenen und nervalen Versorgung über das Mesenterium so gelagert, dass über die beiden offenen Enden Darmsaft gewonnen werden kann. Weitere Arbeiten mit diesem Verfahren sind nicht publiziert worden. Nach den späteren Erfahrungen von *Donawick* et al. 1982 kommt es bei einem unterbrochenem Chymusfluss beim Pferd offenbar schnell zur Atrophie des Darmgewebes.

Einen ersten erfolgreichen Anlauf zur Anlage einer permanenten Dünndarmfistel machte *Schebitz* 1952 in Leipzig, der bei 3 Pferden im Anfangsteil des Jejunums zur Prüfung der Darmmotorik Kanülen einlegte (2 Pferde überlebten die kritische postoperative Phase). *Roberts* und *Hill* (1974) benutzten für ihre Untersuchungen über die Dünndarmmucosa eine etwa 2,1 cm große Fistel in der Mitte des Jejunums. Später hat vor allem die von *Householder* (Texas) 1978 beschriebene Technik zur Lösung der anstehenden Fragen beigetragen. Er legte die Öffnung der Kanüle in die rechte Flanke. Das T-förmige Basisstück befand sich im Ileum etwa 45 cm vor dessen Einmündung in das Caecum. In den folgenden Jahren sind aus dem Institut in Texas zahlreiche Berichte insbesondere über die praecaecale Verdauung erschienen, unter Nut-

zung dieser Technik. *Peloso* et al. haben 1994 die Methode ausführlich beschrieben und inzwischen gewonnene Erfahrungen – auch negative – mitgeteilt.

Zwischenzeitlich hatten auch *Gerhards* et al. 1991 die in Hannover geübte Technik und die gewonnenen Erfahrungen publiziert. Sie legten die rund 10 cm langen PVC- Kanülen (1,6 cm innen) im Jejunum an, da dieser Darmteil weniger intensiv bewegt wird als das Ileum mit seiner kräftigen Wandmuskulatur (Abb. 6). Von den insgesamt 9 operierten Pferden konnten einige bis zu 4 Jahren genutzt und zahlreiche Untersuchungen über die praecaecale Verdauung sowie den intestinalen Wasser- und Elektrolytfluss ausgeführt werden (*Meyer* et al. 1995). *Donawick* et al. legten 1982, ohne detaillierte



Abb 6 Probeentnahme aus einer Jejunumfistel, rechte Flanke, *Gerhards* et al. 1991

Beschreibung der Technik, Kanülen in das Jejunum und Ileum, um den Wasserstoffwechsel in diesem Bereich zu überprüfen.

Magenfisteln

Über die Anlage von Magenfisteln beim Pferd liegt aus der 2. Hälfte des 20. Jh. nur eine ausführliche Arbeit vor, vermutlich weil dieser Darmabschnitt auch über Sonden gut zugänglich ist. Offenbar wuchs aber mit dem Auftreten von Magenulcera das Interesse an der Magenverdauung des Pferdes. *Campbell-Thompson* und *Merrit* 1987 legten bei 5 jüngeren Pferden Kanülen (1,6 cm, innen) in die Pars glandularis des Magens und überprüften insbesondere die Magensaftbildung. Die Kanülen wurden über mehrere Monate komplikationslos toleriert.

Schlussfolgerungen

Die Anlage von Darmfisteln bei Pferden bereitet heute keine besonderen Schwierigkeiten mehr, wie jüngere ausführliche Berichte über Fisteln im Blinddarm (*Huskamp* et al. 1982) oder Dünndarm (*Gerhards* et al. 1991, *Peloso* et al. 1994, *Colemann* et al. 1998, *Leao* et al. 1999) bestätigen. Postoperative Komplikationen traten kaum noch auf. Relativ problemlos funktionieren Caecumfisteln, selbst mit großen Öffnungen. Aufblasbare Manschetten, wie sie von *Huskamp* et al. 1982 in Anlehnung an *Alexander* und *Donald* 1949 beschrieben wurden, sind dafür bei allgemeiner sorgfältiger Pflege sehr hilfreich. Mit solchen Fisteln konnten Versuchs-

pferde bis zu 5 Jahre genutzt werden (Meyer, unveröff.). In Zukunft werden jedoch Dünndarmfisteln in der verdauungsphysiologischen Forschung größere Bedeutung gewinnen, insbesondere, um mehr Daten über die präcaecale Verdaulichkeit verschiedener Futtermittel zu gewinnen. Ideal wären dafür Umleitungs-Kanülen, über die der Chymus quantitativ gesammelt und wieder in den Darm zurückgegeben werden könnte. Beim Pferd hat diese Technik wegen des Verstopfungsrisikos und der hohen Sensibilität aber keine reale Chance. Sie wird auch bei Wiederkäuern kaum noch angewendet (Harmon und Richards 1997). Deshalb sind derzeit einfache T-Kanülen das Mittel der Wahl, bei denen mit Hilfe von Markern oder durch Extrapolation von in kurzen Probeentnahmepetoden gewonnenen Chymusmengen eine annähernd quantitative Erfassung des Gesamtchymusflusses möglich ist (Meyer et al. 1995).

In Tabelle 1 sind 4 verschiedene Berichte über Dünndarmfisteln vergleichend ausgewertet. Fistelverluste entstanden vorwiegend durch mechanische Einwirkungen, vor allem bei langen Kanülen, die leicht ausgehebelt werden können. Colemann et al. 1998 haben ihre Kanülen deshalb später um 2,5 cm gekürzt.

Hohe Chymusverluste beschrieben vor allem Peloso et al. 1994, die Kanülen aus Silicon benutzten. Diese Substanz erschwert auf grund der größeren Elastizität offenbar die Adhäsion der Darmwand an die Bauchfläche. Die Chymusverluste mögen zusätzlich auch durch Passagestörungen und

Autoren Jahr	Gerhards et al. 1991	Peloso et al. 1994	Colemann et al. 1998	Leao et al. 1999
N	6	10	9	11
Lokalisation	Ende Jejunum	Ileum	Ileum	Ileum
Material	PVC	Silicon	PVC	PVC
Länge Kanüle, cm	10,2	12	14	6
O, innen, cm	1,6	1,9	2,5	2,0
Länge Fußstütze, cm	5	13	16	7
Komplikationen:				
Kanülenverlust	–	1	2	–
Chymusverluste, stark	–	3 (9)	x	–
Granulationen	2	–	2	x

Tab 1 Erfahrungen mit der Anlage von Jejunum- / Ileumfisteln beim Pferd

Druckerhöhung infolge des relativ großen Kanülenfußes bedingt gewesen sein. Dafür sprechen auch die relativ häufig vorkommenden Koliken in dieser Untersuchung. Härteres Kanülenmaterial aus PVC scheint andererseits die Wucherung von Granulationsgewebe am Fistelrand zu fördern. Die von Gerhards et al. 1991 in einem Fall beobachtete Darmwandnekrose entstand vermutlich durch Druck des Kanülenfußes, der später durch konvexe Wölbung und Verbreiterung dem Darmlumen besser angepasst wurde.

Die optimale Art der Dünndarmfistulierung ist noch nicht gefunden. Einige Erfahrungen können aus den in Tabelle 1 zusammengestellten Versuchen abgeleitet werden ebenso aus den umfassenderen Beobachtungen, die bisher bei Wiederkäuern gesammelt wurden (Harmon und Richards 1997). Aus der Sicht des Tierschutzes stellt sich schließlich die Frage, ob solche Eingriffe zu verantworten sind. Diese Frage ist uneingeschränkt zu bejahen. Bei sorgfältiger Wartung leiden fistulierte Pferde nicht. Dafür spricht auch die z. T. lange Nutzungsdauer. Störungen sind nicht häufiger als unter normalen

Bedingungen. Nach Versuchsende konnten manche Fisteln verschlossen und die Tiere für übliche Zwecke wieder verwendet werden. Andererseits sind mit Hilfe fistulierter Pferde, deren Zahl in der 2. Hälfte des 20. Jh. weltweit etwa 100, maximal 150 betragen haben dürfte, entscheidende neue Erkenntnisse über die Pathogenese von schmerzhaften Darmerkrankungen gewonnen worden, vor allem Koliken, an denen jährlich viele Tausend Pferde leiden oder verenden. Vor diesem Hintergrund sind Untersuchungen mit fistulierten Pferden zur Prävention solcher Störungen nicht nur zu verantworten, sondern aus der Sicht des Tierschutzes – bei vielen noch offenen Fragen - sogar zu fordern.

Literatur

- Alexander, F. und E. Donald (1949): Cecostomy in the horse. J. comp. Path. Ther. 59, 127-132
- Alexander, F. (1951): The preparation of Biebl loop and Thiry-Vella fistulae of the ileum of the horse. J. Physiol., Lond. 115, 63P
- Alexander, F. (1966): A study of parotid salivation in the horse. J. Phys. 184, 646- 656
- Alexander, F. (1970): Multiple fistulation of the horse large intestine. Brit. Vet. J. 126, 604-606
- Alexy, P. (1998): Der Hund in der Ernährungsforschung. Hannover, Vet Med. Diss. 66-68
- Baker, J., H. Sutton, B. Crawford und S. Lieb (1969): Multiple fistulation of the equine large intestine. J. Anim. Sci. 29, 916-920
- Brugère, H., G. Castellani, A. Boxewald und R. Wolter (1987): Mise au point d'une fistule ileo-caecale re-entrante chez lez eqides. Ann. Rech. Vet 18, 35-41
- Brumme, D. (1953): Physiologische und pharmakologische Untersuchungen am Endabschnitt des Ileums beim Pferde. Berlin, Vet Med. Diss.
- Castellani, G. (1984): Fistulisation re-entrante ileocaecale chez l'âne. Alfort, Vet Med. Diss.
- Campbell-Thomsen und M., A. Merritt (1987): Effect of ranitidine on gastric acid secretion in young male horses. Am. J. Vet. Res. 48, 1511-1515
- Chenaie, H. de la (1780) :Observations et experiences sur l'analyse de la salive du cheval. Mem.Soc.Roy. Med. 325-333
- Coenen, M. (1986): Verdaulichkeit und präcaecale Passage einer suspendierbaren Diät. Ztschr. Tierphysiol., Tierernährg. 56, 104-117
- Colemann, R., G. Mathison, J. Ingram und D. Bell (1998): Cannulation of the distal ileum in ponies. Canad. J. Anim. Sci. 78, 445-447
- Colin, G. (1852): Experience sur la secretion pancreatique du cheval, du porc et du moule. Recl. Med. Vet. 28, 660-662
- Colin, G. (1854):Traite de physiologie de comparee des animaux domestiques.Bd. 1 , S 646-677; 849-925
- Comline, R., L. Hall, J. Hickson u. a. (1969): Pancreatic secretion in the horse. J. Phys. 204, 10-11P
- Dammann, C. 1875:Versuche über das Einführen grösserer Wassermengen in den Darmkanal der Haustiere. Dtsch. Z. Tiermed.1, 40-49
- Donawick, W., C. Ramberg, M. Ginge und A. Topkis (1982): Absorption and secretion of water and electrolyte by normal and obstructed ileum of ponies. 1. Equin. Colic Res. Symp., 95-103
- Eckersall, P. (1984): Equine whole saliva: A sample collection system. Vet. Rec. 115, 437-438
- Ellenberger, W. und, V. Hofmeister (1881): Über die Verdauungssäfte und die Verdauung des Pferdes. Der Speichel. Arch. wiss u. prakt. Tierhldk. 7, 265-290
- Egoroff, S. und V. Cheredkoff (1933): Gastric secretion in a horse with gastric fistula. Ref. Nutr. Abstr Rev. 4, 309, 1934/35

- Frerichs, F. von (1846): Verdauung. In R. Wagner (Hrsg.) Handwörterbuch der Physiologie, Bd. 3, 1 S. 844. Braunschweig, Vieweg
- Gerhards, H., S. Radicke und K. Hipp (1991): Anlage, Pflege und Nutzung von Dünndarmfisteln. Pferdeheilkunde. 7, 243-248
- Girard, (- (1811): zit. nach Colin 1856, Bd.2, 28-38
- Graaf, R. de (1664): Disputatio media de natura et usu succi pancreatici. Hadlian, Lugundi Batavorum
- Goldschmitt, H. (1886): Parotisspeichel Z. phys. Chem. 10, 273-298
- Gottschalk, A. (1910): Die Sekretion der Parotis des Pferdes. Zürich, Vet Med. Diss.
- Gurlt, E. F. (1837): Lehrbuch der vergleichenden Physiologie der Haussäugethiere. Berlin, Hirschfeld
- Gurewitsch, D., S. Egoroff, S. Polytreff und W. Cheredkoff (1936): Über den Einfluss von Pilocarpin, Arecolin und Spiritus auf die Magensekretion des Pferdes. Arch. wiss. prakt. Tierhkd. 70, 243-250
- Harmon, D. und C. Richards (1997): Consideration for gastrointestinal cannulations in ruminants. J. Anim. Sci. 75, 2248-2255
- Haubner, G. (1845): Die Gesundheitspflege der landwirtschaftlichen Haussäugethiere. Greifswald, Koch S. 199-200
- Hering, E. (1832): Physiologie mit steter Berücksichtigung der Pathologie für Thierärzte. Stuttgart, Metzler
- Hill, H. (1952): Die Motorik des Verdauungskanal bei den Equiden. Hannover, Habilitationsschrift.
- Horney, F., D. Duncan, P. Leadbeate und T. Neudoerffer (1973): Intestinal re-entrant cannulation of the horse. Canad. Vet. J. 14, 43-45
- Householder, D. (1978): Prececal, postileal and total tract digestion. Texas, A. u. M. University, Diss.
- Huskamp, B., K. Schwabenbauer, M. Pferdekamp und H. Meyer (1982): Anlage und Wartung von Caecumfisteln beim Pferd. In Meyer H. (Hrsg): Beiträge zur Verdauungsphysiologie des Pferdes. Fortschr. Tierphysiol. Tierrernährg., Heft 13, 7-12. Berlin, Parey
- Jasper, D. und P. Cupp (1950): Cecotomy in the horse. J. Am. Vet. med. Ass. 117, 456-458
- Körber, F. A. (1836): Beobachtung einer Darmfistel (anus artificialis) bei einem Pferde. Mag. ges. Tierhkd. 2, 82-93, 380-81
- Kuriloff, N. und B. Obukoff (1958): Study of the secretion of pancreatic juice and bile in horses by means of chronic fistulas. Ref. Nutr. Abstr. Rev. 1959, 554
- Kuznetsowa, V. (1950): New experimental data on physiogy of digestion in the horse. Ref. Nutr. Abstr. Rev. 21, Nr. 521
- Lassaigne, J. (1845): Recherches pour déterminer le mode de l'action qu'exerce la salive pure sur l'amidon. Comp. Rend. Acad. Sci. Paris, 63-68
- Leao, M., F. Almeida, U. Carvalho u. a. (1999): Technique for long-term ileal cannulation in horses. Proc. Equin. Nutr. Phy. Soc. 16, 288-291
- Lenz, H. (1947): Die Art und Dauer der Wirkung einzelner Koliktherapeutika auf das Caecum, geprüft mit Hilfe einer Blinddarmfistel. Berlin, Vet Med. Diss.
- Leuret, F. und J. Lassaigne (1825): Recerches physiologiques pour servir a l'histoire de la digestion. Paris, Huzard
- Linerode, P. (1967): Studies on the synthesis and absorption of B-complex vitamins in the horse. Proc. Am. Equine Pract. 283-314
- Lowe, J., H. Hintz und H. Schryver (1970): Fistulation in ponies. Am. J. Vet. Res. 31, 1109-1111
- Lunze, G. 1915: Neue kritische Untersuchungen über die Sekretion der Parotis des Pferdes Dresden/ Leipzig, Vet. Med. Diss.
- Martet, G. (1976): Activite microbienne dans le gros intestin chez le pony. Dijon, Biol. Diss.
- Meyer, H., S. Radicke, E. Kienzle u. a. (1995): Investigation on preileal digestion of starch from grain, potato and manioc in horses. J. Vet. Med (A) 42, 371-381
- Pawlow, L. (1911): Allgemeine Technik der physiologischen Versuche und Vivisektionen. In Tigerstedt, R. (Hrsg): Handbuch der physiologischen Methodik. Bd. 1, 164-193. Leipzig, Hirzel
- Peloso, J., J. Schuhmacher, J. Mc Clure u. a. (1994): Technique for long term ileum cannulation in ponies. Canad. J. Vet. Res. 58, 181-184
- Polytreff, S., W. Cheredkoff, W. Gurewitsch und S. Egoroff (1936): Zur Erforschung des Mechanismus der Erregung der Magendrüsen bei Pferden. Arch. wiss. prakt. Tierhkd. 70, 313-318
- Pulse, R., J. Baker und G. Potter (1973): Effects of cecal fistulation upon nutrient digestion and indicator retention in horses. J. Anim. Sci. 37, 488-492
- Richter, J. (1907): Ein Fall von artefizieller Duodenalfistel beim Pferde. Arch. wiss. prakt. Tierhkd. 33, 189-198
- Roberts, M. und F. Hill (1974): The mucosa of the small intestine of the horse. A microscopical study of specimens obtained through a small intestinal fistula. Equin. Vet. J. 6, 74-80
- Schalk, A. und R. Amadon (1921): Gastric motility studies in the goat and in the horse. J. Am. Vet. Med. Ass. 59, 151-172
- Schebitz, H. (1952): Carotisvorlagerung und Jejunumfistel am Pferd. Tierärztl. Umsch. 7, 310-313
- Scheunert, A. und A. Trautmann (1921): Zum Studium der Speichelproduktion I. Pflüg. Archiv. 192, 1-32
- Schulz, C. und H. Hertwig (1834): De alimentorum concoctione experimenta nova. Berlin, Hirschwald
- Simmonds, H. und E. Ford (1988): Multiple cannulation of the large intestine of the horse. Brit. Vet. J. 144, 449-454
- Stick, J., F. Derksen und E. Scott (1981): Equine cervical esophagostomy. Am. J. Vet. Res. 42, 727-732
- Teeter, S., W. Nelson und W. Stillions (1968): Cecal fistulation in the horse. J. Anim. Sci. 27, 394-404
- Tiedemann, F. und L. Gmelin (1820): Die Verdauung nach Versuchen. Bd. 1 u. 2. Heidelberg/ Leipzig, Groos
- Wilkens, P. und J. Lowe (1993): Technique for long-term right dorsal colon fistulation in ponies. Am. J. Vet. Res. 54, 183-184

Prof. Helmut Meyer
Kaulbachstraße 11
30625 Hannover