

Aus der Chirurgischen Klinik und Poliklinik
der Universität Würzburg

Direktor: Prof. Dr. med. Arnulf Thiede

**Die Entwicklung chirurgischen Nahtmaterials
als Voraussetzung und Folge operativer Tätigkeiten
und wissenschaftlicher Forschung**

Historische Wurzeln der verschiedenen Nahtmaterialeigenschaften

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der
Medizinischen Fakultät
der
Bayerischen Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg

vorgelegt von
Monika Franziska Maria Flury
aus Dresden

Würzburg, Dezember 2002

Referent: Prof. Dr. med. Arnulf Thiede

Korreferent: Prof. Dr. med. Dr. phil. Gundolf Keil

Dekan: Prof. Dr. med. Stefan Silbernagl

Tag der mündlichen Prüfung: 13. Mai 2003

Die Promovendin ist Ärztin.

Meinen lieben Eltern und ihren Familien

It is likely that most animals and birds have had their tissues used as sutures, and the same for plants and vines that have the capability of forming fibres.

Sewell (1959) A brief history of sutures (vgl. S. 9)

Inhaltsverzeichnis

1	Historische Wurzeln der verschiedenen Nahtmaterialeigenschaften.....	1
	Tab.1 Kriterien zur Beschreibung und Evaluierung chirurgischen Nahtmaterials.....	3
2	Konstitutions-Merkmale.....	5
2.1	Beschaffenheit.....	5
2.1.1	Nichtresorbierbarkeit.....	5
2.1.1.a	Pflanzliche Nahtmaterialien.....	5
	Leinenzwirn.....	5
	Baumrinde.....	8
	Dornen.....	8
	Schleimharze.....	8
	Pergament.....	9
2.1.1.b	Nahtmaterialien tierischen Ursprungs.....	9
	Ameisennaht.....	9
	Haare.....	10
	Federkiele.....	11
	Seide.....	12
	Silkwormgut.....	13
2.1.1.c	Metalle.....	13
2.1.1.d	Synthetische nichtresorbierbare Nahtmaterialien.....	15
	Polyvinylalkohol.....	15
	Polyamide.....	16
	Polyolefine (Polyethylen, Polypropylen).....	16
	Tab.2 Aufkommen nichtresorbierbarer Nahtmaterialien seit 2000 v.Chr.....	17
2.1.2	Resorbierbarkeit.....	18
2.1.2.a	Nahtmaterialien tierischen Ursprungs.....	19
	Tiersehnen.....	19
	Darmsaiten.....	19
	Weitere Kollagenfasern.....	22
	Tab.3a Aufkommen resorbierbarer Nahtmaterialien von 500 v.Chr.-1961 n.Chr.....	22
2.1.2.b	Synthetische resorbierbare Nahtmaterialien.....	23
	Polyglykolsäure.....	23
	Polyglactin 910.....	23
	Polydioxanon und Polyglyconat.....	23
	Polyglecapron.....	24
	Tab.3b Aufkommen resorbierbarer Nahtmaterialien von 1968-2000 n.Chr.....	24

2.2	Fadenaufbau.....	25
2.2.1	Filament-Architektur.....	25
	Multifilamentär.....	25
	Abb. Fadenarchitektur.....	27
	Abb. 1 – Art der Verarbeitung von Seide (Steinbrück).....	27
	Abb. 2 – Filamentarchitektur.....	27
	Gedreht.....	28
	Monofilamentär.....	28
	Pseudomonofilamentär.....	29
	Tab.4a Die Entwicklung des Fadenaufbaus von 30 v.Chr.- 1932 n.Chr.....	31
	Tab.4b Die Entwicklung des Fadenaufbaus von 1935- 2000 n.Chr.....	32
2.2.2	Oberflächeneigenschaften.....	33
2.2.3	Durchmesser.....	33
2.2.4	Beschichtung.....	34
	Imprägnierung.....	36
	Paraffinierung , Oberflächenglättung, (Ummantelung).....	37
	Chromierung.....	38
	Jodierung.....	38
2.2.5	Farbe.....	39
3	Unterscheidende Parameter.....	40
3.1	<i>In Vitro</i>	40
	Zugfestigkeit (Synonym: Reißfestigkeit).....	40
	Abb. Zugfestigkeit.....	42
	Abb. 3 – Zugfestigkeitsprüfung.....	42
	Abb. 4 – Modernes Tensiometer.....	42
	Knotenhalt.....	43
	Dehnbarkeit und Elongation.....	43
3.2	<i>In Vivo</i>	44
	Gewebeverträglichkeit.....	44
	Quellung.....	45
	Dochtwirkung.....	45
	Funktionszeit.....	46
4	Handhabungseigenschaften.....	47
4.1	Handlichkeit.....	47
	Sägewirkung.....	47
	Flexibilität und Geschmeidigkeit.....	47
	Knotengleitfähigkeit.....	48
	Knotenhalt.....	48

4.2	Gewebedurchzugsverhalten.....	48
	Sägewirkung.....	48
	Traumatisierung.....	48
5	Andere Eigenschaften.....	49
5.1	Sterilität.....	49
	Chemische Sterilisation.....	51
	Sterilisation durch Hitzeanwendung.....	51
	Abb. Sterilisationsverfahren.....	53
	Abb. 5 – Dampfsterilisatoren.....	53
	Abb. 6 – Autoklav.....	53
	Gassterilisation.....	54
	Strahlensterilisation.....	54
	Das Problem des Catgut.....	54
	Exkurs:Der lange Weg bis zur Catgut-Sterilisation.....	55
5.2	Armierung.....	60
	Abb.Nadeln.....	65
5.3	Verpackung.....	69
	Abb. Verpackungen und Vorratsbehälter um 1900/10.....	73
	Tab.5 Die Entwicklung der industriellen Fertigung chirurgischen Nahtmaterials...80	
6	Zusammenfassung.....	81
7	Bibliographie.....	85

Danksagung

Lebenslauf

1 Historische Wurzeln der verschiedenen Nahtmaterialeigenschaften

Nichtresorbierbare, resorbierbare, schnell resorbierbare Fäden, beschichtet oder unbeschichtet, geflochten multifil, pseudomonofil oder monofil - dem Chirurgen stehen heutzutage für die Magendarmtrakt-, Gefäß-, Muskel-, Faszien-, Subkutan- und Hautnaht verschiedenste Nahtmaterialien in adäquaten Stärken zur Verfügung. Diese Nahtmaterialien sind das Ergebnis der Erfahrungen operativer Tätigkeiten seit 2000 v. Chr. und gezielter wissenschaftlicher Forschung seit Mitte des 19. Jahrhunderts.

Um 1500 v.Chr. ist die Wundnaht zum ersten Mal dokumentiert (Papyri Edwin Smith und Ebers, Ägypten). Man bediente sich jenerzeit vorwiegend der Leinenfäden oder ähnlicher Materialien zum Wundverschluss. Aus der Literatur sind Hinweise auf weitere Ausgangsmaterialien bekannt, die uns einen Einblick in die operativen Tätigkeiten chinesischer, indischer, ägyptischer, griechischer und römischer Ärzte vor hunderten von Jahren geben. Naturprodukte wie Baumrinde, Dornen, Schleimharze oder auch Pergament werden als Nahtmaterial verwendet. Die von Walter v. Brunn 1928 beschriebene Ameisennaht, die als Ursprung der heutigen Wundklammerung anzusehen ist, wurde schon von arabischen Ärzten wie Abû'l-Qāsim (~1000 n.Chr.) und italienischen Chirurgen wie Mondino de Liucci (1275-1326) und Bruno von Longoburgo(~1252) angewandt. Haare von Mensch und Tier, Federkiele, Darmsaiten und schließlich die Seide komplettieren neben anorganischen Stoffen das Nahtmaterialsoriment bis ca. 1930. Von da an gewannen synthetische Fäden zunehmend an Bedeutung, bis zu den heute bekannten Nahtmaterialien aus z.B. Polyamid (Nylon®), Polyglactin (Vicryl®), Polyglykolsäure (Dexon®) oder Polydioxanon (PDS®) und viele andere mehr.

Zunächst waren die Chirurgen durch das Einbringen von Fremdmaterial in die Wunde mit schwerwiegenden Problemen konfrontiert. Infektionen, Abstoßungsreaktionen und unzureichender Wundverschluss beschreiben nur einen Teil der Komplikationen und Schwierigkeiten, denen ein Arzt, besser der Patient, bei der Wundversorgung ausgesetzt war.

Bis zur Einführung der Antisepsis und Asepsis in der Chirurgie mit Pasteur (1822-1895) und Lord Lister (1827-1912), war der Ausgang nach Versorgung einer Wunde durch die „blutige Naht“ häufig letal.

Während man nun Ende des 19. Jahrhunderts um Sterilisationsverfahren und Darreichungsformen von Nahtmaterialien bemüht war, widmete man sich auch speziellen Handhabungseigenschaften von chirurgischen Fäden sowie – bereits seit Mitte des 19. Jahrhunderts – auch deren Verhalten im Gewebe. Die Armierung chirurgischer Fäden gipfelt um 1920 in der Entwicklung der atraumatischen Nadel-Faden-Kombinationen, die eine minimale Traumatisierung des Stichkanals zum Ziel hatte.

Heute sind chirurgische Nahtmaterialien Mittelpunkt eines ausgereiften Industriezweiges. Ausgangsmaterialien werden hinsichtlich ihres Einsatzbereiches modifiziert, um dem Operateur ein Fadenmaterial maximaler Qualität an die Hand zu geben. Im Interesse ihrer Anwender wird dieses Hilfsmittel zum chirurgischen Wundverschluss weiterhin nach dem aktuellen Stand der Wissenschaft optimiert. In wissenschaftlichen Laboratorien werden Versuche zu den verschiedenen Nahtmaterialeigenschaften durchgeführt und die Erkenntnisse in Studien validiert.

Entsprechend den aktuellen Anforderungen an chirurgische Nahtmaterialien, werden folgende Eigenschaften postuliert:

1. Hohe Fadenreiß- und Knotenbruchfestigkeit
2. Auslösung minimaler Gewebereaktionen/Gewebeschäden
3. Keine Kapillarität und damit kein Aufquellen im Gewebe
4. Infektionshemmung
5. Minimale Dehnbarkeit bzw. reversible, berechenbare Dehnbarkeit (Gummibandeffekt)
6. Gute Handhabung (Flexibilität, Geschmeidigkeit, Knüpfbarkeit)
7. Optimale Knotensitzfestigkeit
8. Resorbierbarkeit

Um ein Nahtmaterial als Mittel zum Wundverschluss einzuordnen und seine Wirkung im Gewebe einschätzen zu können, können folgende Kriterien zur Beschreibung und Evaluierung chirurgischen Nahtmaterials aufgestellt werden:

Tab.1 Kriterien zur Beschreibung und Evaluierung chirurgischen Nahtmaterials

1) Konstitutions-Merkmale	1.a) <u>Beschaffenheit</u> (Degradationsverhalten) Nicht-resorbierbar Resorbierbar 1.b) <u>Fadenaufbau</u> Filament-Architektur Oberflächeneigenschaften Durchmesser Beschichtung Farbe
2) Unterscheidende Parameter	2.a) <u>In vitro</u> Zugfestigkeit (Syn.: Reißfestigkeit) Knotenhalt (Zug- u. Sitzfestigkeit) Dehnbarkeit Elongation 2.b) <u>In vivo</u> Gewebeerträglichkeit Quellung Dochtwirkung Funktionszeit
3) Handhabungseigenschaften	3.a) <u>Handlichkeit</u> Sägewirkung Flexibilität Geschmeidigkeit Knotengleitfähigkeit Knotenhalt 3.b) <u>Gewebedurchzugsverhalten</u> Sägewirkung Reibwirkung Traumatisierung
4) Andere Eigenschaften	4.a) <u>Sterilität</u> 4.b) <u>Armierung</u> 4.c) <u>Verpackung</u>

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es nun, die historischen Wurzeln der einzelnen Eigenschaften aufzudecken und ihre jeweilige Entwicklung bis in die Neuzeit zu verfolgen.

2 Konstitutions-Merkmale

2.1 Beschaffenheit

2.1.1 Nichtresorbierbarkeit

Nichtresorbierbare Nahtmaterialien umfassen chirurgische Fäden, welche im Gegensatz zu resorbierbaren, im Gewebe persistieren. Sie sind oft noch nach Jahren im Gewebe nachzuweisen. Der Begriff „nichtresorbierbar“ ist nicht absolut zu setzen, da sich z.B. Seide, Leinen und Polyamide nach Jahren aufzulösen scheinen. Die Einteilung hat vorrangig klinische Bedeutung. Nichtresorbierbare Nahtmaterialien dienen in der Chirurgie zum Verschluss von Wunden, die entweder auf die langfristige Adaptation durch diese angewiesen sind (z.B. Gefäßanastomosen, Schrittmacherimplantate o.ä.) oder deren Nahtentfernung nach entsprechender Heilungszeit möglich ist (z. B. Hautnähte) sowie keine Nachteile für die Wundheilung des Gewebes entstehen.

Fäden, welche im lebenden Organismus nicht abgebaut werden, können verschiedener Herkunft sein: Pflanzliche Nahtmaterialien, Nahtmaterialien tierischen Ursprungs, Metalle oder synthetische Nahtmaterialien.

2.1.1.a Pflanzliche Nahtmaterialien

Die Suche nach geeignetem Material, mit dem der adäquate Verschluss von Wunden möglich sein sollte, führte den Mediziner hin zu pflanzlichen Rohstoffen. Zunächst griff man auf das zurück, was die Natur bot.

Leinenzwirn¹ (Fäden aus Faserpflanzen)

Mit dem Papyrus Edwin Smith² (Ägypten, um 1500 v.Chr.), als „Aufzeichnung einer uralten chirurgischen Gilde“ (v. Brunn W. 1928), ist die Wundnaht zum ersten Mal in der

¹ Leinenzwirn wird aus Flachfasern hergestellt. Man gewinnt sie aus den Pflanzenstengeln durch Rösten, Brechen und Schwingen. Die Fasern sind 50 – 100 cm lang und besitzen einen Durchmesser von 12 µm – 30 µm. Aus den gehechelten Fasern wird das Leinengarn gesponnen. Zwei oder mehrere Fäden werden zu Leinenzwirn zusammengedreht.

Welt überhaupt sicher belegt. Es beschreibt den Wundverschluss durch Leinenfäden sowie durch Leinenpflaster (Artandi C. 1980) (Tab.2). Auch im Papyrus Ebers³, um 1550 v.Chr. niedergeschrieben, finden sich Hinweise auf den Gebrauch von Leinenfäden zur Adaptation von Wundrändern. Diese Texte sind mit großer Wahrscheinlichkeit wesentlich älter als ihre Niederschrift; aufgrund philologischer Kriterien können sie bis in die Zeit vom Alten Reich zurückreichen (2640-2135 v.Chr.).

Aus Textandeutungen griechischer und römischer Ärzte der Antike ist die Verwendung von Leinenzwirn zu entnehmen (Ölschlegel et al. 1986). Circa 200 v.Chr. war der Leinenfaden in die chirurgische Wundbehandlung bei Antyllus integriert (Goldenberg I. 1959). Ein Faden aus gallischem Leinen (Filum gaietanorum) aus dem Land der Kelten war zur Zeit des Galen (129-216 n.Chr.) im römischen Reich bekannt (v. Brunn W. 1928) (Teubner E. 1973). Ligaturen wurden von Galen und auch Oreibasius (325- ~395 n.Chr.) mit starken Zwirnsfäden durchgeführt (Teubner E. 1973). Wie schon Celsus (1. Jh. n.Chr.), betonte auch Galen die Notwendigkeit, bei Gefäßligaturen einen Faden aus nicht leicht faulendem Material zu verwenden (Erhardt E. 1910), daher empfahlen sie Leinenfäden (Mucker A. 1990). Abû'l-Qāsim (gestorben ca. 1100) verwendete auch Zwirn zur Gefäßligatur (Schipperges H. 1967). Durch Abû'l-Qāsim ist auch die Verwendung eines „*haardünnen, aus tierischen Eingeweiden abgekratzten und am Ende an einen dünnen Leinenfaden geknüpften, gut gereinigten und in eine Nadel gezogenen Fadens*“ zur Darmaht beschrieben (Nöthiger et al. 1980).

Avicenna (980-1037 n.Chr.) aus Persien griff auf Leinenfäden zurück, die ihm aber zu schnell rissen, worauf er sich bald einem anderen Nahtmaterial zuwandte, den Schweineborsten (Mackenzie D. 1973). Bei Guy de Chauliac ist 1360 eine Naht aus Werg, Abfallfasern bei der Flachs- und Hanfspinnerei, beschrieben (Gurlt E. 1964) und 1460 wird der Leinenfaden zum Wundverschluss durch Leonardo Bertapaglia (hat um 1520 in Padua Chirurgie gelehrt) belegt (Goldenberg I. 1959). Fabrizio ab Aquapendente (1537-1619) empfahl leinene Fäden, gedreht und gewichst, „damit sie sich nicht „*döhnen*“ mögen.“

² Auch Papyrus der Wundheilkunde genannt, behandelt in hieratischer Schrift (Hieroglyphen) 48 topographisch geordnete Fälle von Wunden, Brüchen, Verrenkungen und Geschwülsten (Ölschlegel et al. 1986)(Nockemann P. F. 1980).

³ Bedeutendes medizinisches Papyrus, mit fast 900 Rezepturen und Anweisungen für Diagnosen und Therapien in Allgemeinmedizin und Ophthalmologie. Es ist auf 20m Länge die größte medizinische Sammelhandschrift des ägyptischen Altertums (Ölschlegel et al. 1986).

(Köhler A. 1901). Ambroise Paré (1510-1590), der vom Barbier zu einem der größten Chirurgen aller Zeiten wurde, bediente sich zur Ligatur von Gefäßen feiner Leinenstreifen (Retzlaff K. 1928): Leinenfäden seien „fest und weniger anfällig fürs Faulen; er zog sie der Seide vor, weil Seide sich wegen der Weichheit des Knotens zu leicht löste (Gurlt E. 1964) (Mucker A. 1990). Auch Fabrizio Hildanus (1560-1634) aus Düsseldorf verwendete Hanffäden zur Unterbindung (Morgenstern R. 1880).

Doch bedingt durch die zunehmenden Erkenntnisse und Erfahrungen in der Chirurgie, wurde schon früh auf Probleme des Leinenzwirns aufmerksam gemacht. Um der Fäulnis des Nahtmaterials vorzubeugen, knüpfte Celsus alle drei Tage an das Ende des eingenähten Leinenfadens einen neuen an und zog den alten heraus (Ritter A. 1945) (Mucker A. 1990). Als nichtresorbierbar, musste der Leinenfaden am Ende der Wundheilung wieder entfernt werden. So schreibt Lorenz Heister (1683-1758) schon 1719 in seinem Werk „Chirurgie“, dass *„gewächster leinener oder seidener Faden“ nach Zusammenwachsen der Wundenden wieder entfernt wurde: „da man als dann die Fäden mit einer Scheer zerschneidet und heraus ziehet / die Wunde mit Wund-Balsam und Hefft-Pflaster einweil verbindet / und endlich dieselbe / wie sonst eine gemeine Wunde / zur Heilung bringet.“* (Heister L. 1719). Da aber die Wirkung eines in der Wunde liegenden Fadens teils sehr negativ beurteilt wurde, schien gerade diese Nichtresorbierbarkeit die blutige Naht in Frage zu stellen. Johann Friedrich Dieffenbach (1795-1847) bewertet in seinem zweiten Band der „Operativen Chirurgie“ (1844-49) die Heftung des Bauchfells, die schon Celsus durchgeführt hatte, als *„sehr gefährlich, da zwei aufeinanderliegende Suturen den Wundreiz sehr vermehren müssen, und auch nicht einzusehen ist, wie der Faden aus dem Peritoneum wieder herausgeschafft werden soll, wenn die äußere Wunde geschlossen ist.“* (Dieffenbach J. F. 1848).

Nach bekannt werden der Asepsis schrieb Braun (1907): *„Als bis auf weiteres bestes Nahtmaterial dürfen daher mit einer erstarrenden Masse getränkte Seiden- und Zwirnsfäden zu betrachten sein.“* „Gubaroff hatte nämlich 1896 Leinenfäden ihre unangenehmen Eigenschaften genommen, im nassen Zustand aufzuquellen, sich aufzudrehen, zu verwickeln und schwierig einfädeln zu lassen“ (v. Gubaroff A. 1896) (Mucker A. 1990). Leinen- bzw. Baumwollzwirn gehörten in der Chirurgie lange Zeit zu den weit verbreitetsten Nahtmaterialien (Nockemann P. F. 1980).

Auch Fäden aus anderen Faserpflanzen fanden in der Antike Verwendung in der Chirurgie. In der Āyurveda⁴ werden außer Fäden aus Leinen, Hanf⁵ und Leinen⁶ genannt (Köhler A. 1901); Sûsruta (~500 v.Chr.) hinterlässt ein umfassendes systematisch geordnetes Lehrbuch über die Chirurgie der größten Zeit der indischen Heilkunst (v. Brunn W. 1928). In der Sûsruta-Samhitā⁷ wird u.a. die Wundnaht mit Leinen und Hanf (Teubner E. 1973) beschrieben. Auch in der Chirurgie des alten Orients finden wir Zeugnisse der Verwendung von Hanf als Nahtmaterial; es findet Erwähnung bei geburtshilflichen Korrekturen, in der plastischen Chirurgie, urologischen Operationen und anderen (Schipperges H. 1967).

Baumrinde

Von China weiß man über den Wundverschluss mit Fäden aus der Rinde des Maulbeerbaumes (Gurlt E. 1964) (Köhler A. 1901) (Tab.2).

Dornen

Auf dem afrikanischen Kontinent war die Naht mittels Dornen bekannt (Gurlt E. 1964), die uns in englischsprachiger Literatur genauer als Stacheln von Akazien beschrieben werden. So benutzten um 500 v.Chr., nach Ashley, „*die Somali und andere afrikanische Stämme* [...] *[diese] zum Wundverschluss*“ (Kort J. 1969).

Schleimharze

Auch Schleimharze wurden als Nahtmaterial verwendet, besonders Guttapercha⁸ und Kautschuk. Guttaperchanähte waren dehnbar und konnten auch in schwer zugänglichen

⁴ Altindische Heilkunde in Sanskrit (Die Weisheit des langen Lebens, oder die Wissenschaft des Lebens), dem großen indischen Werk über Medizin, das medizinische Erfahrungen der Brahmanischen Zeit (von ca. 600 v.Chr. bis 1000 n.Chr.) beinhaltet und „von Weisen geschautes Wissen“ darstellen soll.

⁵ *Cannabis sativa*, eine Faser- und Ölpflanze aus dem nördlichen Zentralasien.

⁶ *Linum usitatissimum*, auch Flachs genannt. Uralte Nutzpflanze Europas und Vorderasiens.

⁷ Zwei alte Schriften der brahmanischen Periode überliefern uns die āyurvedischen Texte: die Sûsruta-Samitā und die Caraka-Samitā. Die Sûsruta-Samitā wurde spätestens im 3. Jh. n.Chr. verfasst und behandelt in sechs Büchern ausgiebig die große und kleine Chirurgie. Sie galt als Anhaltspunkt für den mündlichen Unterricht in Chirurgie, und hatte so den Charakter eines Lehrbuches.

⁸ Guttapercha ist der eingetrocknete Milchsaft der im malaiischen Archipel heimischen Baumart *Isonandra Gutta*; er bildet eine braune, schwammige, unelastische Masse; Guttapercha kann wie Kautschuk vulkanisiert und zur Herstellung von Pflastern und Verbandmaterial verwendet werden (Brockhaus, Bd.2, s.460).

Gebieten eingesetzt werden. Sie hatten auch den Vorteil keine „schlechten Stoffe“ zu absorbieren und nicht in der Wunde nicht anzuschwellen. Schließlich konnten sie in jeder Dicke hergestellt werden und ermöglichten immer einen festen Knoten (Morgenstern R. 1880) (Mucker A. 1990). Obwohl einige Autoren Vorzüge bei der Anwendung von Kautschuk sahen, konnte dieser sich in der Chirurgie nicht etablieren.

Pergament

Ein anderes pflanzliches Nahtmaterial machte sich im Mittelalter einen Namen: Pergament. Es soll in der Chirurgie zum Beispiel als Darmnaht Verwendung gefunden haben (Gurlt E. 1964). In Europa waren Fäden aus Pergament im ganzen Mittelalter in Gebrauch (Köhler A. 1901).

2.1.1.b Nahtmaterialien tierischen Ursprungs

So wie sich der Chirurg Materialien aus der Pflanzenwelt zunutze machte, hielt er auch in der Tierwelt Ausschau nach geeigneten Geweben für die Herstellung eines brauchbaren Nahtmaterials. In „A brief history of sutures“ schreibt Sewell (1959): *„It is likely that most animals and birds have had their tissues used as sutures, and the same for plants and vines that have the capability of forming fibres.“*

Ameisennaht

Eine der beeindruckendsten und ältesten Arten des Wundverschlusses ist die zu Zeiten des Sûsruta in Indien angewandte Ameisennaht. Diese ist als Vorläufer der heutigen Wundklammerung anzusehen. Zur Naht des verletzten Darmes wurden schwarze Ameisen verwendet, was sich in der Volksmedizin in Nordafrika und Kleinasien bis zu Beginn des 20. Jahrhunderts beobachten lässt (Nöthiger et al. 1980). Es werden auch rote Ameisen bzw. große bengalische Ameisen empfohlen (v. Brunn W. 1928) (Teubner E. 1973).

Zu Hippokrates` Zeiten (~460 v.Chr.) ist die von den Indern ausgeführte Adaptation der Wundränder durch Ameisen oder Käfer als Nahttechnik längst übernommen (Kort J. 1969).

In der zweiten Hälfte des 10. Jh. führt Abû'l-Qāsim die Ameisennaht als Alternative zu Hanf, Rindenfasern und Leinen an (v. Brunn W. 1928). Zur genaueren Beschreibung der zunächst befremdlich anmutenden Ameisennaht, ein Auszug aus Abû'l-Qāsims arabischem Lehrbuch des 10.Jh.: *„Schwarze Ameisen beißen sich in den Wundrändern fest, werden dann geköpft, und ihre Zangen bleiben in den Eingeweiden zurück. Die Eingeweide werden in die Bauchhöhle zurückgelegt und der gemachte Einschnitt in der Bauchdecke wird mit einer Nadel vernäht.“* (Köhler A.1901) (Schipperges H. 1967). Über das Mittelalter hinaus ist diese Technik des Wundverschlusses den Medizinern bekannt gewesen; wie lange sie angewendet wurde, kann man nicht exakt nachvollziehen. In der Volkschirurgie hat sie sich länger gehalten als bei den zünftigen Chirurgen.

Nach Abû'l-Qāsim und anderen arabischen Ärzten wendete auch Mondino de Liucci (1275-1326) die Ameisennaht an (Köhler A. 1901). Bruno von Longoburgo, welcher erfolgreich Dünndarmwunden⁹ nähte, beschrieb 1252 die Ameisennaht bei der Darmnaht (Erhardt E. 1910) (Mucker A. 1990). Teodorico Borgognoni (1205-1298), Gabriele Falloppio (1523-1562) und Berengario da Carpi (1470-1530) sprachen sich gegen diese Naht aus (Köhler A. 1901). Auch Matthäus Purmann (1648-1721) lehnte die Ameisennaht ab (Morgenstern R. 1880), dies ist aber dennoch Zeugnis dafür, dass diese Art des Wundverschlusses überhaupt ein Thema in der Medizin war. Sie hat Jahrhunderte überdauert, fand nachgewiesenermaßen noch 1821 in der Türkei Verwendung und ist noch zu Ende des 19. Jahrhunderts in der Volksmedizin Kleinasiens nachweisbar. Von brasilianischen Indianern wurde noch 1924 darüber berichtet (v. Brunn W. 1948) (Mucker A. 1990).

Haare

Haare vom Mensch und Tier wurden ebenfalls zum Wundverschluss gebraucht. Sowohl in der Āyurveda als auch in der ägyptischen, griechischen und römischen Medizin waren Haare als Nahtmaterialien bekannt. Hippokrates bediente sich, um der Gefahr der leichten Fäulnis von Leinenfäden zu begegnen, eines der Fäulnis nicht ausgesetzten Pferdehaares, mit dessen Hilfe ein neuer Leinenfaden in die Naht eingeführt werden konnte (Ritter A. 1945) (Mucker A. 1990). Auch in den Lehren des Paulus von Aegina (625-690 n.Chr.),

⁹ Roger Frugardi (ca.1140-1195) erprobte bereits 80 Jahre zuvor erfolgreich eine Vorstufe des Murphy-Kopfes, indem er durchtrennte Dünndarmschlingen über einem paßgenauen Holunderholzrohr durch Naht zusammenfügt (Keil G. 2002)

einer der letzten Ärzte der alexandrinischen Schule, finden sich Hinweise auf die Verwendung von Pferdehaar (Goldenberg I. 1959) (Morgenstern R. 1880). Auch in der arabischen Chirurgie wird von Haaren Gebrauch gemacht: Rhazes (850-923 n.Chr.) verwendete in Ägypten bei seinen Operationen unter anderem das Pferdehaar (Snyder C. 1976) und Abû'l-Qāsim (~1100) verwendete ebenfalls Haare (Schipperges H. 1967).

Im 16. Jahrhundert werden Jungfrauenhaare als das geeignete Nahtmaterial für die Darmnaht gehandelt. Franz Joël „*primus*“ (1508-1579), Professor der Medizin in Greifswald, empfahl diese ausdrücklich zum Nähen (Köhler A. 1901). In der Augenchirurgie, der ältesten Mikrochirurgie, fädelt man im 19. Jahrhundert das zerbrechliche Frauenhaar vorbereitend in winzigen Öhrnadeln (Ethicon), 1909 wurde Frauenhaar gezielt bei Experimenten der Gefäßnaht angewandt (Sofoteroff S. 1911). Das Haar wurde genauesten Untersuchungen auf seine Eigenschaften hin unterzogen, was schon darauf hin weist, welche Bedeutung der Beschaffenheit eines Nahtmaterials zukommt. 1917 berichtet Wolfgang Rosenthal aus dem chirurgisch-poliklinischen Institut der Universität Leipzig über die Anwendung von Pferdehaar zur Naht des Gaumens und weist gleichzeitig auf den erfolgreichen Einsatz dieser Faser in England und Amerika (Rosenthal W. 1917). Es soll bis 1940 in der plastischen Chirurgie Amerikas zum Einsatz gekommen sein (Snyder C. 1976) (Mucker A. 1990).

Federkiele

Guy de Chauliac, unter anderem durch seine 1363 in Avignon vollendete „*Chirurgia magna*“ bekannt, dem Höhepunkt der Chirurgie des Mittelalters, verweist - basierend auf die Kenntnisse Paulus von Aeginas und Galens - auf die Verwendung von Federkielen zur Naht (Gurlt E. 1964) (McVaugh M. 1996).

Seide¹⁰

Seide ist das älteste bekannte Nahtmaterial tierischen Ursprungs, das auch heute noch in Gebrauch ist. Die Seidenraupenzucht aus China ist seit vielen Jahrhunderten v. Chr. bekannt. Seide findet in einem der ältesten Schriftstücke der ägyptischen Medizin (um 1500 v. Chr.), dem Papyrus Smith, bereits Erwähnung (Goldenberg I. 1959).

Guy de Chauliac, der ein entschiedener Anhänger der Naht war, gibt an, er habe mit Seide genäht (Morgenstern R. 1880). Mondino di Liucci, André du Laurens (gest. 1609) und Luiz de Mercado (1520-1600) gaben ebenfalls der Seide den Vorrang, weil Seide nicht so leicht faule (Ritter A. 1945). Heinrich von Pfolspeundt (Mitte des 15. Jh.), Wundarzt, der wahrscheinlich als erster im deutschsprachigen Raum Schusswunden überhaupt erwähnt, nähte die Wunden meist nicht; nur in wenigen Ausnahmen wie bei den Bauchwunden erkannte er die Naht als zweckmäßig an - für diesen Fall bediente er sich eines grünen Seidenfadens, den er sieben Tage liegen ließ (Teubner E. 1973). Nach Meinung von Giovanni Andrea della Croce (~1560), Gabriele Falloppio und Jacques Guillemeau (1550-1613), neigten jedoch gerade Seidenfäden zum Aufquellen und Faulen (Köhler A. 1901).

Noch vor der Entwicklung der Asepsis berichtete 1839 auch der berühmte Pariser Chirurg Alfred Velpeau (1795-1867) über erfolgreiche Versuche mit Seide zu nähen, welche zuvor 1815 von Sir William Lawrence (1783-1867) in London gemacht worden waren. Wohl der größte Teil der damaligen Chirurgen bediente sich für Wundnähte und Gefäßligaturen der Seide (Ritter A. 1945) (Mucker A. 1990).

Um 1870 war in England und Frankreich vorwiegend Seide als Nahtmaterial in Gebrauch (Toellner R. 1990). Am Anfang des 19. Jh. war auch die gefärbte deutsche Seide auf dem Markt. Später, Mitte des 19. Jh., setzte mehr und mehr sich die chinesische Seide durch (Morgenstern R. 1880). Theodor Kocher (1841-1917) aus Bern, arbeitete zunächst mit Catgut, später (um 1880) vorwiegend mit Seide. William Halsted (1852-1922) aus Baltimore, war besonders beeindruckt ob der Erfolge mit Seide und verwendete seit 1882 in

¹⁰ Seide wird aus den Kokons des Maulbeerseidenspinners (*Bombyx mori*) gewonnen. Die Kokons bestehen aus einem bis 3m langen, hauchdünnen Faden. Er hat einen Durchmesser von 17 - 40µm. Der einzelne Faden ist für die Weiterverarbeitung zu dünn. Durch Verzwirnen mehrerer solcher Fäden entsteht erst der eigentliche Seidenfaden.

Amerika routinemäßig Seide zum Wundverschluss (Goldenberg I. 1959) (Halsted W. S. 1963).

Aufgrund ihrer nichtresorbierbaren Eigenschaft konnte sie in einigen Bereichen nicht mit Catgut konkurrieren. Sie erhielt jedoch ihre speziellen Indikationsbereiche und bleibt in manchen Ländern bis heute im Sortiment der angebotenen chirurgischen Nahtmaterialien. Seide wird entgegen früheren gelegentlichen Behauptungen nicht resorbiert, sondern von großen Zellen, die sich als Folge einer relativ starken Bindegewebeaktion um den Faden herum bilden, eingekapselt (Braun B. 1954).

Silkwormgut¹¹

Silkwormgut, auch „Fil oder Crin de Florence,“ genannt ist ein harter, durchsichtiger und glatter Faden, welcher das Spinnorgan der Seidenraupe darstellt und dadurch gewonnen wird, dass die Raupe kurz vor dem Einspinnen als Puppe 24 Stunden in Essigsäure gelegt und dann einfach auseinander gezogen wird. Der Faden ist sehr fest, leicht zu sterilisieren, absolut glatt, quillt nicht „[...] und würde ein ausgezeichnetes Nahtmaterial darstellen, wenn er bequemer zu Knoten wären“ (Köhler A. 1901). Nach längerer Zeit kann der Faden als Fremdkörper Reizerscheinungen verursachen (v. Mikulicz J. 1904). Silkwormgut¹² konnte sich als Nahtmaterial nicht etablieren.

2.1.1.c Metalle

Metallene Klipps unterschiedlicher Konstruktion wurden von den Römern zur Adaptation der Haut herangezogen. Diese Idee der Wundrändervereinigung geht auf die schon dargestellte Ameisennaht zurück. Bereits bei den Alexandrinern (um 300 v.Chr.) ist die Verwendung von Golddraht beschrieben (Köhler A. 1901). Paulus von Aegina (625-690) bediente sich feiner Drähte zur Herstellung der Knochennaht (Kort J. 1969). Abû'l-Qāsim (~1100) verwendete Golddraht um gelockerte Zähne an benachbarten zu fixieren

¹¹ Guillemeau nennt rohe, ungefärbte Seide Fil d'Espinay, ou de Florence. Diese Fäden hießen auch noch Setole, Sedali, SeegrASFäden, Borstenseide, Silkwormgut, Seidenwurmdarm und fishing gut (auch zum Angeln gebraucht).

¹² Seidenwurmdarm wurde 1936 von der Firma B.Braun, Melsungen als Stereosilk® auf den Markt gebracht.

(Grundmann G. 1979). Auch Fabrizio ab Aquapendente (1537-1619) erkannte Vorteile der Naht mit weichem Draht, er benutzte Goldfäden als Nahtmittel und lobte die Naht mit weichem Draht, der durch Absonderungen nicht angegriffen und in Fäulnis versetzt würde. (Goldenberg I. 1959) (Köhler A. 1901). Gabriele Falloppio (1523-1562) verwendete Metalldrähte zur Bruchsackversorgung (Erhard E. 1910). Im 18. Jahrhundert erbrachten Tierversuche den Nachweis, dass Silber und Platin als Fäden am besten geeignet sind. Matthaues Purmann (1648-1721) nähte mit Silberdraht beispielsweise Zungenwunden. Seit Mitte des 19. Jahrhunderts konnte sich der Silberdraht zunehmend als metallenes Nahtmaterial durchsetzen (Nockemann P. F. 1980).

Doch kein metallener Faden zeigte bei der Anwendung die optimalen Eigenschaften, so wurden im Laufe der Zeit alle verfügbaren Metalldrähte zur Naht verwandt. Zur Anwendung kamen Eisen-, Kupfer-, Blei-, Silber- und Goldfäden (Köhler A. 1901). Die Ausbreitung der Verwendung der Drahtnaht hing in der Folgezeit von der technischen Entwicklung ab. Erst als es gelang, aus Metallen brauchbare Drähte herzustellen, waren die Voraussetzungen für eine breitere Verwendung der Drahtnaht in der Chirurgie gegeben. Die Eisen- und Stahlindustrie des 19. Jahrhunderts lieferte der Medizin neue Materialien. Die Aluminium-Bronze-Legierungen und später die Chrom-Nickel-Eisen-Verbindungen waren Ausgangsstoffe für die Herstellung chirurgischer Fäden (Nockemann P. F. 1980). Als um 1920 der rostfreie Stahl eingeführt wurde, setzte sich dieser als metallenes Nahtmaterial durch (Artandi C. 1980) (Sewell J. H. 1959). Ebenso waren Magnesiumlegierungen als Rohstoff für chirurgische Fäden hoch im Kurs (Nockemann P. F. 1980). Tantalum, das 1803 entdeckt wurde, war in Deutschland dagegen nur kurz als Nahtmaterial in Gebrauch, wohl vor allem während des Zweiten Weltkrieges. Noch in den 80er Jahren des 20. Jh. wurde Tantal in England, Russland und in den USA als Nahtmaterial eingesetzt (Nockemann P. F. 1980).

2.1.1.d Synthetische nichtresorbierbare Nahtmaterialien¹³

Wie jede bahnbrechende Neuerung war auch die Entwicklung der Nahtmaterialien auf unterschiedlichster Basis entweder vom Zufall oder der Neugier und des Eifers der Menschen abhängig. Das Interesse an Kunststoffen wurde beim Chirurgen wachgerufen als sich gezielte Anforderungen an sein Nahtmittel herauskristallisierten. Erst ab etwa 1930 gab es wissenschaftliche Forschungsarbeiten zur Entwicklung synthetischer Nahtmaterialien.¹⁴

Anhand der Tabelle 2 ist das Aufkommen nichtresorbierbarer Nahtmaterialien seit 2000 v. Chr. dargestellt (Tab.2).

Polyvinylalkohol (Synthofil®)

Mit der Entdeckung und Erforschung des Polyvinylalkohols durch W.O. Herrmann und W. Haehnel von der Chemischen Forschungsgesellschaft m.b.H. München, wurde ein bisher völlig unbekannter chemischer Körper gefunden, der alle Anforderungen erfüllt, die an den Grundstoff eines synthetischen Nahtmaterials gestellt werden müssen. Polyvinylalkohol wurde 1931 in Zusammenarbeit von B.Braun-Melsungen und der Wacker-Chemie als erstes synthetisches Nahtmaterial auf den Markt gebracht.

Die polymere Form des Vinylalkohols, der Polyvinylalkohol, ist im Gegensatz zu der monomeren Form nicht fäulnisfähig, widerstandsfähig und temperaturbeständig, den Stoffwechselprodukten des tierischen Organismus nahe verwandt und sterilisierbar. Vor der Verwendung des Fadens aus Polyvinylalkohol als chirurgisches Nahtmaterial wurde das Verhalten des Polyvinylalkohols im tierischen Stoffwechsel untersucht. Dabei konnte festgestellt werden, dass weder der Polyvinylalkohol noch seine lokalen Abbaustufen den

¹³ „Kunststoffe sind hochmolekulare organische Verbindungen, die entweder durch chemische Veränderungen an hochmolekularen Naturstoffen oder durch Synthese aus kleinen organischen Molekülen aufgebaut sind. Das wichtigste Kennzeichen ist der hochmolekulare Zustand. Dieser bedingt normalerweise die Unlöslichkeit der Kunststoffe in den üblichen Lösungsmitteln.“ [...] Zu den Kunststoffen zählt man u.a. Zellulose-Nitrate und Azetate und Umsetzungsprodukte des Eiweißes wie Formaldehyd; aus kleinen Bausteinen aufgebaut und zu den Kunststoffen gehörig sind u.a. Polyäthylen, Polyvinylchlorid und Phenolharz (Kort J. 1969).

¹⁴ Versuche in diese Richtung gab es bereits Jahrzehnte vorher. In den Laboratorien von B.Braun wurde versucht, aus Kollagen bzw. aus Gelatine einen Faden zu schaffen. Die Resultate befriedigten aber nicht. Roith und Dürk berichten über einen unresorbierbaren Zellulose-Faden, den Syrius-Faden, der jedoch nicht zugfest und dessen Ausgangsmaterial Temperaturen von über 100° nicht resistent war. Christ erwähnte einen ähnlichen Faden, das Krinol, das sich praktisch ebenfalls als unbrauchbar erwies (Braun B. 1954).

Organismus in irgendeiner Form schädigen. Das Ausgangsmaterial als solches ist eigentlich resorbierbar, bei der Herstellung des Fadens wird jedoch durch Veränderung des kolloidalen Zustandes der Faden unresorbierbar (Braun B. 1954).

Polyamide (Nylon®, Perlon®, Supramid®)

Die Fortschritte der Textilindustrie bringen Anfang des 20. Jahrhunderts auch die Medizin, speziell die Chirurgie, auf dem Gebiet der Nahtmittelforschung weiter; das Bestreben, moderne medizinische Nähfäden und Ligaturen zu entwickeln, führte 1935 kurz vor Ausbruch des 2. Weltkrieges zur Entdeckung des Polyamid 6 (Perlon®) durch I.G. Farben in Deutschland und Polyamid 6.6 (Nylon®) durch DuPont¹⁵ in den USA (Ethicon).¹⁶ Die aus Polyamid hergestellten Fasern haben eine große Festigkeit, Geschmeidigkeit und Elastizität und haben zudem den Vorteil, dass sie hydrophob sind und in Wasser nicht aufquellen (Braun, B. 1954). Sie haben jedoch die Eigenschaft in Monaten bzw. Jahren zu zerfallen, wobei die Bruchstücke im Organismus verbleiben.

Polyolefine (Polyethylen, Polypropylen = Synthofil®, Mersilene®)

Bereits 1950 wurde Polyethylen als Nahtmittel verarbeitet, 1957 folgte durch Hoechst A.G. das Polypropylen. Beide Stoffe gehören zu den Polyolefinen (Nockemann P. F. 1980). Polyäthylenterephthalat (PET) wurden als „Polyester“ bekannt und um 1960 als hochwertige Materialien in die Operationssäle eingeführt.

¹⁵ Dem Amerikaner Carothers ist es gelungen, eine aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff bestehende Verbindung zu erhalten, die in ihrer Zusammensetzung den natürlichen Eiweißkörpern sehr nahe verwandt ist (Braun B. 1954). „[...] demzufolge sind seine physikalischen Eigenschaften denen der natürlichen Eiweißstoffe Seide und Wolle sehr ähnlich“.

¹⁶ Auf den Markt gebracht wurden diese synthetischen Fäden unter den Namen Synthalon®, Perlon®, Igamid® oder Supramid®. 1939 entstand durch besondere Verarbeitung von Perlon ein Kunststoffaden, der speziell für die chirurgischen Erfordernisse entwickelt wurde, das Supramid® (Nockemann P. F. 1980), dabei handelt es sich um einen ummantelten Polyamidfaden (B.Braun-Dexon).

Tab. 2 Aufkommen nichtresorbierbarer Nahtmaterialien seit 2000 v.Chr.

ZEITALTER	REGION/MEDICUS	NAHTMATERIAL
?	CHINA	Baumrinde
1500 v.Chr.	ÄGYPTEN	Leinenzwirn, Seide, Haare
500 v.Chr.	INDIEN (SUSRUTA)	Haare, Ameisennaht
ca. 500 v.Chr.	AFRIKA	Dornen/ Stacheln
300 v.Chr.	ALEXANDRIEN	Golddraht
100 v.Chr.	EUROPA	Seide
um die Zeitenwende	ÄGYPTEN	Baumwollzwirn
200 n.Chr.	EUROPA (GALEN)	Leinenzwirn
650	PAULUS VON AEGINA	Draht
Mittelalter	EUROPA	Pergament
ca. 1400	GUY DE CHAULIAC	Federkiele
1600-1800	EUROPA	Golddraht, Silberdraht
1800/ 20		Aluminium, Kupferdraht
1850		Messingdraht, Eisendraht
1880	MORGENSTERN	Bronze-Kupferdraht Guttapercha/ Kautschuk
1890		Silberlegierungen, Platin
1901	KÖHLER	Silkwormgut
1901	PICHLER	Aluminium- Bronzedraht
1931		Polyvinylalkohol (Synthofil®)
1935/ 39		Polyamide (Nylon®, Perlon ®)/ Ummantelter Polyamidfaden (Supramid®)
1939-1945		Tantal
1950/57		Polyethylen/ Polypropylen
1960		Polyester
1966		V2A-Stahl
2000		Polybutester (Novafil®, Vascufil®)

2.1.2 Resorbierbarkeit

Unter resorbierbarem Nahtmaterial versteht man chirurgische Fäden, welche sich gegen Ende der Wundheilung bzw. zum erwünschten Zeitpunkt im Gewebe durch Hydrolyse bzw. enzymatischen Abbau „auflösen“. Nicht eingeschlossen sind Stoffe, die zwar nach Jahren nicht mehr im Gewebe nachweisbar sind, jedoch nicht funktionell zu den resorbierbaren Nahtmaterialien zu zählen sind, da ihr „Auflösen“ erst sehr spät eintritt und sie somit nicht die Vorzüge eines resorbierbaren Nahtmaterials im engeren Sinne mitbringen.

Hippokrates beobachtete bei den Nähten mit Leinenfäden einen Fäulnisprozess, der keineswegs erwünscht war. Er wirkte diesem durch Austausch des sich zersetzenden Fadens gegen einen neuen entgegen, welcher mit Hilfe eines der Fäulnis nicht ausgesetzten Pferdehaares eingebracht wurde (Ritter A. 1945) (Mucker A. 1990). Es waren in vergangenen Zeiten nicht primär die Überlegungen über Funktionszeit, welche zur Suche nach resorbierbaren Fäden führten, sondern die Furcht vor der bekannten Fadeneiterung. Besonders an Stellen wo man das Nahtmaterial nicht mehr entfernen konnte, glaubte man die Anwendung resorbierbaren Nahtmaterials als vorteilhaft zu wissen.

Heute steht eine Vielzahl von ultrakurz, kurzfristig und mittelfristig resorbierbar Nahtmaterialien für unterschiedlichste Aufgaben zur Verfügung. Ansätze und Entwicklungsstufen industrieller Fertigung sind jedoch in der wissenschaftlichen und medizinhistorischen Literatur nur verhältnismäßig wenig erfasst. Es handelt sich überwiegend um industrielle Verfahren, die häufig patentiert waren und sind bzw. internes *know how* von Firmen waren und sind.

Das Aufkommen der verschiedenen resorbierbaren Nahtmaterialien seit 500 v. Chr. bis in die Neuzeit ist zusammenfassend in Tabelle 3 dargestellt (Tab.3a und 3b).

2.1.2.a Nahtmaterialien tierischen Ursprungs

Tiersehnen

Bei Sûsruta wurden bereits Tiersehnen bei der Ausführung einer chirurgischen Naht verwendet (Grundmann G. 1979) (Kort J. 1969). Auch in Ägypten, Griechenland und dem Römischen Reich wurden Tiersehnen zu Fadenmaterial verarbeitet (Ölschlegel et al. 1986). Zur Unterbindung von Gefäßen waren Tiersehnen auch im alten Orient bekannt (Schipperges H. 1967). In Nordafrika verwendete man zur Naht in feine Fäden zerfaserte Kamelsehnen (Gurlt E. 1964). Camillo Ferrara (16.Jh.) aus Mailand benutzte bei Darm- und Nerven-naht Fäden aus „sehr feinen Schildkrötensehnen“ (Gurlt E. 1964) (Sofoteroff S. 1911). 1904 berichtet v. Mikulicz über die Verwendung von Renntier- Walfisch- und Kängurusehnen als Rohstoffe. Renntierfäden entstammten dem *Ligamentum nuchae* (v. Mikulicz J. 1904). Es wurden noch Sehnen von Kaninchen, Musetier, Eichhörnchen, Fuchs, Hirsch und Reh als Nahtmaterial erwähnt (Schiller A. 1900).

Noch andere tierischen Ausgangsmaterialien zur Weiterverarbeitung zu Nahtmaterial können belegt werden: Fäden aus Aalhaut (Bartke O. 1912), Ochsen-aorta, Kalbsischiadicus, Schwanzsehnen von Opossum, Känguru, Hund und Ratte (Köhler A. 1901) (Schiller A. 1900). Organische Materialien wie Faszien, Kaninchen-nerven und Nabelschnur kamen ebenso in früherer Zeit zur Anwendung. Neben Sehnen und Leder wurde auch Fischdarm bis 1840 in Experimenten getestet (Goldenberg I. 1959). Gefriergetrocknetes Nahtmaterial aus Rattenschwanzsehnen wurde in der Ophthalmologie noch 1966 eingesetzt (Kutscher et al. 1966).

Darmsaiten

Fasern, die aus Schafsdarm hergestellt wurden, waren wohl die ersten resorbierbaren Fäden überhaupt, welche beim chirurgischen Wundverschluss zum Einsatz kamen (Teubner E. 1973).

In der Āyurveda werden Fäden aus Bogensehnen sowohl bei der Ligatur des Nabelstranges als auch bei der Wundnaht genannt. Es wird angenommen, dass dieses Material aus

Schafsdarm hergestellt wurde.¹⁷ Es wird auch von Galen (131-216 n.Chr.) berichtet, Gebrauch von Darm oder tierischem Gewebe zur Versorgung verwundeter römischer Gladiatoren gemacht zu haben. Der griechische Arzt Antyllus führte im 3. oder 4. Jh. n.Chr. mit der Chorda, der tierischen Darmsaite, Knochen- und Gelenkresektionen, Tracheotomien und die ersten Operationen traumatischer Aneurysmen durch (Ethicon) (Mucker A. 1990).

Oreibasius aus Pergamon (325~395 n.Chr.), nähte verschiedene Wunden mit einem aus Lautensaiten gewonnenen Faden und beschrieb zum ersten Mal die Ligatur einer zerrissenen Schlagader mit der Darmsaite (Teubner E. 1973) (Mucker A. 1990). Mit einem Faden aus Harfen- bzw. Lautensaiten führten sowohl Rhazes (850-923 n.Chr.) als auch Avicenna (980-1037 n.Chr.) Wundnähte durch (Goldenberg I. 1959) (Teubner E. 1973). Rhazes gebrauchte Darmsaiten auch zum Verschluss von Bauchwunden nach Hernienoperationen (v. Brunn W. 1928). Abû'l-Qāsim gebrauchte wahrscheinlich die Taenien tierischer Dickdärme zur Naht von intestinalen Läsionen und gibt damit einen näheren Hinweis auf die Natur der Chorda, mit der die römischen und arabischen Chirurgen operierten. Abû'l-Qāsim schreibt: „*Man kann Darmwunden mit Hilfe von den zarten Fäden vereinigen, die man von tierischen Därmen, denen sie auflagen, abgelöst hat.*“ (Gurlt E. 1964)

Nicht nur der Schafsdarm, sondern auch die Intestina anderer Tiere und Anteile zarter Gitarrensaiten wurden verwendet (Teubner E. 1973). Auch die Chirurgen des Hochmittelalters Roger (12. Jh.) und Rolando Capelluti (13. Jh.) empfahlen besonders bei Wunden der großen Baueingeweide die Verwendung von Darmsaiten. Beide entstammen der ersten Medizinschule Europas in Salerno, die ihre Blüte im 11.-13. Jh. hatte (Grundmann G. 1979). Die Darmsaite gewann immer mehr an Bedeutung. Wie schon Galen, Antyllus und Oreibasius sprachen sich auch im Laufe des 14. Jh. weitere Ärzte für die Darmsaiten als Ligaturmaterial aus. Sie wurden ebenso bei der Knochennaht und als Wundnaht empfohlen, außer bei Gesichtsnähten, da man wohl das Entstehen zu breiter Narben befürchtete. Berengario da Carpi (1470-1530) kannte sowohl die aus Schafsdarm als auch aus dem Intestinum anderer Tiere, sekundär aus Darmsaite und Beständen zarter Gitarrensaiten (Teubner E. 1973) (Mucker A. 1990).

¹⁷ In der Odyssee findet sich der Hinweis, dass die Bogensehne, die Odysseus prüfte, um ihm anschließend liebevolle Töne zu entlocken, aus gespanntem Schafsdarm hergestellt war (Homer, Odyssee XXI, 408 apud. Mucker) (Teubner E. 1973).

Zur Gruppe der Befürworter der Naht mit Darmsaiten zählt unter anderen auch Joseph Dalechamps (1513-1588) aus Caën, Jacques Houllier (16. Jh.) aus Etampes, Laurent Joubert (1529-1583) aus Valence und André du Laurens (gest. 1609) aus Arles. Noch 1889 verwendete Clinton Cushing bei gynäkologischen Operationen Violinensaiten als Nahtmaterial (Goldenberg I. 1959). Doch es gab auch Gegner der Darmsaite. Gabriele Fallopio (1523-1562) und auch Giovanni Andrea della Croce (~1560) hielten die Anwendung der Darmsaite für lächerlich. Obwohl Jacques Guillemeau (1550-1613) die Fäden aus Lautensaiten zwar, „[...] weil sie leicht aufquellen und in der Feuchtigkeit leicht faulen würden“, tadelte, ist es jedoch eher unwahrscheinlich dass er die eigentliche Resorption erkannte (Ritter A. 1945) (Mucker A. 1990).

Der erste Hinweis auf das Wort Catgut findet sich 1599 in einem alten englischen Lexikon von J.A. Murray. Dort bedeutet „kit“¹⁸ oder „cat“ nicht Katze, sondern „*violin, stringed instruments collectively*“ (Teubner E. 1973) (Mucker A. 1990). Darmsaiten sind niemals aus Katzendärmen gemacht worden, sondern aus Rinder-, Schaf-, und Ziegendärmen. Mit der Chorda, der tierischen Darmsaite, nahm die Chirurgie neuen Aufschwung; wegen der großen Verbreitung von Streichinstrumenten im Mittelalter herrschte ein reger Handel mit Darmsaiten. Sie setzte sich in Europa wohl auch aufgrund der Schwierigkeit der Beschaffung und der Kosten von Seide zunächst gegen diese durch (Teubner E. 1973). Der Physiker und Mediziner Thomas Young (1773-1829) aus London nimmt für sich in Anspruch, als erster wieder das resorbierbare Catgut für Ligaturen empfohlen zu haben (1808). Auch Sir Astley Paston Cooper (1768-1841) begann etwa zur selben Zeit (1814) mit Catgut zu arbeiten.

Im Jahr 1816 demonstrierte Philip Syng aus Philadelphia, dass der menschliche Körper gewisse Nahtmaterialien „verdaut“. Damit wurde die Resorption des Catgut einwandfrei nachgewiesen. Seitdem wurde das Catgut – im Gegensatz zu nicht-absorbierbaren Nahtmaterialien als resorbierbares bekannt (Ethicon).

¹⁸ Kit ist die englische Bezeichnung für den Resonanzkörper einer Violine mit drei Saiten, deren unterschiedliche Stärken (Ré, La, Mi) für bestimmte Indikationen empfohlen wurden. „Gut“ bedeutet Darm. So ist im Laufe der Zeit aus Kitgut Catgut entstanden.

Weitere Kollagenfasern

Pferdemuskeln wurden 1926 als Carnofil® in die Kliniken eingeführt, Rindersehnen kamen um 1945 als Collafil® auf den Markt (Nockemann P. F. 1980). Man war auf der Suche nach einem Catgutersatz, als man sich Rindersehnen als Nahtmaterialrohstoff zu Nutze machte. Diese wurden zu einer Kollagensuspension aufgearbeitet, woraus bei weiterer Verarbeitung der Kollagenfaden entstand. Trotz klarer Vorteile wie schnellerer Resorbierbarkeit, gleichmäßiger Fadenbeschaffenheit u.a. konnte sich der Kollagenfaden nicht durchsetzen (Nockemann P. F. 1980).

Tab. 3a Aufkommen resorbierbarer Nahtmaterialien von 500v.Chr. - 1961 n.Chr.

ZEITALTER	REGION/MEDICUS	NAHTMATERIAL
500 v. Chr.	INDIEN (SUSRUTA)	Pflanzenfasern, Leinenfäden, <i>Bogensehnen</i> , Tiersehnen
um die Zeitenwende	ÄGYPTEN	Baumwollzwirn
200 n. Chr.	EUROPA (GALEN)	Leinenzwirn, <i>Darmsaiten</i>
Altertum und Mittelalter		Bogensehnen, Darmsaiten für Musikinstrumente
16. Jh.		„Katgut“
1656	BOUYAUDIERS, FRANKREICH	„resorbierbare“ Darmsaiten, Fäulnisvorgänge ⇔ Resorbierbarkeit
1865	J. LISTER	Resorbierbares Catgut
1866	J. LISTER	Carbol- Catgut
1875	FA. PAUL HARTMANN	Carbol-Catgut
1906/09	INDUSTRIELLE FERTIGUNG	Steril Katgut Kuhn
1908		Soft Catgut
1950-61		Kollagenfäden

2.1.2.b Synthetische resorbierbare Nahtmaterialien

Polyglykolsäure

Davis & Geck entwickelten 1968 die Polyglykolsäure (PGS, Dexon®); es ist ein hydrolyisierbarer Polyester (Nockemann P. F. 1980). Wegen seiner Steife konnte es nur in sehr dünnen Stärken verwendet werden, daher wurde es als geflochtener Faden weiter verarbeitet. Nahtmaterial aus Polyglykolsäure hat sich bereits um 1976 in den unterschiedlichsten Bereichen so bewährt, dass es Catgut und andere resorbierbaren Nahtmaterialien zusehends verdrängte. Es zeigt hohe Reißfestigkeit sowie die gleichmäßige Fadenstärke, so dass der Operateur gegenüber Catgut eine geringere Fadenstärke bei gleicher Nahtfestigkeit verwenden kann (Walsch G. 1976). Im Gegensatz zu Catgut, welches enzymatisch abgebaut wird, erfolgt der Abbau bei PGS durch Hydrolyse, es zerfällt im Gewebe allmählich zu Glykolsäure und hat dabei eine Funktionszeit von ca. 25 Tagen (kurzfristig resorbierbar). Die Gewebereaktion um den Faden fällt deutlich geringer aus als bei Catgut (Artandi C. 1980). 1979 wurde das verbesserte Dexon-S® auf den Markt gebracht (B.Braun-Dexon).

Polyglactin 910

1974 wird das als Vicryl® bekannt gewordene Polyglactin 910 (violett, geflochten und beschichtet) entwickelt; es entsteht durch Copolymerisation der Glykolsäure und Milchsäure (Ethicon). Ähnlich wie PGS-Fäden haben Polyglactin 910-Fäden eine Funktionszeit von ca. 30 Tagen und sind als kurzfristig resorbierbar einzustufen. Vicryl® rapid ist ungefärbt. Es wird bei hoher Ausgangsreißfestigkeit schneller resorbiert.

Polydioxanon (PDS®) und Polyglyconat (Maxon®)

1981 gelingt mit Polydioxanon (PDS®) zum ersten Mal die Herstellung eines monofilen resorbierbaren Nahtmaterials. 1983 veröffentlichen Lünstedt und Thiede Ergebnisse zu Zugfestigkeitsuntersuchungen an dem neuen Nahtmaterial und zeigen die mittelfristige Resorbierbarkeit des Fadens, mit einer Funktionszeit von 60 bis 80 Tagen auf. Ähnlich

verhält sich das 1984 erzeugte Polyglyconat (eine Mischung von Polyglykolsäure und Trimethylencarbonat). Es ist monofil und hat eine Funktionszeit von 40-60 Tagen (Knoop et al. 1987) (Lünstedt B. Thiede A. 1983).

Polyglecapron

1992 kommt Polyglecapron als Monocryl® hinzu. Es ist monofil, resorbierbar; violett oder ungefärbt (für Hautnaht) im Handel. Trotz seiner ultra-kurzfristigen Funktionszeit, hat es eine hohe Ausgangsreifestigkeit und ein günstiges Reifestigkeitsprofil.

Tab. 3b Aufkommen resorbierbarer Nahtmaterialien von 1968- 2000 n.Chr.

ZEITALTER	NAHTMATERIAL
1968/70	Polyglykolsäure (PGS), vollresorbierbares, synthetisches Nahtmaterial (Dexon ®)
1974	Polyglactin 910 (Vicryl ®)
1981	Polydioxanon (PDS)
1984	Polyglyconat (Maxon ®)
1987	Polyglactin 910 (Vicryl ® rapid)
1992	Polyglecapron 25 (Monocryl®)
1998	Polyglykolsäure (Serafit ®)
1999	Glykomer 631 (Biosyn ®)
	Lactomer 9-1 (Polysorb ®)
2000	Glykonat (Monosyn ®)
	Polyglykolsäure (Safil ® quick)

2.2 Fadenaufbau

Unter Fadenaufbau ist die Struktur des chirurgischen Fadens zu verstehen, die bedeutenden Einfluss auf den Anwendungsbereich und die Einsetzbarkeit des Nahtmaterials hat.

2.2.1 Filament-Architektur

Multifilamentär

Einen geflochtenen Faden erhält man durch Verflechten (Klöppeln) dünner Garne. Bei dieser Technik, Einzelfäden miteinander zu einem stärkeren Faden zusammenzufügen, liegen die Fasern mehr oder weniger quer zur Fadenlängsachse (Nockemann P. F. 1992).

Schon im Jahre 30 n.Chr. berichtet Celsus von geflochtenen Fäden (Artandi C. 1980). Seit dem 13.Jh. diskutierte man die Frage, ob der Faden gedreht werden müsse. Lanfranci (gest. um 1306)¹⁹ hatte verlangt: „*filum sit tortum aequale sine nodo*“ (er sei gedreht und ohne Knoten); er führte die Knopfnah mit einer „*dreikantigen Nadel aus, deren Öhr zur Aufnahme des gut gedrehten und gewichsten Fadens versehen ist*“ (Gurlt E. 1964) (Tab. 4a).

Klassisches Beispiel der multifilen Fäden im vergangenen Jahrhundert ist die Seide. Der besseren Zugfestigkeit wegen bevorzugten die Operateure geflochtene Seide (Abb. 1). Der möglichen Dochtwirkung geflochtener Seide, wodurch Gewebeflüssigkeit nach außen und umgekehrt Keime nach innen dringen könnten, begegnet man durch besondere Flechtverfahren und Imprägnierungen. Es gab auch Warnungen, den Faden zu stark zu drehen, weil ein zu stark gedrehter Faden in das Fleisch einschneide (v. Brunn W. 1928). Gabriele Falloppio (1523-1562) beschränkte sich auf die Bemerkung, dass der Faden „*non nimis intortum*“ (nicht zu sehr gedreht) sein solle (Erhardt E. 1910) (Ritter A. 1945). Kamelhaare sind im Mittelalter auch in gesponnener Form in Gebrauch gewesen (Ritter A.

¹⁹ Lanfranci, auch als Lanfranc de Milan bekannt, war Schüler des Wilhelm von Saliceto (~1210-~1280) und gilt bis Guy de Chauliac als bedeutendster Chirurg des Mittelalters.

1945). In der Volkschirurgie Algeriens kannte man neben feinen getrockneten Kamelsehnen auch Fäden aus gesponnenen Kamelhaaren (Gurlt E. 1964). Um 1884 sind in Russland gedrehte Fäden aus dem Nackenband des sibirischen Renttiers in Gebrauch (Schiller A. 1900).

1896 ist man sich bereits einiger Nachteile von polyfilen Fäden bewusst; man bemerkt die Bedeutung des Fadenaufbaus: *„Der große Nachteil der gewöhnlichen Zwirne, der auch bei gedrehter Seide vorhanden ist, ist die schwierige Einfädung und die besondere Eigentümlichkeit dieser Materialien, sich zusammenzurollen, zu verwickeln und Knoten zu bilden. Nur die geflochtene Seide ist von dieser unangenehmen Eigenschaft frei.“* (v. Gubaroff A. 1896).

Auch beim Wiener Draht²⁰ wurde die positive Eigenschaft eines polyfilen Fadens umgesetzt. *„Der Draht hat die Zugfestigkeit der Summe der einzelnen Drähte, nicht aber die Härte, die einem soliden Draht von gleichem Querschnitt zukäme“* (v. Frisch O. 1912); *„er verbindet die Vorzüge des Drahtes – Zugfestigkeit, Dauerwirkung und absolute Sterilisierbarkeit – mit denen der Seide, - er ist geschmeidig, gut knüpfbar mit einfachen chirurgischen Knoten. Er ist geeignet in erster Linie für Knochennaht, dann für Sehnen-, Bruch-, Bauchdeckennaht und für Dammnähte“* (Bartke O. 1912). Blumenthal und Hadenfeldt ließen sich im Jahre 1932 einen gezwirnten Draht aus Magnesiumlegierungen patentieren, der im Gewebe allmählich aufgelöst wird. In den 60er Jahren ist es gelungen, so feine Stahldrähte herzustellen, dass man sie anschließend wieder zu dickeren Metallfäden verzwirnen kann und hierdurch geschmeidige Metallfäden erhält (Nockemann P. F. 1980).

Der geflochtene Polyamidfaden ist im Gegensatz zu der monofilen Form *„weich, aber auch sehr elastisch. Diese hohe Elastizität bedingt eine gewisse Umstellung in der Nahttechnik und erfordert ebenfalls ein drei- bis vierfaches Knoten, wenn Ligaturen, an die hohe Zugbeanspruchungen gestellt werden, festsitzen sollen.“* (Braun B. 1954) (Tab. 4b).

Polyester-Fäden wurden beschrieben als *„ein sehr gleichmäßiges Geflecht mit Seele und noch besserer Zugfestigkeit als die Polyamidgeflechte.“* Sie seien nicht kapillar. Speziell für die Orthopädie kamen Fäden dickeren Durchmessers auf den Markt. Geflochtene

²⁰ Bestehend aus einem Bündel feinsten Aluminium-Bronze-Drähte, nach Art eines Seils gedreht.

Nylonfaden ohne Seele, bestehend aus größeren Einzelfäden, kamen vorwiegend in der Tiermedizin zum Einsatz. (SERAG-Wiessner 1976) (Abb. 2).

Abb. Fadenarchitektur

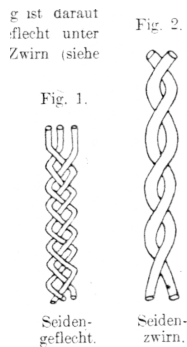


Abb. 1 – Art der Verarbeitung von Seide (Steinbrück).

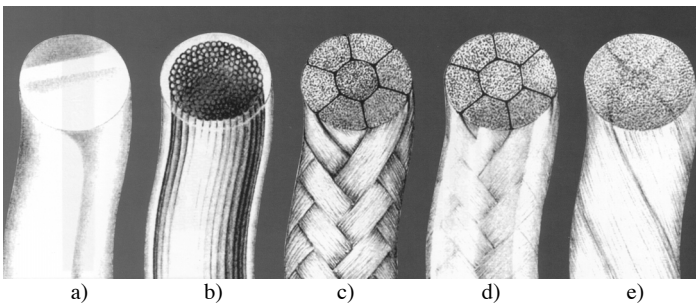


Abb. 2 – Filamentarchitektur: a) Monofil; b) Pseudomonofil ummantelt; c) Geflochten; d) Geflochten beschichtet (Pseudomonofil); e) Gezwirnt beschichtet (Pseudomonofil).

Gedreht

Catgut ist ein aus Darmserosa gedrehter Faden; die im Fabrikationsprozess gewonnenen Catgutstreifen werden zu verschieden starken Fäden zusammengedreht. Nach dem Trocknen wird die Außenfläche der Fäden mit Schmirgel geglättet und vom Staub befreit.

Monofilamentär

Monofile Fäden bestehen aus einem Faden, besitzen eine glatte Oberfläche und im Vergleich zu multifilen Fäden des gleichen Rohstoffes eine höhere Drahtigkeit, will heißen, sie zeichnen sich durch eine geringere Flexibilität im Vergleich zu polyfilen Fäden aus.. Bei dickeren Fäden verschlechtert diese Drahtigkeit, die alle monofilen Fäden besitzen, die Handhabung. Insbesondere lassen sie sich schlechter kneten. Die glatte, geschlossene Oberfläche sowie der völlig geschlossene Innenraum verhindern jedoch bei monofilen Fäden die Kapillarität. Gleichzeitig besitzen sie die beste Gleitfähigkeit durchs Gewebe (Nockemann P. F. 1992).

Alle drei Formen des Fadenaufbaus kann man an dem Nylon beurteilen. Zunächst kam Nylon als *monofiler*, synthetischer Faden auf den Markt, der die spezifischen Eigenschaften eines solchen aufzeigt: Die Fadenenden im Knoten wirken infolge der Homogenität leicht wie Stacheln, was besonders bei vaginalen Operationen zu beobachten ist. Hier wird durch die festgestellten Nachteile eines monofilen Fadens der Ruf nach gezwirntem Nylon-Faden laut. Das Einschneiden ins Gewebe soll so gering wie möglich gehalten werden. Man kann „aus den Schmelzen der Polyamide durch Auspressen Borsten und Fäden jeglicher Stärke herstellen.“

Die Bereitstellung feiner und feinsten monofiler Fäden war nach Engemann et al. neben der Verfügbarkeit von optischen Hilfen wie Lupenbrillen und Operationsmikroskopen sowie geeigneten mikrochirurgischen Instrumenten, Voraussetzung für die Verbreitung der experimentellen Mikrogefäßchirurgie an Ratten in den siebziger Jahren wie auch Grundlage für die gesamte heutige Mikrochirurgie (Engemann R. 1985) (Thiede A. 1977). So kamen monofile Polyamidfäden, besonders in feinen Durchmessern für Haut-, Sehnen-, Gefäß-, Nervennähte, speziell für den Gebrauch in der Mikro- und Neurochirurgie sowie der

Ophthalmologie auf den Markt und ermöglichten so Weiterentwicklung und Verbesserung der chirurgischen Disziplinen.

Pseudomonofilamentär

Zwischen den beiden Gruppen monofiler und polyfiler Fäden stehen die pseudomonofilen Fäden. *„Hier besteht das Fadeninnere, die sog. Fadenseele, aus einem multifilen Material, welches dem Faden seine Geschmeidigkeit bei der Handhabung, insbesondere beim Knüpfen gibt. Die glatte Oberfläche, die dem Nahtmittel die äußere Eigenschaft verleiht, bildet in einem Fall einen mantelartigen Überzug. Dieser kann aus dem selben Rohstoff wie die Fadenseele bestehen. Im anderen Fall sind die verzwirnten bzw. geflochtenen Faserbündel nachträglich mit einer zweiten Gleitmasse dünn beschichtet. Im allgemeinen beträgt diese besser gleitende Außenhaut nur 1-2 % des Fadendurchmessers. Üblicherweise ist die Beschichtung nach Fertigstellung des Fadens nachträglich aufgesprüht. Es resultiert somit lediglich eine hauchdünne bzw. punktuell aufgebrachte Gleitschicht auf dem Fadengeflecht“* (Nockemann P. F. 1980).

Zunächst kamen die Polyamide monofil auf den Markt und fanden mit den speziellen Eigenschaften eines monofilen Fadens Verwendung in Teilbereichen der Chirurgie. Die nächste Entwicklungsstufe des Polyamids (speziell für chirurgische Zwecke entwickelt) führt bereits zur Herstellung der pseudomonofilen Fäden: B.Braun referiert 1954 über die modernen Kunststoffe und ihre Anwendung in der Chirurgie und kommt auf den modifizierten Polyamidfaden zu sprechen: *„Eine besondere Form zwischen dem monofilen und dem geflochtenen Faden stellt das Supramid der Badischen Anilin- und Soda-Fabrik, Ludwigshafen dar. Hier handelt es sich um einen gezwirnten Perlon-Faden, der mit einem Mantel aus dem gleichen Material gleichsam umhüllt ist. Er benötigt infolge seiner glatten Oberfläche ein mehrfaches Knoten“* (Braun B. 1954).

Bei gezwirntem, multifilem Catgut (1982) geht durch Schleifen und Polieren der Oberfläche die Grundstruktur zum Teil verloren, zum Teil wird Catgut heute außerdem noch mit Silikon zu pseudomonofilen Fäden beschichtet. Seidenfäden sind ebenfalls geflochten und zusätzlich mit Silikon oder Bienenwachs zu einem pseudomonofilen Faden imprägniert (Thiede A. Hamelmann H. 1982). Polyesterfäden gibt es auch pseudomonofil.

Die Oberfläche glättet man im allgemeinen mit anderen Kunststoffen wie Polytetrafluoräthylen (Teflon), Polytetramethylenadipat oder Silikonkautschuk.

Der Fadenaufbau absorbierbarer Nahtmaterialien wie Polyglykolsäure und Polyglactin 910 war ursprünglich geflochten multifil, heute sind die PGS-Fäden pseudomonofil, nur sehr kleine Stärken noch monofil (Nockemann P. F. 1980). Heute sind diese Fäden zusätzlich beschichtet, und zwar Dexon mit Polyol, Vicryl mit Polyglactin 370 und Calciumstearat. War der Fadenaufbau ursprünglich somit geflochten multifil, so sind die PGS-Fäden heute pseudomonofil, nur sehr kleine Stärken noch monofil (Thiede A. Hamelmann H. 1982).

Tab. 4a Die Entwicklung des Fadenaufbaus von 30 v.Chr. - 1932 n.Chr.

ZEITALTER	REGION/MEDICUS	FADENAUFBAU
30 v.Chr.	CELSUS	Zusammengedrehte, verzwirnte Fäden
Mittelalter	VOLKSCHIRURGIE ALGERIEN	Gespinnene Kamelhaare Fäden aus Pergament in ganz dünnen Steifen Dünne Leinenfäden
13. Jh.	LAFRANCI FLORENTINUS FALLOPIO	Uneinigkei: Gedrehter Faden versus Zu stark gedrehter Faden
1884	RUSSLAND	Renntiersehnenfäden, gedreht oder ungedreht
1896		Bedeutung des Fadenaufbaus Polyfile Fäden: Gewöhnlicher Zwirn, gedrehte Seide: - Eigentümlichkeit dieser Materialien: - Schwieriges Einfädeln - Sich zusammenrollen - Sich verwickeln - Knotenbildung => Geflochtene Seide (frei von diesen Eigenschaften)
1900	HEIDELBERG	Verspinnen von Fibrillen der Pferdesehnen u. -muskeln zu Fäden unterschiedlicher Stärke
um 1910	KOCHER SPECHTENHAUSER	Forderung nach dünnen Fäden Gedrehte und geflochtene Seide Wiener Draht: aus feinsten Fäden drahtseilartig gedreht (Aluminium-Bronze-Drähte): - Zugfestigkeit der Summe der einzelnen Drähte - Polyfiler Draht weniger starr als monofiler - Gut knüpfbar - Glatter (monofiler) Draht schneidet leichter in Muskel ein
1920/30		Rostfreier Stahl: - Monofil - Polyfil
1932	BLUMENTHAL HADENFELDT	Gezwirnter Draht aus Magnesiumlegierungen Verzwirnter Draht aus Stahl: Vorteile der Verzwirnung feiner Stahldrähte zu dickeren Metallfäden: - Geschmeidige Metallfäden - Bessere Handhabung

Tab. 4b Die Entwicklung des Fadenaufbaus von 1935 - 2000 n.Chr.

ZEITALTER	FADENAUFBAU
1935/1939	Polyamide (Nylon®, Perlon®): Zunächst monofil, später polyfil: - Hohe Zugfestigkeit - Gute Gewebeverträglichkeit - Nicht kapillar - Faden im Innern steril
1939/1946	Polyamid, ummantelt (Supramid®), pseudomonofil: - Mantel aus gleichem Material - Vorteile: Ausschalten der drahtigen Beschaffenheit eines monofilen Fadens und zu hoher Elastizität des geflochtenen Fadens
1950/1960	Polyolefine, Polyester: - Hohe Reißfestigkeit - Gute Gewebeverträglichkeit Polyethylen, Polypropylen Polyethylenterephthalatester (Polyester)
1968	Polyglykolsäure (PGS), geflochten: - Höhere Reißkraft als Catgut und Seide - Höhere Zugfestigkeit als Polyamide
1974	Polyglactin 910, geflochten (Vicryl®)
1976	Spezielle Flechtung des Seidenfadens (NC-Seide): - Hohe Reißkraft (60% der Polyesterfäden) - Hohe Geschmeidigkeit/ Flexibilität - Verminderte Kapillarität - Gute Knüpfbarkeit - Auch pseudomonofil (mit Wachsappretur)
1981	Polydioxanon (PDS®), monofil
1986/1987	Polyglactin 910 (Vicryl® rapid), pseudomonofil: - Geflochten - Beschichtet - Hohe Ausgangsreißkraft - Gute Gewebeverträglichkeit - Gute Knotengleitfähigkeit
1992	Polyglecapron, monofil (Monocryl®)
2000	Polybutester (Novafil®), monofil, beschichtet

2.2.2 Oberflächeneigenschaften

Als Vorteil für den Silberdraht war seine glatte Oberfläche anzusehen, die nicht oxidierte und von keiner Flüssigkeit durchtränkt werden konnte, wie dies z. B. bei der Seide der Fall war (Morgenstern R. 1880). Morgenstern (1880) hielt die Fäden aus Flachs, Hanf und Baumwolle zur chirurgischen Naht ungeeignet, weil sie eine raue Oberfläche hätten, den Wundkanal stark reizen würden und ihr Volumen in den Geweben durch Aufquellung verändern würden (Morgenstern R. 1880) (Mucker A. 1990).

Monofile Fäden haben eine glatte Oberfläche, wodurch bei der Gewebsnaht nur wenig Gewebszellen zertrümmert werden. Weiterhin wirken sie als homogene Fäden nicht als Drain, sodass keine bakterielle Einwanderung von der Haut in die Wunde stattfinden kann.

2.2.3 Durchmesser

Im Mittelalter bediente man sich zur Knopfnahnt einer feinen vierkantigen Nadel. Als Nahtmaterial diente ein Seidenfaden oder *dünner* Leinenfaden. Getrocknete Kamelsehnen wurden gespalten bis sie „*so fein wie Seidenfäden sind*“ (Gurlt E. 1964).

Fäden aus Guttapercha konnten in beliebigem Durchmesser hergestellt werden (Morgenstern R. 1880) (Mucker A. 1990). Ende des 19. Jh. führten Überlegungen zur Fadendicke u.a. zu dem Versuch, Fibrillen aus Pferdesehnen und -muskeln zu resorbierbaren Fäden zu spinnen, um so deren Dicke beliebig zu gestalten (Schiller A. 1900).

Vor diesem Zeitpunkt waren Catgut, Seiden- und Kunststoffäden mit einer Zahlenfolge – 0, 2/0, 3/0 – gekennzeichnet, die einmal keinen erkennbaren Bezug zu irgendeiner Maßeinheit hatte, und der zum anderen in verschiedenen Ländern Europas und den USA unterschiedliche Fadendurchmesser entsprachen. Für Catgut gab es außerdem noch eine Einteilung nach der Dauer der Resorption wie 10 -, 20 -, 30 -Tage-Chromcatgut. Seidenfäden waren nach 1a bis 15a sortiert. Zwirn ordnete man von 120 – 18, 16, 12 und Metallfäden nach Millimeter. Um diesen vielen Systemen entgegen zu treten gibt es seit

dem 1.1.1976 in der Europäischen Pharmakopöe einheitliche Stärkebezeichnungen nach dem metrischen System für medizinische Nahtmittel.

Die Fadenstärken nach der United States Pharmacopea (Amerikanisches Arzneibuch, USP) waren dagegen teilweise willkürlich gewählt und dann weitergegeben worden. Erheblich einfacher und übersichtlicher ist die Stärkenbezeichnung nach der Europäischen Pharmakopöe. Hier wurde das Dezimalsystem zugrunde gelegt. Die Stärkensortierung wird „*metric*“ genannt. Die Stärkensortierung gibt die Fadenstärken in 1/10mm an und sagt bezüglich der herkömmlichen Sortierung wirklich etwas über den Fadendurchmesser aus (z.B.: *metric* 1 = 1/10mm = 0,1mm Fadendurchmesser). Um die Umstellung zu erleichtern und Verwechslungen auszuschließen, geben die Hersteller in der Bundesrepublik Deutschland auf allen Packungen die Fadenstärken in *metric* und in der herkömmlichen Bezeichnung USP an (Harmsen W. S. 1994) (Thiede A. Geiger D. 1998).

Die Stärkeneinteilung der Europäischen Pharmakopöe in *metric* übernahm inzwischen auch die 19. Pharmakopöe der USA. Somit ist praktisch eine weltweit einheitliche Stärkenangabe gesetzlich vorgeschrieben.

2.2.4 Beschichtung

Bei dem Nahtmaterial macht sich, wahrscheinlich in Folge böser Erfahrungen, schon früh das Bestreben geltend, Fäden zu besitzen, die nicht durch Ansaugen des Wundsekretes quellen und die Nahtkanäle zerren und reizen; daher die immer wiederkehrende Vorschrift, stark und fest gedrehte, gut gewichste Fäden zu benutzen.

Im Mittelalter (13./15.Jh.) herrschte Uneinigkeit in der Frage, ob ein Faden mit Fett zu wischen sei oder nicht. Jan Yperman (gest. 1330) z. B., ein Schüler von Lafranci (13. Jh.), nähte mit gewichsten Fäden, um die vorzeitige Zerstörung durch den Eiter zu verhindern (v. Brunn W. 1928) (Mucker A. 1990). Um einerseits einer vorzeitigen Auflösung von Leinen- und Seidenfäden im Eiter vorzubeugen, andererseits (unbekannterweise) das Eindringen von Mikroorganismen in das Fadeninnere zu verhindern, einer Ligatureiterung und Fadenfistelbildung damit vorzubeugen, überzog man die Oberfläche der Seidenfäden mit

Wachs oder Paraffin. Diese „gewichsten“ Fäden erwähnte bereits Henry de Mondeville (14. Jh.) (Diepgen P. 1949).

Gegen Seide sprach sich Fabrizio ab Aquapendente (1537-1619) aus, sie neige zum „durchfretzen“. Dagegen empfahl er leinene und gewichste Fäden, da sie wenige leicht „döhnen“. (Köhler A. 1901) (Mucker A. 1990). Jacques Guillemeau (1550-1613) empfiehlt die rohe, ungefärbte Seide zu wichsen (Köhler A. 1901). Heister empfiehlt 1719 in seinem Werk „Chirurgie“ ebenfalls gewichste Fäden. Später geht er noch genauer auf das Material ein, so handelt es sich vorwiegend um gewichste leinene und seidene Fäden (Heister L. 1719). Kupferdraht wurde mit einer dünnen Schicht Silber überzogen, um ihn vor der Oxidation zu schützen. Man habe sich vor dem Grünspan gefürchtet, so Morgenstern (1880). Diese Furcht, schreibt er weiter, sei aber völlig unbegründet, denn Kupferdrähte würden sich nur wenig im Organismus verändern. Sie würden wie Silberdrähte völlig blank bleiben, so dass eine giftige Wirkung der Kupferdrähte nicht auftritt. (Morgenstern R. 1880) (Mucker A. 1990).

In seinem Kapitel über das Vereinen von Wundrändern schreibt Walther Heineke (geb. 1834) aus Erlangen (1876): *„Die Seidenfäden müssen möglichst dünn und fest sein, und eine recht glatte Oberfläche haben; durch Wichsen kann man die Glätte der Oberfläche vermehren.“* Nach Lister sollen sie auch noch mit Carbolsäure imprägniert sein (Toellner R. 1990).

Bartke (1912) nennt zur Beschichtung beim Leinenzwirn das Wichsen, das Imprägnieren mit Kollodium, Zelluloid oder Formalingelatine zur Vermeidung der Kontamination mit infektiösem Sekret und der Sticheiterung. Auch hatte dieser Faden eine raue Oberfläche und quoll in Flüssigkeit, was wiederum das Einfädeln erschwerte. Dazu verknöteten und verwickelten sich die Fäden häufig. Durch Wichsen konnten diese Nachteile nicht behoben werden. Imprägnierte man jedoch den Seidenfaden mit Zelluloid oder Kollodium, *„...erhielt der Faden dadurch eine große Festigkeit und Steifigkeit, seine Oberfläche wurde glatt und glänzend, eine Imbibition mit Wundsekreten wurde unmöglich“*. Demgegenüber hatte

Silkwormgut²¹, das aus dem Spinnorgan der Seidenraupe gewonnen wurde, eine glatte Oberfläche und dichte Substanz und imprägnierte sich so u.a. nicht mit Lochialsekreten.

In den 60er und 70er Jahren des 20. Jh. wurden Beschichtungen für nicht-resorbierbare Fäden entwickelt und ab Mitte der 70er Jahre wurden vollsynthetisch beschichtete, resorbierbare Fäden wie DexonBicolor® und Vicryl® in den Handel gebracht. Die Beschichtung besteht ebenfalls aus resorbierbarem Material.

Smailys et al. (1979) beschichteten verschiedene medizinische Materialien, darunter auch Nahtmaterialien, mit Antibiotika oder Heparin, mit Hilfe von Elektrophorese und Ultraschall. Dieser Versuch ist jedoch nicht bis zur klinischen Nutzung ausgereift, obwohl dieser Ansatz auch heutzutage in Form von Beschichtung mit Chemotherapeutika (zur Vermeidung von Anastomosenrezidiven z.B.) untersucht werden soll.

Imprägnierung

In der Urologie des 17. Jh. kamen bei der Verengung der Harnröhre Metallsonden zum Einsatz, mit Hilfe derer man Heilmittel einführte. *„Der flämische Chemiker Van Helmont (1577-1644) empfiehlt Sonden aus Wildleder, die mit Bleiweiß oder Leinöl zu imprägnieren sind.“* (Toellner R. 1990).

Im Jahre 1900 schrieb Braun (Braun H. 1900): *„Als bis auf weiteres bestes Nahtmaterial dürften daher mit einer erstarrenden Masse getränkte Seiden- und Zwirnsfäden zu betrachten sein.“* Gubaroff hatte nämlich 1896 Leinenzwirnen ihre unangenehmen Eigenschaften genommen, im nassen Zustande aufzuquellen, sich aufzudrehen, zu verwickeln und schwierig einzufädeln zu lassen. Er tränkte die Fäden mit Celloidin und Photoxylin und ließ sie trocknen. Er rühmte die Billigkeit und bequeme Handhabung dieses neuen Materials und ihre geringe Neigung zur Stichkanalleitung. Auch wurden die Fäden ganz glatt, verwickelten sich nicht, wenn sie in wässrige Flüssigkeiten eingebracht wurden, und waren leicht einzufädeln (v. Gubaroff A. 1896).

²¹ Silkwormgut entsprach (nach Guillemeau, 1515-1613) roher, ungefärbter Seide und wurde auch Fil oder Crin de Florence, Setole, Sedali, Borstenseide, Seidenwurmdarm und fishing gut genannt (Köhler A. 1901).

Da die Seide die Fähigkeit hatte zu imbibieren und es dadurch immer wieder zu Stichkanalleitungen kam, verwendete Schäffer als erster um 1900 imprägnierte Seidenfäden, die mit Guttapercha behandelt wurden (Braun H. 1900).

Auch Pagenstecher (1899) machte diesbezüglich Versuche, diesmal mit celluloidgetränktem Hanfzwirn (Pagenstecher A. 1899). Eine Reihe von Chirurgen ist von der Verwendung des Catguts wieder zurück zu nicht resorbierbaren Fäden gekommen. So bevorzugten Theodor Kocher (geb. 1841) und Lothar Heidenhain (geb. 1860) Seide und Zwirn. Da aber auch diese Fäden durch Ansaugen von Wundsekreten stärker werden, reizen und hässliche Narben hinterlassen, hat man sie an Stelle des früheren Einwischens mit impermeablen Stoffen überzogen, speziell mit Collodium, Celluloid, Gelatine, die entweder nur sterilisiert oder noch antiseptisch präpariert waren. So werden von Carl Braun (geb. 1822) und Goubaroff, Pagenstecher und Schlutius der Cellulidzwirn, Celluloidfäden auch von Keen und Rosenberger empfohlen. Thomalla greift zu Catgut und Seide, beschichtet mit Formalingelatine (Köhler A. 1901). Die Zug- und Knotensitzfestigkeit war bei imprägnierten Faden ganz bedeutend gesteigert (Grundmann G. 1979).

Paraffinierung , Oberflächenglättung, (Ummantelung)

Das Haar wurde nach mechanischer Reinigung mit Wasser und Soda in Paraffinvaseline aufbewahrt. Vor dem Auskochen wurde es eingefädelt und dann vor dem Gebrauch mit der Nadel durch mehrere Schichten Gaze gezogen zur Entfernung des Paraffins. Das Haar rollte sich nach solcher Behandlung nicht auf, klebte nicht an den Händen und ließ sich leicht binden (Sofoteroff S. 1911) (Mucker A. 1990).

Zusätzliches Imprägnieren von geflochtener Seide mit Silikon oder Bienenwachs schafft dagegen auch hier einen pseudomonofilen Faden. Um den Leinenzwirn zu glätten, appetiert man ihn oder gibt ihm einen zelluloidartigen Überzug oder legt ihn in Paraffinöl ein.

Wie vielfältig sich ein Faden unter gleicher Bezeichnung wandeln kann, zeigen die Nahtmittel der Gruppe der Polyglykolsäure und Polyglactin 910, die ursprünglich alle mit einer sehr rauen Oberfläche behaftet waren. Durch Verkleinerung der Filamente, etwa um

die Hälfte, versuchte man hier zunächst einmal Abhilfe zu schaffen. Heute sind diese Fäden zusätzlich noch beschichtet, und zwar Dexon® mit Polyol, Vicryl® mit Polyglactin 370 und Calciumstearat. War der Fadenaufbau ursprünglich somit geflochten multifil, so sind die PGS-Fäden heute pseudomonofil, nur sehr kleine Stärken noch monofil.

„Eine Oberflächenbeschichtung bei PGS mit Polyol (3. Generation der PGS-Fäden [...]), das nach 7 h abgelöst und über die Niere ausgeschieden wird, und bei Polyglactin 910 mit Polyglactin 370 und Calciumstearat (3.Generation der Polyglactinfäden [...]) ändert zwar das Fadendurchzugsverhalten, der Faden ist weniger sägend und im Stickkanal nicht mehr traumatisiert, die Knotensitzfestigkeit erfordert jedoch Knüpftechniken wie bei monofilen Fäden“ (Thiede A. Hamelmann H. 1982)

Chromierung

In der Zeit seit Lister gebrauchten viele Chirurgen das Catgut als Nahtmaterial. Ludwig Rydigier (geb. 1850) *„nähte sowohl mit gewöhnlichem Catgut als auch mit Catgut, welches nach den Richtlinien von Lister mit Chromsäure präpariert war [...] Dass „gewöhnliches“ Catgut, also Catgut plain, schmiegsamer war als das in England erworbene Chromcatgut war auch Rydigier schon aufgefallen“* (Diepgen P. 1949).

Die Resorptionszeit des Collafil® musste durch Chromierung verlängert werden (v. Brunn W. 1928). Die sog. Mantelchromierung erfolgte, um die Resorption des Catgut-plain® zu verzögern (Thiede A. Hamelmann H. 1982). Catgut wurde mit Chromsalzen gegerbt (Chromcatgut). Beim gezwirnten, multifilen Catgut geht durch Schleifen und Polieren der Oberfläche die Grundstruktur zum Teil verloren, zum Teil wurde Catgut mit Silikon zu pseudomonofilen Fäden beschichtet.

Jodierung

Nach 1865 wurde Catgut gespült sowie übergossen und imprägniert mit Jod, Quecksilber, Jodoform, Thymol, Silber, Karbolsäure, Anilinfarbstoff (Williams O. 1961).

2.2.5 Farbe

Für manche Fälle schien es auch von Vorteil, Fäden von verschiedener Farbe anzuwenden. Bei der Darm- und Bauchnaht schnitt man die Fäden nicht ab, sondern führte sie an einem Winkel der Bauchwunde heraus: da war es gut, auch außerhalb der Wunde den Faden, der zum Darm, von dem, der zu einem drainierenden Tampon führte, unterscheiden zu können. Pfolspendt (15. Jh.) gebrauchte mit Vorliebe grüne Seidenfäden, und zur Zeit Guillemeaus²² waren scharlachrote Seidenfäden beliebt (Köhler A. 1901). Gabriele Falloppio (1523-1562) war der gleichen Meinung wie Guillemeau bei der Beurteilung gefärbten Nahtmaterials (Diepgen P. 1949): sie warnten davor, da bei der Färbung oft Gifte (so Arsenik bei Scharlachrot) oder andere schädliche Stoffe dem Körper zugeführt werden könnten (Mucker A.1990) (Ritter A. 1945). Bei der Suche nach dem idealen Nahtmaterial war bereits klar geworden, dass gerade letzteres vermieden werden sollte. Nach Mucker ist heute aus den Quellen nicht mehr zu ersehen, welcher der ursprüngliche Grund für die Färbung der Fäden war, so konnte man einerseits die Fäden im Gewebe besser sichtbar machen oder auch durch unterschiedliche Farben verschiedene Fadenstärken kennzeichnen.

Die Seidenspinnerraupe liefert uns einen cremefarbenen bis orangenen Rohstoff. Wegen der besseren Sichtbarkeit im Gewebe wird die Seide im allgemeinen schwarz eingefärbt bevorzugt. Es dürfen dabei nur solche Farbstoffe zur Einfärbung jeglichen Nahtmaterials verwendet werden, welche gewebeverträglich sind und zu keinerlei Veränderungen des Gewebes führen können. Um einen hellen Farbton beim Leinenfaden zu erzielen, wurden die Fäden gebleicht. Silkwormgut von der Firma B.Braun war blau gefärbt, um ein deutliches Erkennen der Lage im Gewebe zu ermöglichen (Braun B. 1954).

²² Guillemeau, ältester Schüler des Ambroise Paré, wie auch Falloppio und Fabrizio ab Aquapendente, war der Meinung, dass beim Färben Gift an die Fäden komme, so benutzte er neben Hanffäden auch gerne die rohe, ungefärbte Seide (Köhler A. 1901).

3 Unterscheidende Parameter

3.1 *In Vitro*

Zugfestigkeit (Synonym: Reißfestigkeit)

Bartke dokumentiert 1912: Seide riss bei 4100g Belastung, Ramiezwirm¹ hingegen bei 5600g (apud. Madlener M. 1910). Solche Untersuchungen wurden z.B. in einer Baumwollzwirnerie durchgeführt.

Gegenüber anderen Nahtmaterialien zeigt der metallene Faden eine enorme Festigkeit und verdrängt sie gerade bei der Knochennaht. Später kam er ebenso bei der Weichteilnaht (Faszien- und Muskennaht) zum Einsatz.

Die Zugfestigkeit des Fadens hatte in der Mitte des 19. Jh. noch unter der Sterilisation gelitten, besonders, wenn eine Hitzebehandlung erfolgte. Durch Veränderungen des Verfahrens, z.B. statt in wässriger Lösung in 85%igem Alkohol zu kochen, wurde Zugfestigkeit und Knotenfestigkeit besser erhalten.

Dazu gehörte die Brüchigkeit des Silberdrahtes. Auf dem Röntgenbild zu sehen war „das Auseinanderweichen der vor Wochen genähten Fragmente einer gebrochenen Patella“. Als Ursache kam meist das „Zerreißen des Drahtes“ in Frage. 1906 beschäftigt sich M. v. Brunn ausschließlich mit der Nachkontrolle mit Silberdraht genähter Patellarfrakturen, wobei von 12 untersuchten Fällen nur 5 Patienten zur vollständigen Heilung kamen. Infolge des Bruchs des Drahtes kommt es nun bei betroffenen Patienten zum Auseinanderweichen „*noch nicht consolidirter Fragmente und es tritt eine relative Strecklähmung ein; in anderen Fällen drängt das eine Ende des gebrochenen Drahtes gegen die Haut oder ragt in das Gelenk und verursacht dadurch Beschwerden.*“ Die Ursache für das Zerreißen des sehr zugfesten und biegsamen Silberdrahtes sollte erforscht werden. Erste Erklärung war „eine Zersetzung durch Oxydation oder Schwefelverbindung“, ein anderer Ansatz war, „dass

¹ Ein aus den Bastteilen der Rinde der *Urtica nivea* gewonnener Faden, der aus China, den Sundainseln und Indien stammt (Bartke O. 1912).

durch das Zusammendrehen der Enden des Drahtes derselbe an dieser Stelle berste oder wenigstens in seiner Festigkeit geschädigt werde.“ (v. Frisch O. 1912).²

Aluminium-Bronze-Draht nach Sauer ist weitaus zäher als der Silberdraht (Köhler A. 1901), später in der Modifikation durch Spechtenhauser als Wiener Draht bekannt geworden (v. Frisch O. 1912) und vorwiegend für die Knochennaht eingesetzt wurde. Er besteht aus einem Bündel feinsten Aluminiumbronzedrähte, ist nach Art eines Seils zusammengedreht (v. Frisch O. 1912) und enthält 85% Kupfer und 5% Aluminium (Bartke O. 1912). Laut Pichler war der Silberdraht aus seiner Klinik bald vom Aluminiumbronzedraht verdrängt worden (Pichler R. 1901). *„Dieser Draht hat die Zugfestigkeit der Summe der einzelnen Drähte, nicht aber die Härte, welche einem soliden Draht von gleichem Querschnitte zukäme. Er wäre für die Knochennaht und auch für Muskel- und Fasciennaht der geeignetste, wenn er nicht andere Nachteile hätte (Schwierigkeit der Knüpfung und Führung durch Bohrlöcher).“* Da glatter Draht leicht in den Muskel einschneidet, wurde zur Naht von Umbilikalhernien und Rektusdiastasen Seide empfohlen (v. Frisch O. 1912).

Polyesterfäden zeichnen sich durch ihre hohe Reißfestigkeit und durch ihre ausgezeichnete Gewebeverträglichkeit aus (Walsch G. 1976).

Um die Zugfestigkeit von Knoten zu objektivieren, wurden seit den 60er Jahren spezielle Tensiometer entwickelt (Abb.3 u. 4)

Heutzutage ist die Evaluation der Zugfestigkeitsverhalten chirurgischer Fäden weitgehend durch entsprechende Normen geregelt, so z.B. DIN 53455 (Bücheler M. 1999).

² Ein anderer Fall weist die Chirurgen um 1911 darauf hin, wie entscheidend die richtige Wahl des Nahtmaterials für die Heilung der Wunden ist und für jedes Nahtmaterial der Indikationsbereich geprüft werden sollte. Eine 56 jährige Patientin wird „mit den Erscheinungen eines acuten Ileus [in eine Klinik] eingeliefert.“ Die Erklärung erhielten die Chirurgen intraoperativ: eine vor 18 Jahren operierte „Nabelhernie war mit Silberdraht genäht worden, die Drähte waren gerissen und eine Reihe feiner, scharfer, ½ cm langer Stifte ragten durch das Peritoneum in die Bauchhöhle. Diesselben wurden entfernt. Als Ursache des Ileus wurden mehrere Strangulationen gefunden, welche druchtrennt wurden.“ Reconvalensenz nach erneuter Laparotomie aufgrund tiefer Abszessbildung nahm mehrere Wochen in Anspruch. *„[...] dem Silber- (Gold- und Platin-) Draht [steht] kein anderer zur Seit. Durch die Wahl der Stärke des Silberdrahtes können wir im gegebenen Falle stets die absolute Biegungsfestigkeit steigern bzw. herabsetzen, freilich auf Kosten der geringeren oder grösseren Geschmeidigkeit.“* (v. Frisch O. 1912).

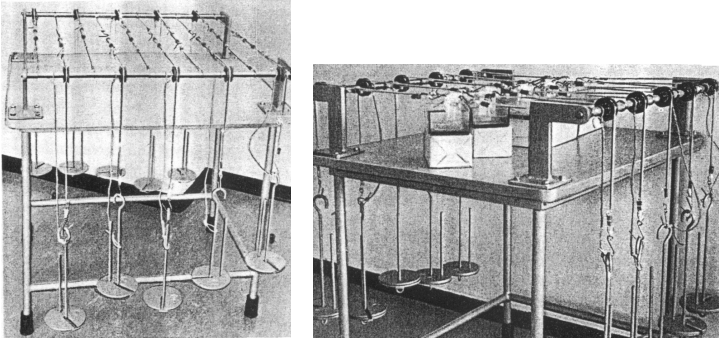
Abb. Zugfestigkeit

Abb. 3 – Zugfestigkeitsprüfung von verschiedenen Knoten nach Penshorn (1967).

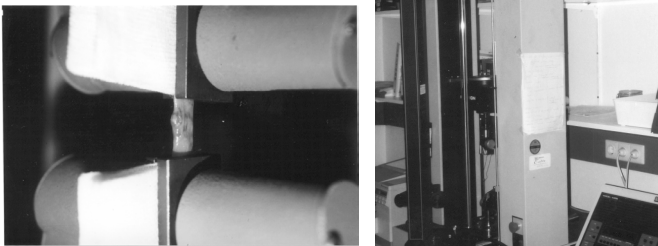


Abb. 4 – Modernes Tensiometer zur Untersuchung von Gewebe und Fäden (Aus dem Fadenlabor der Universität Würzburg).

Knotenhalt

Penshorn (1967) machte Knotenbelastungsuntersuchungen verschiedener Knotenmuster an den Fäden Catgut, Seide, Supramid®, Zwirn und Safil® in verschiedenen jedoch vergleichbaren Stärken. Sie untersuchte den Schifferknoten, den Weiberknoten, den chirurgischen Knoten und den doppelt überkreuzenden Knoten, und kam zu dem Ergebnis, dass dieser letzte Knoten den Belastungen an den verschiedenen Fäden am besten stand hielt. Sie empfiehlt zudem, dass die Fadenstümpfe eine Mindestlänge von 0,5 cm haben sollten.

Thiede et al. (1985) haben in einer Untersuchung verschiedener kurzfristig und mittelfristig resorbierbarer Nahtmaterialien aus physikalischer Sicht unter anderem die Frage untersucht, ob die Weiterentwicklung der kurzfristigen absorbierbaren Nahtmaterialien zu Änderungen in der Knotenfunktion führt. Dazu haben sie den Knotenhalt dieser Fäden anhand von vorgegebenen Gruppen von Schlingen Kombinationen untersucht. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass die Dexon-Plus® und Vicryl-IV® für einen ausreichenden Knotenhalt eine aufwendige Knotenformel erforderten. Dies kann den neuen Beschichtungsverfahren zugeschrieben werden, welche einerseits die Gleitfähigkeit der Fäden durch das Gewebe verbessern, dafür aber diesen relativen knotentechnischen Nachteil aufweisen.

Dehnbarkeit und Elongation

Bei Fäden aus Guttapercha wurde es als Vorteil gesehen, dass sie gegenüber Metalldrähte dehnbar waren und sich auch in schwer zugänglichen Partien anlegen ließen. (Morgenstern R. 1880) (Mucker A. 1990).

Bartke (1912) verlangte unter anderem von einem chirurgischen Faden, dass er möglichst handlich und bequem im Gebrauch sei, dazu elastisch und schmiegsam sowie leicht zu knoten.

Thiede et al. prägten den Begriff der reversiblen Elongation bzw. der minimalen Dehnbarkeit, die heute z.B. im Bereich des Bauchdeckenverschlusses und der Gefäßchirurgie eine wichtige Eigenschaft des Nahtmaterials geworden ist.

3.2 *In Vivo*

Gewebeverträglichkeit

Trotz seiner stark antiseptischen Wirkung wurde der Kupferdraht nur wenig empfohlen, man hat sich wohl vor dem Grünspan gefürchtet, schreibt Morgenstern (Morgenstern R. 1880) (Mucker A. 1990). Von Credé wurde eine antiseptische Wirkung des Silberdrahtes nachgewiesen, doch auch Nachteile wurden diskutiert.

Für Bartke (1912) war die chemische Inaktivität eines Fadens dem Gewebe gegenüber eine Forderung, der jeder Faden genüge tun müsse. Der chemisch aktive Faden sei deshalb störend, weil er Leukozyten anlocken und Sekrete erregen würde.

Seit Einführung des Catgut als resorbierbares Nahtmaterial werden ununterbrochen ernsthaftige Klagen über Wundheilungsstörungen, fast allgemein als „Catgutinfektion“ bezeichnet, vorgebracht. Nicht immer sind diese Infektionen auf Bakterien zurückzuführen. Auf Grund jahrelanger Beobachtungen und eingehender Nachprüfungen im Tierversuch entstehen die Wundstörungen bei Verwendung von mit Chemikalien imprägniertem Catgut. Die meist anorganischen Chemikalien, z.B. Jod, lösen zunächst immer eine Reizung im Gewebe in der Umgebung der Naht aus, die schnell zu einer Serombildung führen kann, die dann ihrerseits den Abbau des Catgut, der durch die Leukozyten bzw. deren Fermente erfolgen soll, verzögert oder vollkommen unterbindet. In diesem Fall bleibt der Catgutfaden, vor allem der Knoten, als Fremdkörper in der Wunde liegen, den abzustoßen sich nun das Gewebe bemüht. So entstehen die Wundstörungen in Form von Seromansammlungen, die sich auf Druck aus dem Stichkanal als gelblichweiße Flüssigkeit entleert, von schmerzhaften Hautschwellungen, sterilen, postoperativen Eiterungen, von ausgedehnten Bauchdeckenabszessen, Ausstoßung der Catgutfäden, die alle die Wundheilung oft um Wochen hinausschieben. Auch das serienweise Auftreten dieser

Wundheilungsstörungen ist auf Reizwirkungen durch stark imprägniertes Catgut zurückzuführen.

Quellung

Die Chirurgen der Antike und des Mittelalters erkannten durchaus in der Quellung des Nahtmaterials ein potentiell Risiko für die Wundheilung. Auch hier muss im Zusammenhang beachtet werden, dass jenerzeit nur wenige Erfahrungen mit der Wundbehandlung mit alkoholischen Lösungen bestanden (Aufbringen von Wein), dies aber weitaus nicht zur effektiven „keimreduzierenden“ Vorbehandlung der Fäden galt. So machte sich, infolge böser Erfahrungen schon früh das Bestreben geltend, Fäden einzusetzen welche nicht durch Ansaugen des kontaminierten Wundsekretes quellen. Durch das Aufsaugen geschah zweierlei: einerseits wurde die Infektsituation durch das Eindringen des Wundsekretes bis zum Entfernen oder Herausfallen der Fäden perpetuiert, andererseits rissen die Fäden durch die Quellung die schon traumatisierten Stichkanäle weiter auf, was wiederum zur Wunddehizens beitrug (Köhler A. 1901).

Fäden aus Guttapercha hatten gegenüber dem Catgutfaden den Vorteil nicht zu quellen (Morgenstern R. 1880) (Mucker A. 1990).

Die Drahtnähte entsprachen den Wünschen der Chirurgen in mehrerer Hinsicht: sie quellen im Gewebe nicht auf und reizen den Nahtkanal nicht zu sehr. Doch sollten sie möglichst fein und auch haltbar sein (Köhler A. 1901).

Das Wischen von Fäden wurde von verschiedenen Chirurgen des Mittelalters zur Vermeidung der Quellung angewandt, so z.B. durch Jan Yperman (gest. 1330), ein Schüler von Lanfranci.

Dochtwirkung

Ähnlich wie die Quellung, war auch die Dochtwirkung schon Ende des 19. Jh. als mögliches Fadenproblem identifiziert worden. Bartke (1912) forderte so, dass der Mangel

an Kapillarität, nach der absoluten Sterilität, die zweitwichtigste Eigenschaft eines Fadens sein sollte.

Funktionszeit

Chlumsky (1899) hat zur Konstruktion von Anastomosenknöpfen auch in Anlehnung an Czerny (1896) grundlegende Gedanken über die Funktionszeit des Nahtmaterials oder Prothese bei der Heilung gastrointestinaler Nähte definiert.

4 Handhabungseigenschaften

4.1 Handlichkeit

Die wohl am meisten geschätzte Handhabungseigenschaft der Fäden im Mittelalter war ihre hochwertige Verarbeitung, die Fäden mussten zum Beispiel „ohne Knoten“ sein. Weiter sollten sie beim Einfädeln keine Schwierigkeiten bereiten, was dadurch vermieden wurde, dass die Fäden adäquat gedreht oder geflochten wurden. Für Henry de Mondeville waren folgende Fadeneigenschaften wünschenswert: die Fäden sollten geschmeidig sein, mitteldick bis dick, der Wunde angepasst, gleichmäßig im Ganzen, knotenfrei und kurz (Mucker A. 1990). Die Fäden sollten weich sein, die Reißfestigkeit aber nicht darunter leiden.

Sägewirkung

Nikolaus Florentinus (gest. 1412) machte darauf aufmerksam, dass Fäden, welche zu stark gedreht waren, durch ihr Sägeverhalten das Gewebe deutlich schädigten. Ein zu stark gedrehter Faden würde in das Fleisch einschneiden.

Flexibilität und Geschmeidigkeit

Über die Eigenschaften des Nahtmaterials Seide schreibt Bartke 1912: „Die Rohseide ist jedoch für das Nähen zu rau. Um die Geschmeidigkeit zu verbessern wird der Seidenleim durch Durchziehen des Fadens durch kochend heiße Olivenöl-Seifenlösung entfernt. Es folgt die Spülung in Sodalösung, das Weißkochen und Schwefeln und schließlich das Trocknen.“ (Bartke O. 1912).

Geflochtene Seide ist gut knüpfbar und gewährleistet einen sicheren Sitz der Knoten. 1980 war man sich einig, dass Polyesterfäden geflochten sein sollten. Geflochtene Fäden sind leichter zu knüpfen als monofile Fäden (Artandi C. 1980). Ein Nachteil des Polyesterfadens war seine Steifigkeit, weshalb er zuerst auch nur geflochten auf den Markt kam (Mucker A. 1990).

Knotengleitfähigkeit

Silkwormgut der Firma B-Braun: Er sei nicht brüchig und lasse sich gut knüpfen (Mucker A. 1990) (Passavant G. 1865). Sowohl Köhler (1901) als auch Morgenstern (1880) bestreiten aber, dass der Faden sich gut knüpfen lasse.

Knotenhalt

Ambroise Paré (1510-1590), bediente sich zur Gefäßligatur der Leinenfäden, die im Gegensatz zur Seide einen besseren Knotenhalt zeigten (Gurlt E. 1964).

4.2 Gewebedurchzugsverhalten

Sägewirkung

Henry de Mondeville verlangte, dass die Fäden beim Durchziehen durch das Gewebe nicht einschneiden dürften (Mucker A. 1990). Schon Gabriele Falloppio (1523-1562) wünschte, dass Fäden nicht zu stark gedreht sein sollen (Ritter A. 1945) (Erhard E. 1910). Walter v. Brunn wies darauf hin, dass wahrscheinlich schon erkannt war, dass ein zu stark gedrehter Faden „*ins Fleisch einschneide*“ (v. Brunn W. 1928). Bei heute verwendeten Fäden wird ebenfalls darauf geachtet, dass sie nur eine geringe Sägewirkung besitzen. Bei PGS-Fäden mit Beschichtung wird bewußt auf eine reduzierte Sägewirkung hingewiesen (Thiede A. Hamelmann H. 1982).

Traumatisierung

Die Vorzüge des Silberdrahtes zeigten sich in seiner Zugfestigkeit, der leichten Führung durch die Bohrlöcher. Nahtmaterial des 20. und 21. Jahrhunderts wie PGS-Fäden, beschichtet mit Polyol, und Polyglactinfäden, umgeben von Polyglactin 370 und Calciumstearat, soll im Stichkanal nicht mehr traumatisieren (Thiede A. Hamelmann H. 1982).

5 Andere Eigenschaften

5.1 Sterilität

Der Weg zum sterilen Nahtmaterial war so lang wie die Suche nach der adäquaten Wundbehandlung. Dieser konnte erst im 19. Jh. aufgespürt werden. „Sterilisieren heißt einen Gegenstand vollkommen keimfrei machen.“ (Deutsches Arzneibuch, 1930) „Als steril darf ein Gegenstand nur dann bezeichnet werden, wenn er frei von allen lebenden Mikroorganismen (vegetative Formen und Dauerformen) ist“ (Knorr M. 1930). Bahnbrechend war hier sicher Louis Pasteur (1822-1895), der 1860 den Streptokokkus in den Lochien einer an Puerperalfieber leidenden Frau entdeckte. Zudem hatte Pasteur gezeigt, wie man das Wachstum der Bakterien durch Hitzesterilisation unterbinden konnte (Ethicon).

Lord Lister¹ (1827-1912) veröffentlichte 1867 unter dem Titel: „*On the antiseptic principle in the practice of surgery*“ erste wichtige Beobachtungen zur Anwendung der neuen bakteriologischen Kenntnisse in der Chirurgie. Es trat eine grundlegende Wandlung in der Beurteilung des Nahtmaterials ein – Walter von Brunn (1928) spricht von der „*größten Zeitenwende in der Chirurgie*“. Aus Pasteurs Ergebnis, dass „*jede Zersetzung oder Fäulnis durch Zuführung lebender Keime von außen bedingt sei*“, folgerte Lister, dass auch die in den Wunden auftretenden Zersetzungen durch äußere Keime entstünden, und es möglich sein müsse, solche Fäulniskeime in der Wunde zu zerstören, die Zuführung neuer Keime zu verhindern und damit die Wundinfektion zu beseitigen. Dies initiierte auch die Bekämpfung von Kontaktinfektionen durch das Nahtmaterial (SERAG-Wiessner 1976).² Nach diesen Erkenntnissen zur Asepsis, Antiseptik und Keimarmut nahmen die Komplikationen bei der Wundheilung merklich ab und Wundinfektionen wie Tetanus, Gas- und Milzbrand konnten nun verhütet werden.

¹ Professor der Chirurgie an der Universität Glasgow, führte 1867 erstmals Begriffe wie Sterilität, Asepsis und Antiseptik in die Chirurgie ein. Operationen wurden unter Einsatz von Karbolspray durchgeführt, die Fäden wurden am Ende einer Operation unter Chloroform eingebracht (Toellner R. 1990).

² Sepsis: eine Infektion, die durch Übertragung pathogener Organismen verursacht ist.
Asepsis: ohne Infektion; eine Bedingung, die wir durch Ausschleiden jeglicher Verunreinigung mittels chemischer, mechanischer oder anderer Maßnahmen zu erreichen trachten.

Antiseptik: die Bekämpfung einer Infektion oder Verunreinigung durch die Benutzung von Mitteln, die gegen Bakterien, Viren und Pilze wirken.

Sterilität: frei von vermehrungsfähigen Keimen.

Doch zurück zu dem langen Weg bis Pasteur. Von der ägyptischen, der indischen sowie der griechisch- römischen Medizin bis ins Europa des Mittelalters und des 17. und 18. Jahrhunderts war den Medizinern das Phänomen der Wundfäulnis mit all ihren Komplikationen ein Dorn im Auge. Die Verwendung chirurgischen Nahtmaterials galt als sehr gefährlich.

Im Papyrus Smith (um 1500 v.Chr.) werden Breie aus Wachs, Fett, Öl, *Honig* und Gerste zum Verschluss der Wunden, Öl- und *Honig*mischungen mit Leinen aufgelegt (Grundmann G. 1979). Ob der aseptische Effekt des Honigs damals schon bemerkt wurde oder nicht, ist nicht sicher. Fakt ist, dass die Heilmixturen das Bienenprodukt meistens enthielten und es als Zusatz erwünscht war. Zur Blutstillung wurden die Wunden mit kaltem Wasser gewaschen und mit Essig oder Wein benetzt, was rückblickend auch der Keimarmut der Wunde diente (Ölschlegel et al. 1986). Bei Homer (1100 v. Chr.) ist von der Wundnaht nicht die Rede; die vor Troja Verwundeten wurden ins Lager zurückgebracht, gelabt und von ihrer Rüstung befreit; dann *die Wunden ausgesogen, mit warmem Wasser gereinigt* und mit zusammengekrüllter Leinwand, auch wohl mit schmerzstillenden Mitteln bedeckt (Köhler A. 1901).

Aseptische Bestrebungen bei der Versorgung von Wunden lassen sich auch im 8. und 7. Jh. v.Chr. nachweisen. Die Juden, deren Medizin sich auf das Wissen der Ägypter stützte, kannten die Wundnaht und legten bei der Wundversorgung größten Wert auf Reinlichkeit, da „*die Hand Entzündung macht !*“ (v. Brunn W. 1928). Auch Hippokrates lehrte Sauberkeit und es gibt Hinweise darauf, dass auf der Höhe der griechischen und römischen Zivilisation einige Chirurgen ihre Instrumente gekocht haben; diese Praktiken gerieten jedoch zunächst mit dem Fall des Römischen Reiches in Vergessenheit.

Von Galen (~200 n. Chr.) wissen wir, dass er sein Nahtmaterial vor der Verwendung in warmen Wein eingelegt und erst direkt zum Gebrauch entnommen hat (Braun B. 1954). Auch Sûsruta im Indien des 5. Jh. v.Chr., legte auf Sauberkeit größten Wert. Er gibt die Erfahrungen der altindischen Volkschirurgie wieder und bemerkt, dass die Wunden vor dem Nähen zur Vermeidung einer Eiterung von Staub, Haaren, Knochensplintern usw. sorgfältig gereinigt werden müssten (Ritter A. 1945). Abû'l-Qâsim (gest. ca. 1100 n.Chr.)

verwendete zur Darmnaht einen „*haardünnen, aus tierischen Eingeweiden abgekratzten und am Ende an einen dünnen Leinenfaden geknüpften, gut gereinigten und in eine Nadel gezogenen Faden*“ (Nöthiger et al. 1980).

Matthäus Purmann (1648-1721), berühmter deutscher Wundarzt aus Schlesien, verwendete sowohl Seide als auch feines Catgut, welches er in der Nacht vorher in Wein einlegte (Köhler A. 1901) (Mucker A. 1990). Teodorico Borgognoni (gest. 1298) bedeckte Wunden mit Substanzverlust mit in warmen Wein getauchter Charpie³, so geht man davon aus, dass die desinfizierende Natur des Alkohols erkannt war (Gurlt E. 1964). So war das Einlegen der Fäden in warmen Wein unter den Mediziner des Mittelalters als Methode bekannt. Neben anderen gebräuchlichen Nahtmaterialien wie z.B. Leinen, wurde auch Pergament, in ganz dünne Streifen geschnitten, in warmem Wein aufgeweicht und stand dann als Nahtmaterial zur Verfügung. Camillo Ferrara (16. Jh.) nutzte zur Darmnaht Fäden aus Schildkrötensehnen, die „*in rothem Wein, der mit Rosmarin und Rosen gekocht war*“ aufgeweicht wurden (Köhler A. 1901).

Chemische Sterilisation

Lord Lister⁴ bewies, dass Wundinfektionen verhindert werden könnten, wenn man Verbandsmaterial, chirurgisches Nahtmaterial und Instrumente mit Karbolsäure desinfizierte (Ethicon). „*Die Fäden werden am Ende der Operation unter Chloroform eingebracht, und später festgezogen*“ (Toellner R. 1990).

Sterilisation durch Hitzeanwendung

Lange vor der Erkenntnis der Asepsis, gelang es Sir Astley Cooper (1768-1841) 1817 die Einheilung eines in Wasser von 100° C getauchten Catguts (SERAG-Wiessner). Dies ist

³ Charpie ist zu vergleichen mit Flachsfaser, Leinenfaser, die zu einem Tuch versponnen wurden. Eingesetzt zur Wundversorgung (Abdecken, Auslegen von Wunden).

⁴ Lister vermutete, dass in den porösen Zwischenräumen der zu den Ligaturen verwendeten Leinen- und Seidenfäden sich fäulnisserregende Keime befänden, die Ursache für spätere Eiterungen und Entzündungen sein könnten. Um die Richtigkeit seiner Vermutung beweisen zu können, machte Lister 1867 folgenden Versuch: Er unterband mit einem in Phenollösung getauchten Seidenfaden die linke Kopfschlagader eines Pferdes und versorgte die Wunde nach der von ihm entwickelten Methode. Da dieser Versuch ein voller Erfolg wurde, wendete er 1868 das Verfahren bei einer Aneurysma (Schlagader-) Operation an einer 51 Jahre alten Frau mit dem gleichen guten Ergebnis an.

womöglich die erste Beschreibung einer effizienten Anwendung der Hitzesterilisation. Ein Nachteil dieses Verfahrens ist die Einwirkung der Temperatur auf biologische Strukturen wie z.B. das Catgut⁵. Daher fand es seine primäre Anwendung in der Sterilisation von Instrumenten und nicht resorbierbaren Fäden.

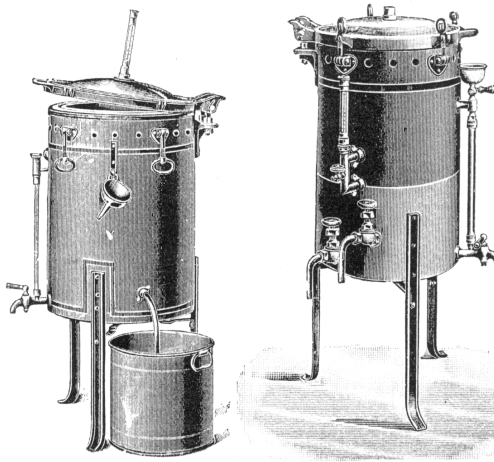
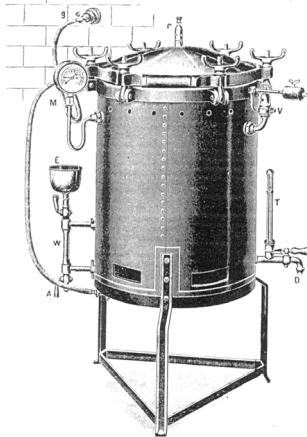
Die Einführung der Dampfsterilisation in Deutschland erfolgte durch Friedrich von Trendelenburg (1844-1924) (Abb.5); dagegen steht dem Franzosen Terrier (1837-1908) die Erfindung der Autoklaven zu. Unter anderem wurde auch Seide mit Dampf im Autoklaven⁶ sterilisiert (Abb. 6). Die Sterilisation von Leinenzwirn durch Autoklavieren war und ist unproblematisch (Braun B. 1954). Mit Einführung von Dampfsterilisatoren⁷ (1883), Mundschutz (1900) und Handschuhen in der Chirurgie wurde langsam alles, was mit dem Patienten in Berührung kam, chirurgisch sauber (Williams O. 1961). Fäden wurden auch in heißem Öl von der Operationsschwester sterilisiert.⁸

⁵ a. Bei der Wahl des Sterilisationsprozesses muss die Natur des Rohmaterials berücksichtigt werden. Siehe Catgut. Es enthält Proteine, die bei zu großer Hitze koagulieren. Diese Tatsache schränkt die Sterilisationsmöglichkeiten des Catgut erheblich ein; b. Nahtmaterial muss auf die Weise sterilisiert werden, die am besten dessen Zugfestigkeit und wichtige chirurgische Eigenschaften erhält; c. Die Verpackung muss sichere Sterilisation durch die gewählte Methode gewährleisten; d. Nach der Sterilisation muss die Verpackung den Inhalt während Versand und möglicher Lagerung für Jahre steril halten und immer noch im Originalzustand sein; e. Die Verpackung muss durch den Verbraucher bequem, schnell und aseptisch zu öffnen sein. (Williams O. 1961)

⁶ Im Pariser Hospital Bichat stellte Terrier 1889 seinen Autoklaven auf, schuf 1893 eine Technik und eine Schule und präziserte, wie Instrumente und Kompressen keimfrei gemacht werden und zum Händewaschen sterilisiertes Wasser benutzt wird. (Toellner R 1990)

⁷ Einführung des ersten Dampfsterilisators durch Charles Chamberland, aus Pasteurs Labor (Williams O. 1961).

⁸ Jedes Stück Faden wurde nun an einer Nadel befestigt, diese oben auf einen Glaskontainer gesteckt und der Faden ganz vorsichtig in das darin befindliche Öl gesenkt. Die Fäden werden schwebend gehalten, so dass sich nicht den Gefäßboden berühren, aber gründlich im Öl eingetaucht sind. In den Asbestdeckel der Kontainer ist ein Thermometer eingebracht. Der Deckel wurde geschlossen und der große Glaskontainer vorsichtig in ein großes Sandbecken gestellt, möglichst ohne die Fäden durcheinander zubringen. Wenn es gut lief, zeigte das Thermometer innerhalb von 2 ½ Stunden die notwendigen 212 F an; während dieser Zeit musste der Apparat überwacht werden, um nicht zufällig bereits vorher diese Temperatur zu erreichen und Flammen übersehen werden. Denn das Catgut würde dann leicht zerfallen. Sobald das Thermometer 212 F anzeigt, musste jene Temperatur für 2 ½ weitere Stunden exakt so gehalten werden. Nach circa sechs Stunden, nachdem das meiste Öl absorbiert war und es möglich war, das Catgut in Alkohol aufzubewahren, konnte der erste Catguttyp auf sterile Handtücher gelegt werden. Jede Größe und jeder Typ musste getrennt voneinander bearbeitet werden. Chrom-Catgut erforderte zusätzliche Arbeitsschritte, denn es musste drei Tage lang immer wieder in andere Lösungen gelegt werden. Diese Lösungen wurden vom Aufseher vorbereitet (Ethicon 1946).

Abb. Sterilisationsverfahren**Abb. 5 – Dampfsterilisatoren.****Abb. 6 – Autoklav.**

Gassterilisation

Äthylenoxyd kann in flüssiger und gasförmiger Form zur Anwendung kommen. Die Sterilisation des Leinenzwirns wird heutzutage mit flüssigem oder gasförmigem Äthylenoxyd durchgeführt. Ethylenoxid wird zur Sterilisation von Zwirn, Leinenzwirn, Prolene®, Maxon®, PDS®, Dexon II bicolor® und Vicryl® unter anderen, angewandt.

Strahlensterilisation

Um 1960 wurde die Strahlensterilisation für chirurgisches Nahtmaterial entwickelt. Gammastrahlen entstehen beim Zerfall radioaktiver Atome. In erster Linie wird Kobalt 60 als Strahlenquelle benutzt. Es bedarf sorgfältigen ausgearbeiteter Verfahren für beide Sterilisationsmethoden. Wenn man darüber verfügt und mit entsprechender Sorgfalt arbeitet, gibt es praktisch keine Ausfälle. Eine laufende Kontrolle der Produktion ist dennoch notwendig. Ein besonderer Vorteil, sowohl der Äthylenoxyd- wie der Gammastrahlensterilisation liegt darin, dass es möglich ist, das Catgut oder auch andere Fäden in der endgültigen Verpackung zu entkeimen. Eine Reinfektion im Herstellungsbetrieb und im Lager des Verbrauchers ist damit ausgeschlossen. Bei Sterilisation mit Gammastrahlen vermindert sich die Zugfestigkeit des Leinenzwirns erheblich, weshalb er nicht mit diesem Verfahren sterilisiert wird.

Gammastrahlen (2,5 Mrad) werden zur Sterilisation folgender Nahtmaterialien eingesetzt: NC-Seide®, Perma-Hand-Seide®, Suturdraht®, Stahldraht, Supramid®, Suturamid®, Dafilon®, Ethilon®, Dagrofil®, Mersilene®, Miralene®, Synthofil®, Ethibond®, Catgut chrom und plain, Softcatgut®.

Das Problem des Catgut

Die Sterilisation des Catgut brauchte einen langen Weg bis zu ihrer Ausreifung. Es genügte nicht die Erkenntnis der Asepsis. Dies kann an der beeindruckend hohen Zahl an Sterilisationsverfahren erkannt werden, welche Ende des 19. Jh. für das Catgut angeboten wurden. Zur Sterilisation allein des Catguts führt Kuhn 73 verschiedene Techniken an (Bartke O. 1912). Bartke unterscheidet drei verschiedene Arten der Catgutsterilisation: das

Einlegen des Fadens in kalte chemische Stoffe; die Applikation heißer Dämpfe; und die Kombination beider Techniken.

Das Einlegen des Fadens in kalte chemische Stoffe: Obwohl Lord Lister (1827-1912) sein Catgut über mehrere Monate in wässrige Karbollösung einlegte, erreichte er dadurch nicht die Keimfreiheit. Auch Theodor Kocher (1841-1917) gelang es nicht durch Einlegen des Catguts in Juniperusöl und 95% Alkohol das Catgut zu sterilisieren. Ernst von Bergmann (1836-1907) und sein Assistent Curt Schimmelbusch (1860-1895) legten es in Äther und Alkohol und konnten ebenfalls keine Sterilität erreichen. Johann von Mikulicz-Radecki (1850-1905) legte es in Karbolglyzerinlösung und Chromsäure ein. Claudius imprägnierte das Catgut mit Jod 1% (Jod + Jodkali + Wasser), durch Einlegen über 8 Tage, Herhold dagegen in 5% Jod. Das so gewonnene Catgut sei steril, zugfest, geschmeidig und haltbar (Bartke O. 1912).

Die Applikation von Hitze und heißen Dämpfen: Reverdin und Döderlein erhitzen das Catgut über 4 bzw. 1 Stunde auf 140°C, dadurch wurden die Fäden leicht brüchig und spröde. Budde legte das Catgut nach vorheriger Entfettung 6 Stunden lang in eine Heißluftkammer (Temperaturen von 154-156°C), für Budde büßt der Faden dadurch nur sehr wenig an Festigkeit ein. Hofmeister legte das Catgut zuerst in Formalinlösung, dann wusch er es in Wasser und kochte es aus; er konnte keine Keime in dem so zubereiteten Faden nachweisen. Croenig sterilisierte das Catgut mit heißem Öl (Bartke O. 1912).

Exkurs: Der lange Weg bis zur Catgut-Sterilisation

Das Catgut als gedrehtes Nahtmaterial steht Ende des 19. und Anfang des 20. Jahrhunderts mit seinen Vor- und Nachteilen im Vordergrund chirurgischen Handelns. Das „Catgutproblem“ beschäftigt sowohl Ärzte als auch Forscher. *„Die viel umstrittene Catgutfrage ist gegenwärtig wenigstens insoweit geklärt, dass ein großer Teil der Chirurgen bei dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft in dem Catgut ein vollkommen brauchbares Naht- und Ligaturmaterial zu besitzen glaubt, während andererseits eine Reihe namhafter Chirurgen von dem Gebrauch Abstand zu nehmen müssen glaubt“* (Greife H. 1901). Gründe dafür war die oft beobachtete Verunreinigung der Wunde durch Catgut,

was bereits durch Herstellungsschwierigkeiten und schlechte Sterilisierbarkeit desselben zu erklären war.

Mehr als 100 Verfahren zur Sterilisation des Catgut waren von 1869 bis 1906 bekannt. Doch keines dieser Verfahren ermöglichte die Herstellung des sicher sterilen Catgutfadens, geschweige denn für die einer sterilen Catguthandelspackung. Bakteriologische Nachprüfungen der im Handel befindlichen Catgutfabrikate haben wiederholt einen hohen Prozentsatz an Unsterilität ergeben. Nach 1865 suchte man gezielt nach Sterilisationsmethoden für Catgut. Catgut wurde gespült, übergossen und imprägniert mit Jod, Quecksilber, Jodoform, Thymol, Silber, der genannten Karbolsäure sowie Anilinfarbstoff. Es wurde eingetaucht in ätherische Öle, Chloroform, Alkohol, Terpentin u.a., „*it was heated, boiled and baked*“ (Williams O.1961).

Die von Lord Lister verwandte Karbollösung (1869) führte, wie er selbst bald erkannte, zu Reizwirkungen und hatte für das Catgut den Nachteil, die Zugfestigkeit der feinen Fäden zu sehr zu schwächen. Er sterilisierte daher in einer Lösung von Karbolsäure in Olivenöl (1:5) unter Zusatz einer geringen Menge Wassers, die das Catgut geschmeidig machen sollte, und ging später, um das Catgut resistenter werden zu lassen, dazu über, die Karbolsäure nicht in reinem Wasser, sondern in stark verdünnter Chromsäure zu lösen. Diese Methode wurde in den folgenden Jahrzehnten fortentwickelt. Mac Even setzte der wässrigen Chromsäurelösung Glycerin hinzu. Von Mikulicz-Randewski (1850-1905) änderte die Chromsäurezubereitung ab. Theodor Kocher (1841-1917) legte 1881 die Catgutfäden in reines Juniperusöl. César Roux⁹ verwendete 1884 das Terpentinöl. Kümmel (1883) sterilisierte mit einer wässrigen Sublimatlösung. Brunner erklärte 1890 die Sublimatpräparation für die beste der bisherigen Methoden; er empfahl, das Rohcatgut mit Kaliseife abzubürsten, dann kurze Zeit in Äther und darauf in eine wässrige Sublimatlösung (1:1000) zu legen (Brunner C. 1916). Als erster hat Claudius (1903) die Behandlung des Catguts mit Jod empfohlen, er legte das Rohcatgut für 8 Tage in eine wässrige Lösung von Jod-Jodkalium. Durch diese Methode wurde zwar das Catgut mit

⁹ César Roux (1884 – 1934) war Professor der forensischen Medizin (1884 – 1893), anschließend Professor der Chirurgie (1893 – 1926) in Lausanne. Roux begann im Januar 1892, bei Antrum- oder Pylorus-Stenosen die später nach ihm benannte Y-Schlinge (“posteriore retrocolische Gastroenterostomie”) anzulegen. Später fand dieses Anastomosenprinzip breite Anwendung in der Wiederherstellung der Darmwegsamkeit nach Magenteilresektionen und der Gastrektomie. Roux C (1897) De la gastro-entérostomie. Etude basé sur les opérations pratiques du 21 juin au 1er septembre 1896. Rev. Gynec. Chir. Abdom. 1:67-122.

einem wirksamen Antiseptikum imprägniert, es blieb aber unsicher, ob der Catgutfaden von dem Jod völlig durchdrungen werde. (Ritter A. 1945) (Saul E. 1896)

Reverdin ging von der chemischen zur thermischen Sterilisation über. Er setzte das Catgut mehrere Stunden einer Hitze von 140°C bis 150°C aus (Bartke O. 1912). Saul (1896) kombinierte das thermische mit dem chemischen Sterilisationsverfahren, indem er das Catgut einer Lösung von Äthylalkohol und Karbolsäure mit einem geringen Zusatz von Wasser (10%) aussetzte, die er auf 78°C erhitzte.

Kuhn (1906) aus dem Elisabethkrankenhaus in Kassel konnte von etlichen Fällen berichten, in denen nach Anwendung von Catgut bei Operationen Tetanus aufgetreten war. Ebenso wurden postoperative Fälle von Milzbrand und Gasbrand auf den Einsatz von infektiösem Catgut zurückgeführt. Kuhn sah die Ursache solcher schweren postoperativen Infektionskrankheiten in der nicht vollständigen Sterilisation der aus mehreren, nur rein mechanisch gesäuberten Darmstücken vor der Weiterverarbeitung zum endgültigen Faden. Gleichzeitig verfolgte Kuhn statistisch die Tetanusfrage, soweit sie mit dem Catgut Beziehung haben konnte und stellte durch eine große Umfrage bei den Chirurgen Deutschlands fest, dass eine ganze Anzahl vorgekommener Fälle von Wundstarrkrampf zweifellos auf eingenähtes Catgut zurückzuführen waren (Kuhn F. 1906).

Auf der Suche nach einer Lösung machte Kuhn Reisen in die Orte der Catgutfabrikation im Sächsischen Erzgebirge und studierte die Herstellung des chirurgischen Catguts an der Quelle. Sollte es in Fragen der Tetanusvermeidung besser werden, so waren ganz besondere Maßnahmen zu ergreifen; da aber der Tetanuskeim nur gleichsam ein typisches Testobjekt war und in dem Material, wo er vorkam, naturgemäß auch andere widerstandsfähige Keime sein mussten, so waren auch für die Vernichtung dieser Keime ganz besondere Maßnahmen zu treffen, wenn man ein brauchbares chirurgisches Catgut gewinnen wollte.

Gewiss hatte man sich alle erdenkliche Mühe gegeben, die Oberfläche einer fertigen Violinensaiten auf das sorgfältigste zu sterilisieren und hatte auch versucht, nach Möglichkeit von der Oberfläche aus desinfizierend in das Innere des Fadens vorzudringen. Man hatte Hunderte von Methoden versucht, um an den fertigen gedrehten Faden

heranzukommen. Aber nachdem dieser Faden nicht kochbar ist, weil er sich dann auflöst und auch alle anderen Hitzeverfahren infolge der Schädigung der Haltbarkeit und Festigkeit des Fadens mehr oder minder unbrauchbar sind, war man auf chemische Methoden verfallen. Diese versagten aber angesichts des sorgfältig in das Innere des Fadens eingewickelten Schmutzes. Es hatte noch keiner daran gedacht, an den ungedrehten Rohsaitling mit zweckmäßigen Desinfektionsmitteln heranzugehen.

Hier griff Kuhn (1906) ein. Er erklärte alle chemischen Verfahren, nach denen nur der fertige Faden, also der Faden erst nach dem Drehen, Ausgangspunkt der Bearbeitung sei, für mangelhaft, weil ein so präparierter Faden *„gleichsam in seinem äußeren Mantel nur das vortäusche, was für den ganzen Querschnitt des Fadens verlangt werden müsse“*. Als die einzige zuverlässige Methode, einen einwandfrei sterilen Faden zu erhalten, ließ Kuhn die Bearbeitung mit Jod gelten, die den Schafsdarm schon vor dem Drehen erfasst. So wird mit Kuhn zum ersten mal das Catgut vom Beginn seiner Produktion auf die chirurgische Verwendung hin fabriziert und in seinen einzelnen Schritten keimfrei gemacht und behandelt.

Doch dies war nur eine Teillösung. Kuhn erkannte auch, dass das sterile Vorarbeiten der Bestandteile des Fadens durch eine Rekontamination des Catguts bei der Weiterverarbeitung zur Verpackung erleiden konnte: Durch mitunter wochenlange Lagerung, durch Bearbeitung mit unsterilen Händen u.a.m. wurde die mühsame Sterilisationsvorbereitung relativiert. Das führte dazu dass es Catgut war, welches als erster Artikel steril geliefert wurde. Es kam in Flaschen, in denen in einer alkoholischen Lösung das Nahtmaterial steril und geschmeidig gehalten wurde. Um die Spulen in allen Stärken immer griffbereit zu haben, wurde der Nahttisch entwickelt. Für Notfalloperationen stand dieser vorbereitet oft bis zu 24 Stunden zur Verfügung (Ethicon) (siehe nächsten Absatz).

Die Arbeit Kuhns hatte weitgehende Folgen. Sie ermöglichte erstens erneut die breite Anwendung des Catgut als resorbierbares Nahtmaterial; zweitens, wurde durch die weite Verbreitung des sterilen Catguts deutlich, dass die Forschung weiter nach einem Faden suchen müsse, welcher sich im Gewebe – im Gegensatz zum Catgut, das enzymatisch abgebaut wurde – vollständig auflöste; drittens hat seine Arbeit tiefgreifenden Einfluss auf die Einbeziehung der Gesundheitsbehörden in den Fabrikationsprozess chirurgischer Fäden

mit sich gebracht. Als eine direkte Folge der Arbeiten Kuhns, kann die Einführung staatlicher Kontrollen über den Fabrikationsprozess der chirurgischen Fäden gesehen werden. Kuhn forderte ausdrücklich solchen staatlichen Eingriff und regte das Kaiserliche Gesundheitsamt und das Institut für Infektionskrankheiten an, Untersuchungen zum Thema Catgutsterilisation durchzuführen.

5.2 Armierung

Nadeln mit Öhr sind schon aus prähistorischer Zeit bekannt. Diese Nadeln waren aus Knochen gefertigt, dienten wahrscheinlich dem Nähen von Kleidungsstücken, aber womöglich auch zum Nähen von Wunden. Diese Annahme stützt sich auf Schädelknochen aus dieser Zeit, an denen Trepanationen ausgeführt wurden. Einige Schädel zeigen am postoperativen Einwärtswachsen des Knochens, dass solche Operationen überlebt wurden. Es ist daher als wahrscheinlich anzunehmen, dass man diese großen klaffenden Wunden mit Nadel und Faden zusammennähte (Mackenzie D. 1973).

Man findet in der Medizin des alten Ägyptens um 3000 v.Chr. Hinweise auf die dort verwendete chirurgische Nadel. Unter den ägyptischen Instrumenten, die Chabas in seiner Arbeit „*Sur l'antiquité historique*“ (Paris 1873) abbildet, findet sich bereits eine Nadel mit Öhr (Köhler A. 1901) (Mucker A. 1990).

Im 5. Jh. v.Chr. erwähnte Sūsruta unter seinen 121 Instrumenten, die er als ärztliches Rüstzeug aufführte, drei Sorten von Nadeln: runde, dreikantige und bogenförmige (Abb. 7). Es wurde darauf geachtet, im richtigen Gewebe die richtige Nadel zu verwenden (Erhardt E. 1910). In einer Darstellung von Instrumenten des Altertums zeigt Meyer-Steineg unter anderem eine verzierte bronzene Unterbindungsnadel aus Ephesus. Es ist vielleicht die älteste überlieferte Stielnadel (Diepgen P. 1949) (Abb. 8). Waren die Nadeln ursprünglich gerade wie die Nadeln im Haushalt oder beim Kürschner, so finden sich in den aus der Römerzeit überlieferten Darstellungen bereits an der Spitze gebogene Nadeln. Öhrnadeln sind so alt wie Fäden selbst und schon seit Jahrtausenden im Einsatz, allerdings in weniger perfekter Form als dies in Stromays Operationslehre von 1559 dargestellt ist (Abb. 9 u. 10). Hippokrates (etwa 460-375 v.Chr.) benutzte im Querschnitt runde und dreikantig gerade sowie bogenförmige Nadeln aus Eisen (Kort J. 1969).

Aus den Texten des Celsus (45-50 n.Chr.) geht ebenfalls hervor, dass zur Ausstattung des Arztes Nadeln gehörten. Bronzene Nähnadeln, im Querschnitt kantig oder rund und manchmal auch gebogen, sind durchaus zahlreich gefunden worden, ebenso die dazugehörigen Nadelhalter (Krug A. 1984) (Abb. 11). Abû'l-Qāsim (gest. ca.1100) kannte

doppelarmierte Fäden, was mit Wahrscheinlichkeit auch schon auf Celsus zurückzuführen ist.

In den Sammlungen antiker chirurgischer Instrumente finden sich außerdem die verschiedensten geraden und gekrümmten Nadeln. Die sind entweder aus Eisen oder Bronze. Bereits im Mittelalter beschrieben die Chirurgen in ihren Lehrbüchern ganz bestimmte Nadeln. Im 13. Jh. forderte Henry de Mondeville, dass der Chirurg in seinem Besteck immer eine eingefädelte Nadel haben müsste, um eine Blutung mittels Umstechung rasch stillen zu können. So führte Lanfranci im 13. Jh. die Knopfnah bei Wunden am Magen-Darm-Trakt mit einer dreikantigen Nadel durch (v. Brunn W. 1928). Pierre Dionis (gest. 1718) und Henry-François le Dran (1685-1770) bevorzugten für die Kürschnernah bzw. Schlingennah runde Nadeln. Jean-Baptiste Verduc (um 1712) schloss dagegen Längswunden am Darm mit einer platten Nadel und gewichstem Zwirn. René Garengot (1688-1759) nahm für die Zapfennah an einer Bauchwunde Nadeln, die nur an der Spitze eine geringe Krümmung hatten.

Guy de Chauliac (14. Jh.) stellte in seinen Veröffentlichungen in ganzer Länge schwach gebogene Nadeln dar (Abb. 12), Gaspar Tagliacozzi (1546-1599) hatte halbkreisförmig gebogene Nadeln zur Verfügung wie bereits 1559 Stromayr. Gabriele Falloppio (1523-1562) benutzte Venezianer oder Damazener Stahlnadeln. Diese machte er durch Ausglühen weich bog sich die Spitze passend (Diepgen P. 1949) Eine feste Verbindung zwischen gebogener Nadel und Nadelhalter stellen gleichsam die speziellen Unterbindungsnadeln. Die heute wohl am bekannteste ist die von Deschamps (geb. 1740) aus dem Jahr 1793 (Abb. 13). Sachs wies 1996 darauf hin, dass bereits Pierre Dionis (gest. 1718) einen ähnlich gebogenen Nadelführer besaß (Abb.14). Dieser ist gleichsam ein Vorläufer der später von Jacques-Louis Reverdin (geb. 1842) entwickelten Stielnadel. Hiermit durchstach man einen oder auch beide Wundränder, führte in das Ohr an der Spitze einen Faden ein und zog diesen beim Zurückziehen durch die Wunde. Auch die notwendige Kongruenz zwischen Nadel und Faden war bekannt.¹

¹ Heister (1719) schreibt von „*starken krummen Nadeln*“, in die man den Faden einfädelt. „*[Später] macht man die Nadeln vom Faden wieder los [...]. Man nähe so tiefe Wunden am besten mit einer krummen, starken, scharfen Nadel, in kleineren Wunden aber kann man die Sach oft mit einer geraden Nadeln verrichten*“ (Sofoteroff S. 1911). Für die Darmnah wird „*eine gemeine gerade dünne Nadel, damit keine grossen Löcher gestochen werden, und ein dünner gleicher gewächster seidener oder leinener Faden*“ empfohlen (Heister L. 1719). Zum Zusammennähen von Sehnen der Hand wählt man eine „*subtile feine Nadel mit einem doppelten gewächsten Faden, welcher aber nicht viel dicker seyn darf, als die Nadel selbst, damit er der Nadel folgen könne.*“ (Heister L. 1719).

Wohl das älteste Exemplar einer Stielnadel² aus Bronze fand sich bei Ausgrabungen in Ephesus. Meyer-Steineg stellte es mit anderen Werkzeugen aus der griechischen Antike 1912 in einer Abbildung zusammen (Abb. 8). Ambroise Paré (1510-1590) benutzte eine Stielnadel mit einer Hohlsonde³, um mit dem hiermit durchgezogenen Golddraht die Radikaloperation der Leistenhernie durchzuführen. Zum Einbringen von Metalldrähten zur Wundnaht benutzte man auch Hohladeln mit einer vorderen und hinteren Öffnung. „Nachdem diese Spezialnadeln durch den Wundrand gestochen waren, schob man den Draht durch die Höhlung nach und entfernte danach die Führungsnadel“ (Gustav Passavant, geb. 1815).

Neben den Öhrnadeln fanden Knopfnadeln schon früh Verwendung in der Wundreinigung. Sie entsprachen den heutigen Stecknadeln und wurden unter anderem auch aus Gold, Silber und Platin hergestellt. Besonders beliebt waren sog. „Karlsbader Insectennadeln“, die besonders J.F. Dieffenbach empfahl und bei der Operation der Hasenscharte und zur umschlungenen Naht verwandt wurden. Die Nadeln, die J.F. Dieffenbach (1845) seit frühester Zeit seiner Praxis zur umschlungenen Naht anwandte, waren „sehr scharf und fast federhart“ (Dieffenbach J.F. 1845). Die Nadeln wurden solange in der Wunde belassen, bis diese „der Heilung nahe“ war (Dieffenbach J.F. 1845). Gerade und gebogene Nadeln fanden ihre gezielte Anwendung.⁴

Um das mühsame Einfädeln des Fadens zu erleichtern und die Zeit für die Naht zu verkürzen, entwickelte Champonière 1880 eine Stielnadel mit einem Schiebebohr. Die

² Bei dieser ist Nadelhalter und Nadel zu einem Instrumente vereinigt. Sie besteht aus einem dünnen, in einen bequemen Handgriff eingelassenen Metallstäbchen, das in eine mit Ohr versehene Nadelspitze ausläuft. „Man wendet je nach Bedürfnis gerade und gekrümmte gestielte Nadeln an. Von den gekrümmten sind namentlich diejenigen sehr bequem, bei denen der obere Theil rechtwinklig abgebogen, und zugleich in der Weise halbkreisförmig gekrümmt ist, dass die Krümmungsebene senkrecht auf dem unteren Theile steht.“ (Heinecke W. 1876).

³ Walther Hermann Ryff (gest. 1548, Würzburg) erwähnt in seiner Darstellung „Die groß Chirurgei/oder vollkommene Wundartzenei.[...]“ eine mit Nadelöhr versehene Hohlsonde, die u.a. zum Sondieren von Fistelgängen, Gefäßen oder tieferen Wunden gebraucht wurde (Vollmuth R. 2001).

⁴ Aus Heineckes „Compendium der Chirurgischen Operations- und Verbandslehre“ (1876): „[Die Nadeln] sind an ihrer Spitze zweischneidig zugeschliffen, bald gerade, bald gekrümmt. Die geraden Nadeln lassen sich leichter und schneller durch die Wundränder hindurchstechen als die gekrümmten, sind jedoch nur an Theilen mit convexer Oberfläche, sowie an solchen Wunden, deren Ränder sich etwas aufrichten lassen, zu verwenden. Die krummen Nadeln müssen die Krümmung eines Kreisbogens haben; für die meisten Fälle sind diejenigen am brauchbarsten, deren Krümmung die Hälfte eines Kreises ausmacht; nur für weitergreifende Nähte sind Nadeln mit $1/3$ – $1/4$ Kreiskrümmung zweckmäßiger. Je nachdem man dünnere oder dickere Wundränder zu durchstoßen hat, bedient man sich kleinerer oder größerer Nadeln“ (Heinecke W. 1876).

ursprüngliche Nadel enthielt am Ende eine Öhröffnung, in welche der Faden eingeführt wurde (Abb. 15). Da das Einfädeln sehr dünner Fäden in das kleine Öhr oft mühsam war, entwickelte Graser 1884 das sog. Federöhr. Bei dieser Öhrform, auch Schlitzöhr genannt, ist das Nadelende gleichsam gespalten, so dass zwei gegenüberliegende Metallfetzen entstehen. Hierhinein drückt die instrumentierende Schwester den Faden von außen mit leichter Kraft. Das schwierige Zielen in die Öhröffnung entfällt somit.

Vorläufer dieser sog. Schlitz- und Öhrnadeln finden sich bereits in einem Instrumentenfund, der auf den „Chirurg von der Weser“ (ca. 1200-1265) zurückzuführen ist. Gefunden wurden hohle, runde Buntmetallnadeln mit Klemmöse sowie massive Nadeln mit im Querschnitt rechteckigem Schaft (Abb.16) (Stephan H. G. 1993).

Madelung wies in seinem Vortrag 1881 ausdrücklich darauf hin, dass zur Darmnaht „*Nadeln möglichst feiner Art*“ benutzt werden müssen. Diese müssten rund und dürften am Rand nicht geschliffen sein. Er selbst verwandte „*englische Perlnadeln No. 12 aus einem Posamentiergeschäft*“, die er von der Mitte nach der Spitze zu leicht krümmen ließ und mit feinsten käuflicher Seide, wie sie die Augenärzte benutzten, bestückte. Heftnadeln, wie sie um 1910 verwendet wurden, sind in der Abb. Nadeln zu sehen (Abb. 17).

Das Federöhr geht auf Graser/Erlangen auf das Jahr 1884 zurück. Ein Patent für atraumatische Nadel-Faden-Kombinationen ist 1874 als Eureka-Nadel angemeldet worden, setzte sich aber nicht durch, die Zeit war noch nicht reif dafür. Die Entwicklung wurde erneut 1926 in den USA von Ovington zum Patent angemeldet und hat sich dann vor und insbesondere nach dem 2. Weltkrieg in dramatischer Form durchgesetzt.

Da die etwas gespreizten beiden Teile des Federöhrs beim Gewebedurchzug einen gewissen Widerstand verursachen, ja sogar in empfindlichen, dünnen Geweben Schäden setzen können, suchte man schon vor 75 Jahren nach einer gewebsschonenderen, nicht traumatisierenden Nadel-Faden-Verbindung. Naturgegebenes Muster war gleichsam die Verbindung der Agavefasern mit dem Blattdorn in der Spitze. Es gibt Hinweise, dass dieses natürliche Nahtmaterial bereits den Römern geläufig war (Gurlt E. 1964). So entstanden zuerst durch Einquetschen des Fadens in das geschlitzte Nadelende, später in das mikroskopisch aufgebohrte Ende die heute gebräuchlichen atraumatischen Nadel-Faden-Verbindungen. Aus der Volksmedizin Zentral-Afrikas berichtet Gurlt (1964) bei der

blutigen Naht von Gesichtswunden und bei klaffenden Bauchwunden vom Gebrauch großer Nähnadeln, die krumm gebogen waren und in der Form eines Pfriems vorgestochen wurden; nahe unterhalb der Nadelspitze wurde ein gehärteter Faden mit Leim befestigt, der so durch den Stichkanal geführt wurde. Dies kann als ein vielleicht weniger bekannter Vorgänger der armierten Nadeln gesehen werden. Auch ein Vorläufermodell aus dem Mittelalter für einen in Nadelschaft eingelegten Faden kann als Beispiel für die Entwicklung der atraumatischen Naht genannt werden.

Faden mit Nadel konnten um 1903-1906 in Amerika schon erworben werden. Sie wurden „Emergency Sutures“ genannt und für ärztliche Hausbesuche bereitgestellt. Für den Arzt war es notwendig seine Nähutensilien bei sich zu haben, denn medizinische Versorgung war über Hausbesuche leichter als in den wenigen Krankenhäusern. So hielt die Nadel-Faden-Kombination Einzug. In den 20er Jahren des 20. Jahrhunderts wurden öhrlose Nadeln mit axial befestigten Fäden eingeführt (atraumatische Nadel-Faden-Kombination) (Williams O. 1961).

Abschließend noch einige Bemerkungen zur Armierungszone der Nadel. Bei der Federöhrnadel springt durch leichten Zug der Faden von selbst in das Öhr. Die Entwicklung und Konzeption der atraumatischen Naht, d.h. einer stufenlosen, festen Verbindung zwischen Nadel und Faden, war eine wichtige Weiterentwicklung des Nadel- und Fadenmaterials. Der Faden ist in das Nadelende montiert, wobei Einfachbohrungen und Kanalschaftbohrungen zur Anwendung kommen. Der Faden erscheint als direkte Nadelverlängerung. Das Gewebetrauma ist demzufolge gering, da nur eine kleine Stufenbildung an der Armierungszone verbleibt. Die jüngste Entwicklung ist der sog. Abreißfaden, wobei sich durch leichten Zug am Nadelhalter die Nadel vom Faden löst. Die Armierungszone ist so schwach eingestellt, dass der Nähvorgang selber zwar nicht beeinträchtigt wird, aber eine Kraft von ca. 3-10 N (d.h. 30-100g) ausreicht, um den Lösungsvorgang zu induzieren. Bei dieser atraumatischen Nadel-Faden-Kombination entfällt einmal das Einfädeln des Fadens und das zeitraubende Abschneiden. Ursprünglich für die Gefäßchirurgie konzipiert, hat sich diese Nadel-Faden-Kombination mittlerweile einen festen Platz in fast allen Bereichen chirurgischer Tätigkeit erobert (Thiede A. Hamelmann H. 1982).

Abb. Nadeln

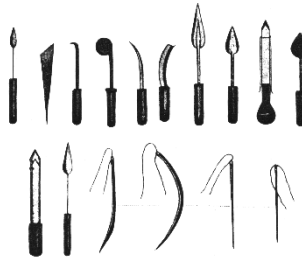


Abb. 33. Teilweise chirurgische Instrumente. Aus: DHARMATA, Sūśruta — Sanskrita, Bd. 1. Calcutta 1907.

Abb. 7 - Nadeln aus der Zeit des Sūsruta.



Abb. 73. Chirurgische Instrumente der griechischen Antike. (Nach Meyer-Steineg.)

Abb. 8 – Chirurgische Instrumente aus der griechischen Antike.
Nach Meyer-Steineg.

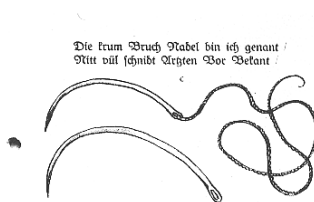


Abb. 9 – Gebogene Bruchnadel, Stromayr (1559)

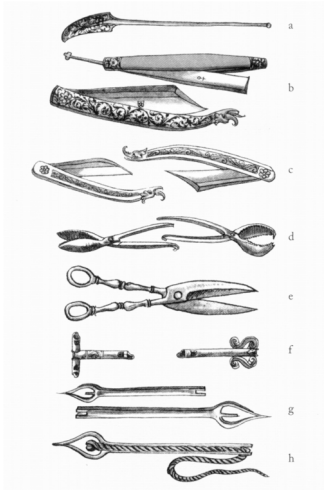


Abb. 10 - Instrumententisch von Stromayr (1559).



Abb. 11 – Nadelhalter nach Roux.⁵

⁵ César Roux (1884 – 1934) war Professor der forensischen Medizin (1884 – 1893), anschließend Professor der Chirurgie (1893 – 1926) in Lausanne. Roux begann im Januar 1892, bei Antrum- oder Pylorus-Stenosen die später nach ihm benannte Y-Schlinge ("posteriore retrocolische Gastroenterostomie") anzulegen. Später fand dieses Anastomosenprinzip breite Anwendung in der Wiederherstellung der Darmwegsamkeit nach Magenteilresektionen und der Gastrektomie. Roux C (1897) De la gastro-énterostomie. Etude baséé sur les opérations pratiques du 21 juin au 1er septembre 1896. Rev. Gynec. Chir. Abdom. 1: 67-122.

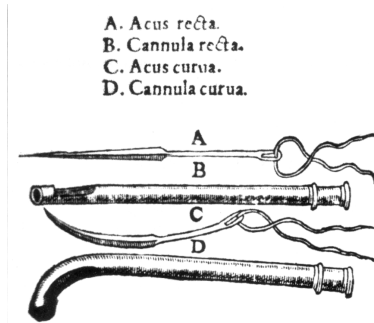


Abb. 12 – Nadeln, Guy de Chauliac (1300-1368).

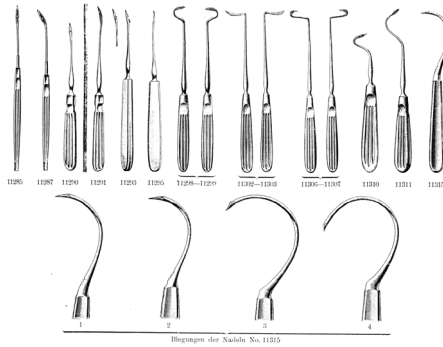


Abb. 13 – Nadeln mit Griff um 1910 (Heft- und Unterbindungsnadeln nach Deschamps)

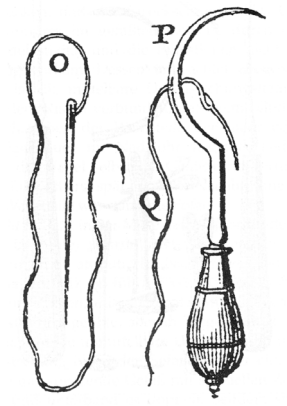


Abb. 14 – Nadeln und Nadelhalter nach Dionis (18.Jh.).

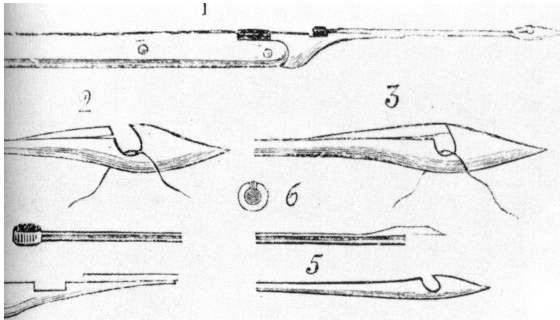


Abb. 15 - Modifizierte Braunsche Nadel; Figur 1 Die ganze Nadel mit ihrem Griff;
Figur 2 Geöffnetes Ohr.

(Illustration aus *Chirurgie antiseptique. Principes, modes d'application et résultats du pansement de Lister*, Lucas-Champonnière, Paris 1880)

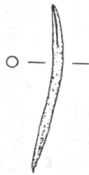


Abb. 16 Hohnadel mit Klemmöse, Chirurg v.d. Weser (13.Jh.)



Abb. 17 - Heftnadeln (um 1910)

5.3 Verpackung

Bei den Chirurgen des 18. und 19. Jh. war die Art der Verwendung, der Aufbewahrung und die Form der Fäden sehr verschieden (Köhler A. 1901). Die Darreichungsform, die J.F. Dieffenbach 1845 schildert, zeigt, dass keine spezielle Verpackung für chirurgische Fäden gefordert war: *„[Verwendet wurde ein] Faden dicker Baumwolle, sog. Dochtgarn, von welchem der Assistent einen eine halbe Elle langen Strang in der Hand hält und die einzelnen Fäden und Nadeln zureicht“* (Dieffenbach J. F. 1845).

Ende des 19. Jahrhunderts gewannen oder kauften und bearbeiteten viele Chirurgen ihr persönlich bevorzugtes Nahtmaterial selbst. „Gut“ konnte man von Musiksaitenfabriken¹ bekommen, wo es allerdings nicht für den Gebrauch am Menschen hergestellt wurde. Kurz vor Beginn des 20. Jahrhunderts begannen einige Fabrikanten, Nahtmaterial nur für chirurgische Zwecke herzustellen. Apotheker² wurden die ersten Händler, die es vertrieben (Williams O. 1961) (Tab. 5). Nachdem die sterile Herstellung von Catgut durch Kuhn möglich gemacht worden war, musste das sterile Material dem Operateur bzw. der Schwester auch als solches geliefert werden; man musste sich zwangsweise auch mit zweckmäßigen Verpackungsformen befassen. Das Ziel einer Verpackung liegt im Schutz des Inhalts und der bequemen Handhabung für den Verbraucher. Die Nahtmaterialverpackung muss für den Patienten die Sterilität und den gleichbleibend gute Zustand des Fadens gewährleisten.

Nach 1900 wurden Draht, Zwirn, Seide und Catgut zum Teil unsteril auf Fadenträgern unterschiedlichen Materials oder umgeben von alkoholischen, sterilisierenden Lösungen vertrieben (Abb. 17-29). Trockenes steriles Catgut wurde auf Glaszylinder, Porzellanspulen und in Form von Knäueln geliefert. Die Lieferung von sterilem Catgut in einer Aufbewahrungsflüssigkeit (z.B. Karbol) war ein Versuch, das Nahtmaterial möglichst lange keimfrei zu halten (Abb.30 u. 31). Jahrelang wurde chirurgisches Nahtmaterial in der

¹ Im Frankreich des 17. Jh. entwickelte sich eine Industrie, die sich mit der Herstellung von Musiksaiten, der Bespannung von Tennisschlägern, der Produktion von Bürsten und chirurgischen Nahtmaterialien beschäftigte: les Boyaudiers. In einer Bittschrift an Ludwig XIV. im Mai 1656 wird von diesen um den Status einer Zunft ersucht. In der Begründung der Petition wurden auch Empfehlungen von Chirurgen genannt, die die Gründung der ersten Fadenfabriken unterstützen. Mit der industriellen Fabrikation eines resorbierbaren, chirurgischen Nahtmaterials nahm die Chirurgie in Frankreich einen erheblichen Aufschwung (Mucker A. 1990) (Teubner E. 1973).

² B.Braun-Melsungen.

Spendeflasche geliefert. Diese Packungsart ist eine alteingeführte Aufmachung auf dem europäischen Kontinent. Bis zu 100m eines chirurgischen Fadenmaterials befinden sich - zu Knäueln und auf Träger gewickelt in der Spendeflasche. Aus dieser Verpackungsform kann der Faden in der gewünschten Länge herausgezogen werden. Das Fadenende läuft durch einen Gummistopfen, so dass die Schwester Fäden fortlaufend in unterschiedlicher Länge abschneiden kann (Abb.32).

Eine Weiterentwicklung dieser Verpackungsform ist die Flachspulenpackung. Während die herkömmliche Spendeflasche zylindrisch ist, handelt es sich hier um eine flache Flaschenform, in der das Nahtmaterial auf Felgen gewickelt liegt. Der Fadenausstritt erfolgt wie bei der zylindrischen Flaschenform durch den Gummistopfen.

In Bezug auf die Asepsis bieten die Spendeflaschen keine hundertprozentige Sicherheit. Im Bemühen um eine sichere Asepsis wurden die Faden-Einzel-Packungen entwickelt. Randall³ in Boston verpackte 1880 Einzelfäden in Glasröhrchen. Zum Mitnehmen im Taschenbesteck eignete sich vorzüglich ein mit Zinndeckel verschraubter Glaszylinder von H. Vömel. Anfangs waren solche Faden-Einzel-Packungen nur Glasröhrchen. Sie wurden äußerlich unsteril geliefert und wurden deshalb vor Gebrauch desinfiziert. Die Handhabung dieser Verpackung ist umständlich.

Verantwortlich für die Sterilisation des Nahtmaterials aus der Spenderflasche war ein Aufseher im Operationssaal (Williams O. 1961). Ebenso war dieser für die Lagerung des gesamten Catguts der Klinik verantwortlich und hatte darauf zu achten, dass zuverlässiges, sauber präpariertes Catgut zum gewünschten Zeitpunkt zur Verfügung stand. Die Schwester sorgte sich um die Details: ob das Material verzwirrt, gewichst und ausgemessen war, auch inspizierte sie das Rohmaterial. Ihre Aufgabe war es, die Fäden in jeder gewünschten Länge zu schneiden. Jedes Stück Faden wurde nun an einer Nadel befestigt, diese oben auf einen Glaskontainer gesteckt und der Faden zur Sterilisation ganz vorsichtig in das darin befindliche Öl gesenkt.

³ G.M. Randall, ein Intern des Boston City Hospitals entschied 1888 sich, gebräuchliche Längen des Catgut zurechtzuschneiden, sie in Nadeln einzufädeln und gab sie zusammen mit 95%igem Alkohol in Teströhrchen. Sogenanntes „*tubed surgical gut*“ sollte für den Chirurgen auf diese Weise bereitgehalten werden. Doch sie erwiesen sich als unhandlich. Die kurzen Stücke aus den Glastuben wurden über dem Bunsenbrenner verschmolzen und ein Korken an das offene Ende gesetzt. Später wurde das zweite Ende durch Hitze verschmolzen. „*Die versiegelte Tube mit seinem Faden und der Nadel war der Vorgänger des „tubed surgical gut“ von heute*“ (Williams O. 1961).

In Deutschland⁴ wurde schon 1875 „Listers Karbolkatgut“ in verschiedenen Stärken in kleinen mit Karbolöl gefüllten Fläschchen geliefert. In Amerika kam 1895 Flaschencatgut⁵ auf den Markt. In den Flaschen befand sich das aufgerollte Catgut, welches – je nach Wunsch – in verschiedenen antiseptischen Lösungen lag. Zur Wahl standen „*Catgut carbolized 5%, chromicized, corrosive sublimate, or oil of juniper.*“

Zwischen 1903 und 1906 wurde das Nahtmaterial in Glasröhrchen vertrieben. Dieses war nun in der Verpackung steril, die Außenfläche der Röhrchen war weiterhin nicht steril (Abb. 33). Gebräuchliche Längen des Catgut, eingefädelt in Nadeln wurden zusammen mit 95%igem Alkohol in Röhrchen aufbewahrt.⁶ Die Stücke aus den Glastuben wurden über dem Bunsenbrenner verschmolzen und ein Korken an das offene Ende gesetzt; dann wurde das zweite Ende durch Hitze verschmolzen. Die versiegelte Tube mit seinem Faden und der Nadel war der Vorgänger des „*tubed surgical gut*“⁷ (Williams O. 1961). 1948 waren Röhrchen auf dem Markt, die sowohl innen als auch außen steril waren („*Steril Pack*“).⁸ Anfangs waren es Glasröhrchen, die in versiegelten Dosen mit Sterilisationslösung verpackt waren. Nun mussten die Röhrchen nicht mehr jeden Sonntag von den Schwestern sterilisiert werden. Bei Operationen nicht verwendete Röhrchen können gesäubert und zurück in die Sterilisationslösung gelegt werden, so dass sie ein paar Stunden später wieder bereitstehen. Die Dosen wurden bald durch Glasgefäße ersetzt (Coccons⁹) (Williams O.1961).

⁴ Firma Paul Hartmann.

⁵ Johnson & Johnson.

⁶ Um den Nachteil einer Beeinträchtigung der Zugfestigkeit des Catguts durch monatelanges Liegen in Alkohol abzustellen, wurde eine zweite Flaschenpackung konstruiert, die es ermöglicht, während der Zeit der Nichtverwendung der Packung den Alkohol von dem Nahtmaterial zu trennen, so dass dieses außerhalb der Flüssigkeit aufbewahrt werden konnte und es nur kurz vor Gebrauch zum Kontakt beider kam. Durch die Trennung des Nahtmaterials von der Aufbewahrungslösung, erhoffte man sich die nachteiligen Folgen der Nasspackungen, wie dies bei der ersten Flaschenpackung der Fall war, zu verhindern und die Eigenschaften des Nahtmaterials wie z.B. Zugfestigkeit zu erhalten.

⁷ Eine Art der Verpackung stellte 1903-1906 das „*tank package*“ dar. Eine Flasche, in der drei verschieden Größen des Catgut aufbewahrt werden konnten (Williams O. 1961).

⁸ Es war nicht üblich das Verfallsdatum der Nahtmaterialien anzugeben. Man glaubte jener Zeit, sie seien unbegrenzt in optimalem Zustand.

⁹ Eine Nahtmaterialverpackung, die in Deutschland weite Verbreitung fand war als „Cocoon“ bekannt. Eine Glasflasche war mit einem Kunststoffdeckel versehen, beim Öffnen des Deckels kam der Faden durch einen Gummistöpsel nach oben. Die Flaschen der Nahtmateriallängen, die am häufigsten gebraucht wurden, standen auf einem eigenen Flaschentisch. Während der Vorbereitungen nahm die „unsterile“ Schwester die Deckel der Flaschen ab, und zog mit einer sterilen Pinzette die Fäden 2-3cm heraus, schnitt diese mit einer sterilen Schere ab und verwarf sie; die „sterile“ Schwester nahm einen sterilen gelochten Metalldeckel, setzte diesen auf die Flaschen so, dass nur das hervorstehende Ende jedes Fadens zu sehen war. Wenn sie Catgut

Um Spulen mit Fäden in allen Stärken immer griffbereit zu haben, wurde der Nahttisch entwickelt (Abb.34). Für Notfalloperationen stand dieser vorbereitet oft bis zu 24 Stunden zur Verfügung (Ethicon). Die Flaschenpackungen werden zu verschiedener Anzahl in einem fahrbarem Tischgestell so untergebracht, dass sie nach dem Gebrauch vermittels der an der Seite des Tisches angebrachten Kurbel nach unten gedreht werden können. Diese Aufbewahrungsstellung, in der die Flüssigkeit das Fadenende und den Flaschenausgang umspült und für den Wiedergebrauch neu sterilisiert, ist sehr günstig. Später wurden Glasdosen verwendet, welche eine genaue Beobachtung der Spule hinsichtlich der Menge des noch darauf befindlichen Nahtmaterials erlaubten, sodass rechtzeitig für Ersatz gesorgt werden konnte.

Bei „nassen“ Nahtmaterialverpackungen lag der Faden in einer kalten Sterilisationslösung, um die Sterilität der Verpackung außen zu garantieren. Bei „trockenen“ Systemen ist die erste Verpackung in eine zweite gegeben, welche versiegelt ist.

Parallel hierzu lief die Entwicklung von Nadel-Faden-Kombinationen, für die eine zweckmäßige Verpackung gefunden werden musste. Eine Spende-Verpackung wie für Meterware chirurgischer Nähfäden in Form der Flasche war für bereits armierte Fäden nicht möglich. Nadel-Faden-Verbindungen wurden am Anfang nur in Einzelpackungen angeboten. Eine wesentliche Verbesserung der Faden-Einzel-Packung ist die Kunststoff- oder Aluminium-Folie. Sie wird äußerlich steril geliefert und erst kurz vor der Verwendung geöffnet. Diese Folien-Einzel-Packung wurde früher zu 1 bis 3 Dutzend in einem Schraubglas geliefert. In diesem Glas lagen die Folien in einer keimtötenden Lösung, aus der sie mit einer sterilen Kornzange entnommen wurden.

Die Entwicklung der Kunststoffverpackungstechnologie brachte große Fortschritte in den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts durch sterile gebrauchsfertige Einmalpackungen (B.Braun-Dexon). Entscheidend für die Einführung der Fertigfadenpackungen war weniger eine Vereinfachung der Arbeit für die Operationsschwester als vielmehr die Absicht, eine noch größere Sterilität für das Nahtmaterial zu gewährleisten. Heutzutage liegen die Folien

brauchte, zog sie den Faden bis auf die gewünschte Länge heraus und schnitt ihn ab. Am Ende der Operation wurden die Metalldeckel wieder entfernt; in der Zwischenzeit wurden die Kunststoffdeckel im Autoklaven sterilisiert, die Flaschen anschließend ins Lager zurückgebracht.

einzelnen trocken steril in einer Klarsicht-Aufreißfolie, die fest versiegelt ist. Diese zweifache Verpackung bietet einen hermetischen Schutz vor Rekontamination des Nahtmaterials bis zum Gebrauch des Fadens. Entsiegelt passen diese Faltschachteln als Schubfächer in ein Folien-Kabinett, das eine übersichtliche Anordnung verschiedener Nähfäden auf engstem Raum bietet. Auf den Fadenpackungen sind die metrischen Stärke und die entsprechende konventionelle Stärkeangabe der USP aufgeführt.

Chirurgisches Nahtmaterial wird heute entsprechend den Vorschriften des Europäischen Arzneibuches überwiegend in Form hermetisch versiegelter, steriler Fadeneinzelpackungen geliefert. Eine zweite äußere Aufreißfolie schützt die Sterilität der Außenseite der inneren Folie mit dem Faden. Nach der Bestimmung können die einzelnen Fäden vorgeschchnittene Längen (mit oder ohne öhrloser Nadel) haben. Ein oder mehrere Fäden einer bestimmten Länge können in einer versiegelten Folienpackung einliegen. Atraumatisches Nahtmaterial ist vorwiegend in einer Einzelfadenpackung verpackt.

Abb. Verpackungen und Vorratsbehälter um 1900/10

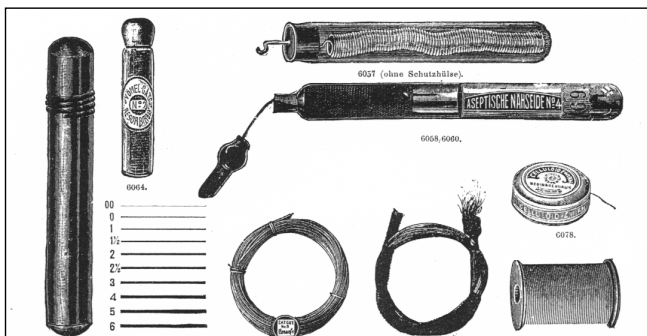
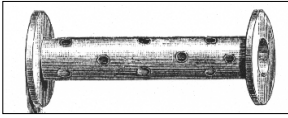


Abb. 17 - Unsteriles Nahtmaterial, gewickelt, auf Spulen, Karton oder Glas, in Döschen oder in Glasröhrchen mit antiseptischer Lösung.



Glasrolle nach *Mikulicz*, perforiert
(braun, blau oder milchweiß)

Rollen zum Aufwickeln von Nähmaterial
(aus Metall oder Glas), in versch.
Größen (20-60 mm)

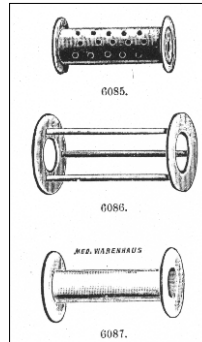


Abb. 18 - Fadenrollen aus verschiedenen Materialien.

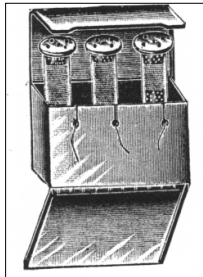


Abb. 19 - Nähseidenbehälter nach *Schimmelbusch*¹⁰, zum Sterilisieren
und Aufbewahren der sterilen Nähseide, mit 3 Rollen.

¹⁰ Curt Schimmelbusch (1860-1895), Chirurg, studierte Medizin an den Universitäten Würzburg, Halle und Berlin, arbeitete unter Ernst von Bergmann (1836-1907) an den Chirurgischen Universitätsklinik Berlin. Bereicherte die Medizin u.a. mit seiner „Anleitung zur aseptischen Wundbehandlung“ (1892).

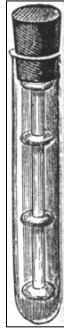


Abb. 20 - Glas mit Durit-Stopfen (Gummistöpsel) und massiver dreiteiliger Rolle aus Glas.

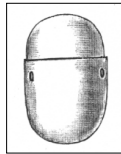


Abb. 21 - Ligaturnuss nach *Prof. Lanz*, aus Porzellan oder Glas.



Abb. 22 - Zelluloidzwirn nach *Pagenstecher*, in kleinen Schachteln à ca. 2 g Inhalt, in sortierten Stärken (No. 1[fein] bis 6), vollständig steril und gebrauchsfertig verpackt.



Abb. 23 - Golddraht, echt, Stärken 0 – 3, in Rollen à 5 g; Silberdraht, in 6 Stärken (24, 16, 10, 6, 4, 3) in Ringen Silberdraht, in Rollen à 6 g; Alumimiumbronze-Draht, Durchmesser 0,25 – 0,80 in Ringen; Alumimiumbronze-Draht, auf Holzspulen à zirka 1 m; Versilberter Kupferdraht (*Leonischer* Draht) in 5 Stärken.



Abb. 24 – Seide: a) Sterile Seide nach *Vömel* in kleinen Glasflakons, 6 verschiedene Stärken pro 1 Flakon; b) Seide, unpräpariert in 15 verschiedenen Stärken, Nr. 0-14 in Strängen à 7 ½ g pro 1 Strang; c) Turners Seide in Strängen ca. 7 m lang; d) Sterile Seide 1 Flakon, 3 verschiedene Stärken enthaltend.

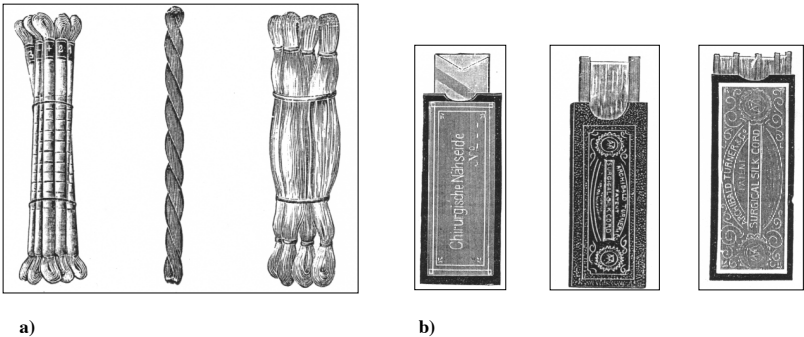


Abb. 25 – Seide: a) Ligaturseide, verschiedene Stärken, ungefärbt oder gefärbt (eisenschwarz), roh oder ausgekocht, gezwirnt, geflochten oder Turner Seide; b) Ligaturseide, auf Karton und in Schiebehülsen, gezwirnt, geflochten, gezwirnt, in versch. Stärken (roh, ausgekocht, eisenschwarz, karbolisiert, jodoformiert, sublimatisiert).

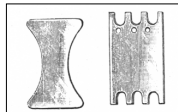


Abb. 26 - Glasplatten zum Aufwickeln von Nähmaterial, einfach oder für mehrere Stärken.

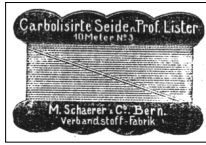


Abb. 27 - Seide auf Karton, in Pergamenthülse, Karton à 1 g, karbolisierte Seide (sog. *Listerseide*).

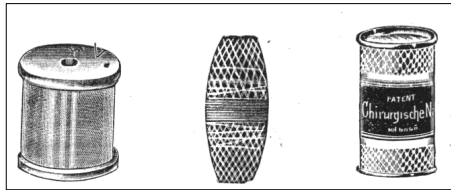


Abb. 28 - Ligaturseide auf Spulen (gezwirnt oder geflochten, roh, ausgekocht, eisenschwarz), Ligaturseide nach *Lanz*, in Bobinenform; Ligaturseide, gezwirnt, auf Holzrolle, in Blechdosen (roh, ausgekocht, eisenschwarz, karbolisiert, jodoformiert, sublimatisiert).

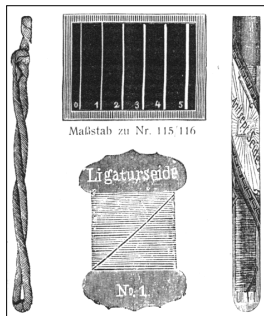


Abb. 29 - Seide, roh, in Strähnen von 5 g in 11 Stärken; Seide auf Kärtchen; Karbolisierte Seide, aufgespult, in Glasröhrchen, in den Stärken 0 bis 5.



einem Vorrat – Lieferung geht
fertiger Aufbewahrungsfähigkeit
offene Handhabung bei pünktiger
Verwendungsmöglichkeit – gegenwärtig
bisher gebräuchlicher Trochener
gen, aber es darf nicht ve

Abb. 30 – Vorratsbehälter für Nahtmaterial- Flachspulen.

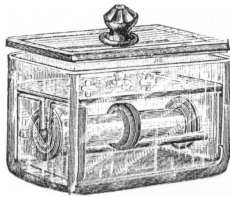


Abb. 31 – Glaskasten für Fadenspulen.

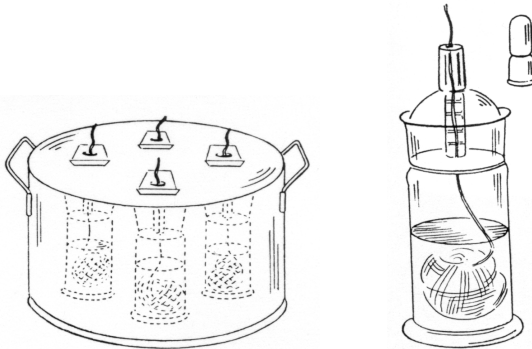
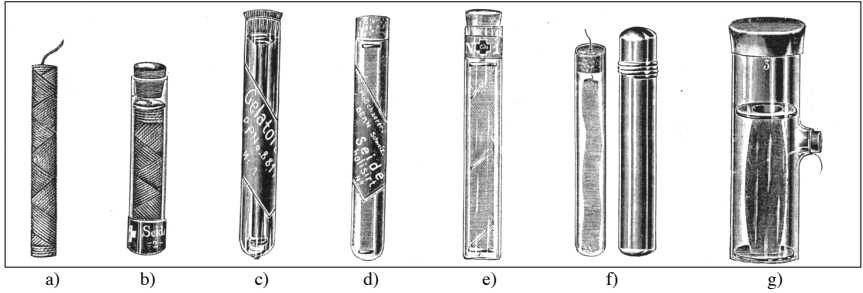


Abb. 32 – Fadenspender mit Gummideckel.



- Abb. 33** – Ligaturseide: a) gezwirnt, roh, in Bobinen à 2 g, Stärke 6–16;
 b) gezwirnt und präpariert mit Gelatoid, in Bobinen à zirka 2 g.; c) gezwirnt und präpariert mit Gelatoid, auf Milchglasrollen gewickelt in Glashülse.
 d) gezwirnt und karbolisiert nach *Lister* bzw. sublimatisiert, Stärke 6–48, in Glas; e) gezwirnt, roh, $\frac{1}{2}$ g auf Glasrolle, in Glasflakon;
 f) gezwirnt, steril, in Alkohollösung gekocht, nach *Saul*, in Glasflakon mit Metallhülse, per Flakon 1 Stärke;
 g) nach *Schuler*, in 1% Sublimatlösung, auf eine Glasspule gewickelt, in 4 Stärken, in Glasflakon.

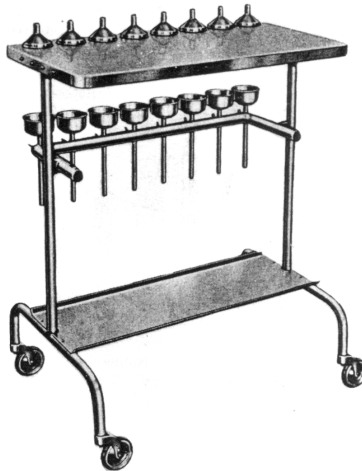


Abb. 34 – Fadenwagen.

Tab. 5 Die Entwicklung der industriellen Fertigung chirurgischen Nahtmaterials

ZEITALTER	INDUSTRIELLE FERTIGUNG	NAHTMATERIAL/VERPACKUNG
Mittelalter	Darmverarbeitende Industrie, Dalmatien und Venedig	Darmsaiten
1656	Boyaudiers, Frankreich	Industrie zur Herstellung von Musiksaiten, Bespannung von Tennisschlägern, Bürsten und chirurgische Nahtmaterialien
bis Ende 19. Jh.	Musiksaitenfabriken	„Gut“- Herstellung nicht für den Gebrauch am Menschen
	Chirurgen	Eigenständige Gewinnung bzw. Bearbeitung von Nahtmaterial
	Apotheker als Händler	
1864	B.Braun, Melsungen: Apotheke und pharmazeutische Fabrikation	
1866	Carl Wiessners Darmsaitenfabrik	Herstellung von Darmsaiten zu chirurgischen Zwecken (nicht steril/ nicht gebrauchsfertig)
1875	Fa. Paul Hartmann	„Listers Karbolcatgut“
1888	Boston, USA G.M. Randall	„tubed surgical gut“
Um 1900	Carl Wiessner's Darmsaitenfabrik H. Fürle	Sterileatgut
1906/09	Dr. Kuhn, Kassel Braun (Fertigung)	Katgutfabrikation: Steril Katgut Kuhn
1931	B. Braun und Wacker- Chemie	Polyvinylalkohol (Synthofil)
1935/39	I.G. Farben, Deutschland Du Pont, USA	Polyamid 6 (Perlon) Polyamid 6.6 (Nylon)
1939	BASF, Ludwigshafen	Ummanteltes Polyamid (Supramid ®)
1968	Davis & Geck	Polyglykolsäure (Dexon ®)
1974	Ethicon	Polyglactin 910 (Vicryl ®)
2000	Serag-Wiessner Braun-Dexon Ethicon Auto Suture (USSC)	Pflanzliche, organische, anorganische und synthetische Nahtmaterialien auf aktuellem Stand der Wissenschaft

6 Zusammenfassung

Chirurgische Nahtmaterialien werden nach ihren Konstitutionsmerkmalen und deren geschichtlicher Entwicklung beschrieben. Hierbei wird gezielt auf die Entwicklung der physikalischen und biologischen Eigenschaften eingegangen.

Zurückgegriffen wurde auf ein größtmögliches Repertoire an Literatur sowie Informationen von Wissenschaftlern aus der historischen und modernen Nahtmaterialforschung.

Es werden nichtresorbierbare und resorbierbare Nahtmaterialien unterschieden.

Zu den ältesten nichtresorbierbaren Nahtmaterialien zählen u.a. Fäden aus Pflanzenfasern, die vor ca. 3500 Jahren in Ägypten (Papyrus Edwin Smith) zum Einsatz kamen. Baumrinde, Dornen, Schleimharze sowie Pergament bereicherten den Pool pflanzlicher Nahtmaterialien. Nichtresorbierbares Nahtmaterial tierischen Ursprungs stellte um 500 v. Chr. (Susruta, Indien) die Ameisennaht dar. Haare von Mensch und Tier, Federkiele, Seide, Silkwormgut und Metalle gehören zu den Ausgangsmaterialien chirurgischen Nahtmaterials.

Synthetische Nahtmaterialien ergänzen Mitte des 20. Jahrhunderts die nichtresorbierbaren Fäden (Polyvinylalkohol, Polyamide, Polyolefine).

Bereits 500 v. Chr. verwendete Susruta Tiersehnen und damit resorbierbare Materialien zur Naht. Fasern, die aus Schafsdarm hergestellt wurden, waren wohl die ersten resorbierbaren Nahtmaterialien, die bei der chirurgischen Wundversorgung zum Einsatz kamen.

Jacques Guillemeau (1556-1613) stellte das Quellen und Faulen der Fäden aus Lautensaiten fest und nahm deshalb von deren Gebrauch Abstand. Im Jahre 1816 zeigte Philip Syng (Philadelphia, USA), dass der menschliche Körper gewisse Nahtmaterialien „verdaut“.

Mitte des 19. Jahrhunderts wurden in Deutschland tierische Ausgangsmaterialien in Experimenten getestet. Catgut wurde als erstes resorbierbares Nahtmaterial anerkannt und kam 1875 in den Handel (Fa. Paul Hartmann).

Heute stehen dem Chirurgen hochspezialisierte synthetische resorbierbare Nahtmaterialien zur Verfügung (Polyglykolsäure, Polydioxanon u.a.).

Der Aufbau eines Fadens wirkt sich unmittelbar auf seine Reaktion im Gewebe, die Handhabung u.a. (physikalische Parameter) aus.

Bereits 30 n. Chr. arbeiteten die Chirurgen mit multifilamentären Fäden. Celsus berichtet von geflochtenen Fäden. Im 13. Jahrhundert diskutierte man gedrehte Fäden (Lafranci, gest. um

1306). Leinen, Seide, Kamelhaare sowie Draht waren im Mittelalter in multifilamentärer Form erhältlich.

1896 beschreibt Gubaroff nachteilige Eigenschaften multifiler Fäden bei der Handhabung (Zusammenrollen, Verwickeln, Knotenbildung) im Gegensatz zum monofilen Faden.

1880 bewertete Morgenstern die glatte Oberfläche des monofilen Silberdrahtes positiv.

Positive Eigenschaften des geflochtenen Polyamidfadens werden 1954 von B.Braun hervorgehoben (Weichheit, Elastizität). Supramid® als modifizierter Polyamidfaden (1946) war der erste pseudomonofile Faden, der die positiven Eigenschaften sowohl des monofilen als auch polyfilen Fadens auf sich vereinigen sollte.

Eine Reizung des Wundkanals durch die raue Oberfläche von Fäden aus Pflanzenfasern wurde 1880 von Morgenstern konstatiert.

Bereits im Mittelalter sollte der Fadendurchmesser möglichst gering sein. Versuche zur Fadendicke wurden Ende des 19.Jahrhunderts durchgeführt. Die Einführung der Maßeinheiten vereinfachte den Vergleich verschiedener Fäden. Seit 1976 gibt es einheitliche Stärkebezeichnungen im metrischen System (Europäische Pharmakopöe).

Die Beschichtung von chirurgischem Nahtmaterial geht auf das 13. Jahrhundert zurück. Fäden wurden mit Fett gewichst. Später verwandte man Wachs oder Paraffin (14.Jh., Mondeville). 1912 nennt Bartke zur Beschichtung des Leinenzwirns das Wichsen oder das Imprägnieren mit Kolloid, Zelluloid und Formalingelatine. Ab Mitte der 70er Jahre des 20. Jahrhunderts standen vollsynthetische Beschichtungen zur Verfügung (z.B. Polyol, Polyglactin 370).

Die Färbung chirurgischer Fäden hilft dem Chirurgen bei der Erkennung dieser im Gewebe sowie der Unterscheidung von Fäden unterschiedlicher Eigenschaften.

Im 15. Jahrhundert schon gebrauchte Pfolspeundt grüne Seidenfäden, Guillemeau (16.Jh.) arbeitete u.a. mit scharlachroten Fäden.

Nahtmaterialien kann man anhand physikalischer Parameter unterscheiden.

1906 hält M. v. Braun in einer Studie über den Bruch von Draht nach der Naht von Patellafrakturen die fehlende Reißfestigkeit des Nahtmaterials in einem Teil der Fälle fest. Nun sollte die Ursache für das Zerreißen des Drahtes erforscht werden.

Die Zugfestigkeit (syn. Reißfestigkeit) dokumentiert Bartke 1912 für Seide und Zwirn.

Zugfestigkeitsmessungen werden seit 1960 in Laboratorien am Tensiometer durchgeführt. Durch entsprechende DIN-Normen ist das Zugfestigkeitsverhalten chirurgischer Fäden geregelt.

Auf die Interaktion zwischen Fäden und Gewebe kam 1880 Morgenstern zu sprechen. Der stark antiseptische Kupferdraht wurde selten gebraucht. Cr  d   (1819-1892) wies auf die antiseptische Wirkung des Silberdrahtes hin. Mit Einführung des Catgut wurde man mit fulminanten Gewebereaktionen konfrontiert und erst mit dem Wissen um Asepsis und Antisepsis (Lord Lister) konnten die iatrogenen Wundinfektionen minimiert werden. Die Dochtwirkung chirurgischer Fäden wurde Ende des 19. Jahrhunderts diskutiert, dann gezielt durch Oberflächenbearbeitung der Fäden zu eliminieren versucht.

Wohl nicht erst im Mittelalter legte man Wert auf gute Handhabungseigenschaften chirurgischer Fäden. Nach Henry de Mondeville (14. Jh.) sollten die Fäden geschmeidig, mitteldick bis dick, der Wunde angepaßt, gleichm  sig im Ganzen, knotenfrei und kurz sein. Die Sägewirkung im Gewebe sollte gering sein (Nikolaus Florentinus, gest. 1412). Paré (1510-1590) forderte einen angemessenen Knotenhalt seines Nahtmaterials. Passavant (1865) wünschte einen Faden, der nicht brüchig und zudem gut zu knüpfen sein sollte.

Im 8. und 7. Jahrhundert v. Chr. legten die Juden bei der Wundversorgung bereits gr  o  ten Wert auf Sauberkeit. Ihre Kenntnisse basierten auf der Medizin des alten Ägyptens. 200 n. Chr. legte Galen das Nahtmaterial vor Gebrauch in Alkohol ein. Lord Lister (1827-1912) desinfizierte chirurgisches Nahtmaterial sowie die Instrumente mit Karbolsäure. Operationen wurden unter Karbolspray durchgeführt. Mit seiner Veröffentlichung „On the antiseptic principle in the practice of surgery“ 1867 kam es zu einem Umdenken bei der Anwendung von Nahtmaterial, besonders auch bei seiner Herstellung. Das Nahtmaterial als Ursache von Wundinfektionen und folgender Wundheilungsstörungen war erkannt.

Sir Astley Cooper (1768-1841) versuchte durch Eintauchen von Catgutfäden in heißes Wasser, die Keimzahl so gering wie möglich zu halten und ist damit ein Wegbereiter der heutigen Hitzesterilisation. Die Einführung der Dampfsterilisatoren durch Trendelenburg (1844-1924) ebnete den Weg in eine aseptische chirurgische Wundversorgung in Deutschland. Gas- und Strahlensterilisation folgten.

Catgut stellte aufgrund seiner biologischen und physikalischen Eigenschaften für die Sterilisation ein besonderes Problem dar. Kuhn (1866-1929) machte sich um die Catgutsterilisation sehr verdient. Er ließ Catgut bereits von Beginn der Verarbeitung an in Iod einlegen, um einen möglichst keimfreien Faden anbieten zu können. Das Wissen um eine mögliche Kontamination bei Lagerung und Vertrieb führte zu Überlegungen einer günstigen Verpackung und Darreichungsform chirurgischen Materials. Kuhn forderte zusätzlich die staatliche Überwachung des Fabrikationsprozesses und weitere Forschung zum Thema Catgutsterilisation.

Chirurgische Nadeln waren spätestens im Ägypten des 3. Jahrtausends v.Chr. bekannt, so zum Beispiel die Nadel mit Öhr. Susruta besaß eine Vielzahl von chirurgischen Instrumenten, darunter runde, dreikantige und bogenförmige Nadeln. Die atraumatische Nadel-Faden-Kombination wurde 1874 als Patent angemeldet, setzte sich aber erst nach dem Zweiten Weltkrieg in der Chirurgie durch.

Bis Ende des 19. Jahrhunderts waren es die Chirurgen selbst, die um die Gewinnung und Verarbeitung des Nahtmaterials bemüht waren. Größere Fortschritte im Bereich Darreichungsform und Verpackung sind mit der industriellen Herstellung zu verzeichnen. Mit der Erkenntnis, dass sterile Fäden die Voraussetzung für eine ungestörte Wundheilung darstellen, wurde auch eine adäquate Verpackung gefordert.

1880 war die Faden-Einzelpackung erhältlich (Randall, Boston). Um 1900 wurden Nahtmaterialien auf Fadenträgern wie Glasspulen, Porzellanspulen, als Knäuel oder in Spendeflaschen geliefert, umgeben von sterilisierenden Lösungen (z.B. Karbol, Listers Karbolcatgut, 1875).

Die Flachspulenpackung ist eine Entwicklung des 20. Jahrhunderts. 1948 kamen Röhrchen auf den Markt, die sowohl außen als auch innen steril waren („steril pack“, USA)

Nadel-Faden-Verbindungen wurden am Anfang nur in Einzelverpackungen geliefert. Die Kunststoff- oder Aluminiumfolie brachte eine wesentliche Verbesserung: die bereits äußerlich sterilen Fäden werden direkt zum Gebrauch geöffnet. Die zweite äußere Aufreißfolie schützt die Sterilität der Außenseite der inneren Folie mit dem Faden, sodass dem Operateur nun ein einwandfrei steriler Faden zur Verfügung steht.

7 Bibliographie

- Artandi C (1980) A revolution in sutures. *Surgery, Gynecology & Obstetrics* 150: 235-236
- Artandi C (1981) Fibres in medicine. *Chemtechnics* 11: 476-481
- Bartke O (1912) Über das chirurgische Nahtmaterial. Berlin: Emil Ebering Verlagshandlung, 8*
- Braun B (1954) Die modernen Kunststoffe und ihre Anwendung in der Chirurgie. B.Braun Dexon
- B.Braun-Dexon: Der Wundverschluß im OP. 11. Aufl.. B. Braun-Dexon
- Braun H (1900) Über das chirurgische Naht- und Unterbindungsmaterial. *Münchener Medizinische Wochenschrift* 47 (15): 498-501
- Braun H (1900) Über das chirurgische Naht- und Unterbindungsmaterial. *Münchener Medizinische Wochenschrift* 47 (16): 538-540
- v. Brunn W (1948) *Geschichte der Chirurgie*. Bonn: Universitätsverlag Bonn
- v. Brunn W (1928) *Kurze Geschichte der Chirurgie*. Berlin: Springer Verlag
- Brunner C (1916) *Handbuch der Wundbehandlung*. Neue deutsche Chirurgie.
- Bücheler M (1999) DIN-orientierte Festigkeitsprüfung chirurgischer Gewebeverbindungen, *Chirurg* 70, 3: 316-320
- Chlumsky V (1899) Experimentelle Untersuchungen über die verschiedenen Methoden der Darmvereinigung. *Beiträge zur klinischen Chirurgie* 25: 539-600
- Claudius M (1902) Eine Methode zur Sterilisierung und sterilen Aufhebung des Katgut. *Deutsche Zeitschrift für Chirurgie* 64: 489
- Czerny V (1896) Über den Einsatz der Darmnaht durch den Murphyknopf. *Zentralblatt für Chirurgie* 23: 121-122
- Détert, Rudolf (um 1900) *Fabrik chirurgischer Instrumente*. Sonder-Preisliste D über Instrumente für Ohr, Nase, Hals, Schlund und die Nebengebiete. Berlin: Im Selbstverlag
- Dieffenbach J F (1845) *Operativer Chirurgie* Bd. 1, Leipzig: F.A. Brockhaus
- Dieffenbach J F (1848) *Operativer Chirurgie* Bd. 2, Leipzig: F.A. Brockhaus
- Diepgen P (1949) *Geschichte der Medizin*. 4 Bd. Berlin: Walter de Guyter & Co
- Engemann R (1985) Techniques of microsurgical vascular anastomoses in experimental microsurgery. In: Thiede A, Deltz E, Engemann R, Hamelmann H (Hrsg.): *Microsurgical models in rats for transplantation research*. Berlin: Springer, 19-24

- Erhardt E (1910) Die in der Chirurgie gebräuchlichen Nähte und Knoten in historischer Darstellung. Sammlung klinischer Vorträge 580/581: 175-213
- Ethicon: Nahtmaterial, Klammern, Implantate, Ethicon
- Ethicon (1946) The Ethicon Book of Sutures, New Brunswick , N.J., Ethicon suture laboratories, Division of Johnson & Johnson
- Ethicon, From Art to Science – The Story of Collagen sutures
- v. Frisch O (1912) Über die Verwendung des Silberdrahtes in der Chirurgie. Archiv für klinische Chirurgie 47: 831-841
- Goldenberg I (1959) Catgut, Silk and Silver – The history of surgical sutures. Surgery 46: 908-912
- Greife H (1901) Rennthiersehnen als Naht- und Ligaturmaterial. Münchener Medizinische Wochenschrift 48: 1005-1008
- Grundmann G (1979) Geschichte der Chirurgie. Aktuelle Probleme der Operationsabteilung. B.Braun-Dexon
- v. Gubaroff A (1896) Über die Anfertigung eines billigen und für chirurgische Zwecke ausreichenden Nahtmaterials. Zentralblatt für Chirurgie 23: 1025-1027
- Gurlt E (1964) Geschichte der Chirurgie. Bd. 2. Hildesheim: Georg Olms Verlag
- Halsted W S (1963) Ligature and suture material. Archives of surgery 87: 216-229
- Harmsen G (1994) Operationsabläufe von A-Z, Ein praktischer Leitfaden für instrumentierendes Nahtmaterial. Berlin: Blackwell Wissenschaft
- Heineke W (1876) Compendium der chirurgischen Operations- und Verbandslehre, 2. Auflage, Erlangen: Verlag von Eduard Besold
- Heister J, Chirurgie (1981) Reprint der Originalausgabe 1719 nach dem Exemplar der Sächsischen Landesbibliothek Dresden, Leipzig: Zentralantiquariat der deutschen demokratischen Republik
- Helpap B, Staib I, Seib U, Osswald J, Hartung H (1973) Zur Gewebereaktion parenchymatöser Organe nach Implantation von konventionell und strahlensterilisiertem Catgut, Bruns Beiträge für Klinische Chirurgie 220, 3: 323-333
- Hudemann H (1959) Chirurgisches Nahtmaterial. Jena: VEB Gustav Fischer Verlag
- Keil G (2002) Roger Frugardi und die Tradition langobardischer Chirurgie. Sudhoffs Archiv 86, 1: 1-26

- Knoop M, Lünstedt B, Thiede A (1987) Maxon und PDS – Bewertung physikalischer und biologischer Eigenschaften monofiler, absorbierbarer Nahtmaterialien, Langenbecks Archiv für Chirurgie 371,1: 13-28
- Knote G, Köhnlein H E (1976) Zur Frage der Bakterizidie von präpariertem Nahtmaterial, Zentralblatt für Chirurgie 101, 17: 1070-1075
- Knorr M (1930) Der Keimgehalt des sterilen Handelskatguts. Sonderdruck aus der Münchener Medizinische Wochenschrift 14: 581
- Köhler A (1901) Geschichtliches über unser Nahtmaterial. Deutsche Medizinische Wochenschrift 27: 236-239
- Kort J (1969) Fremdmaterialien in der Chirurgie. Die Medizinische Welt: 1723-1727
- Krug A (1984) Heilkunst und Heilkraft – Medizin in der Antike. München: C.H. Beck
- Kuhn F (1906) Katgut vom gesunden Schlachtthier. Münchener Medizinische Wochenschrift 53: 2018-2020
- Kümmel (1883) Archiv für Klinische Chirurgie, Bd. 28: 207
- Kutscher H, Hackensellner HA, Näther J (1966) Gefriergetrocknetes Nahtmaterial aus Rattenschwanzsehnen. Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde 149, 1: 58-64
- Lister J (1867) On the antiseptic principle in the practice of surgery. Lancet 353-356
- Lister J (1869) Ligature of arteries an antiseptic system. Lancet I: 451-455
- Lünstedt B, Thiede A (1983) Polydioxanon (PDS) – ein neues monofiles synthetisches absorbierbares Nahtmaterial. Der Chirurg 54: 103-107
- Lünstedt B, Thiede A (1983) Pathophysiologische Aspekte, Weiter- und Neuentwicklungen der absorbierbaren vollsynthetischen Nahtmaterialien, Zentralblatt für Chirurgie 108, 8: 470- 477
- Mackenzie D (1973) The history of sutures. The Scottish Society of th History of Medicine 17 (2): 158-188
- McVaugh M (1996) Therapeutische Strategien: die Chirurgie. In: Grmek, M (Hrsg.) Die Geschichte des medizinischen Denkens. München: CH Beck: 293-331
- Madlener M (1910) Catgut oder unresorbierbares Nahtmaterial. Zentralblatt für Chirurgie 35: 1-4
- Medicinisches Waarenhaus (1910), Hauptkatalog Nr.33. Chirurgie-Instrumente. Arzt-Ausrüstungen. Spezial-Instrumentarien. Im Selbstverlag des Medicinischen Waarenhauses A.-G., Berlin. Reprint nach dem Original-Katalog (1987).Hannover: Verlag Th. Schäfer

- v. Mikulicz J (1904) Einiges über Naht und Nahtmaterial. Deutsche Medizinische Wochenschrift : 1415-1465
- Morgenstern R (1880) Das chirurgische Nähmaterial. Berlin: L. Schumacher Verlag, 8*
- Mucker A (1990) Geschichte des chirurgischen Nahtmaterials, 8*
- Nockemann P F (1980) Die chirurgische Naht. 3. Aufl. Stuttgart New York: Georg Thieme Verlag
- Nockemann P F (1992) Die chirurgische Naht. 4. Aufl. Stuttgart New York: Georg Thieme Verlag
- Nockemann P F (2001) Nahttechniken und Nahtmaterialien. In: Hartel W, Keminger K et al (Hrsg.) Viszeralchirurgie.Quellen – Entwicklung – Status. Reinbek: Einhorn- Presse Verlag
- Nöthiger F, Ziegler W J et al (1980) Nahtmaterial in der Darmanastomose, Helvetica Chirurgica Acta, Suppl. 14, Basel Stuttgart
- Ölschlegel F F, Luther B, Arnst C B (1986) Chirurgie im alten Ägypten. Zentralblatt für Chirurgie 111: 814-821
- Pagenstecher A (1899) Cellulosezwirn, ein neues Näh- und Unterbindungsmaterial. Deutsche Medizinische Wochenschrift 25, Therapeutische Beilage 26: 26
- Passavant G (1865) Einige Bemerkungen über die Wundnaht und über die Anwendung des Seegrases zu diesem Zweck. Archiv Klinische Chirurgie Berlin 6: 370-371
- Penshorn D (1967) Prüfung von Nahtmaterial und chirurgischen Knoten in mechanischen und mechanisch-chemischen Versuchen, Chirurg, 38, 12: 553-557
- Pichler R (1901) Über den Werth des Aluminiumbronzedrahtes in der Chirurgie. Zentralblatt für Chirurgie 28: 417-419
- Retzlaff K (1928) Seide und Katgut als Nahtmaterial. Berlin: Emil Ebering Verlagshandlung, 8*
- Ritter A (1945) Catgut – Geschichtliche Entwicklung und heutiger Stand nebst neuen experimentellen Untersuchungsergebnissen über seine Resorption. Helvetica Chirurgica Acta Vol.12, Fasc.3, Suppl.15, Basel: Benno Schwabe Verlag
- Rosenthal W (1917) Über die Verwendung von Pferdehaaren als Nahtmaterial. Feldärztliche Beilage zur Münchener Medizinischen Wochenschrift 114: 270
- Salamon A, Kadas I, Sarang I, Vido S, Ihasz M, Nemeth L (1980) Untersuchung der von verschiedenartigen Fäden verursachten Gewebsreaktionen, Acta chirurgica academiae scientiarum hungaricae 21, 1: 31-42

- Saul E (1896) Ein neuer Versuch zur Sterilisation des Catguts. Berliner Klinische Wochenschrift 33: 45
- Saul E (1896) Zur Catgutfrage. Berliner Klinische Wochenschrift 33: 942
- Schaerer, M (um 1910) Sanitätsgeschäft. Illustrierter Katalog über technische Hilfsmittel und Einrichtungen für die gesamte Medizin und Chirurgie. Bern: Haller'sche Buchdruckerei
- Schiller A (1900) Zur Verwendung ungedrehter Rennthiersehnenfäden als Naht- und Ligaturmaterial. Münchener Medizinische Wochenschrift 47: 1555-1558
- Schipperges H (1967) 5000 Jahre Chirurgie. Kosmos Bibliothek. Stuttgart: Franckh'sche Verlagshandlung
- SERAG-Wiessner
- SERAG-Wiessner (1976) Chirurgisches Nahtmaterial.
- Sewell J H (1959) A brief history of sutures. Texas state journal of medicine 55: 916-917
- Smailys A J, Predikis Y Y, Vaichyuvnas V A, Veseliunas I I, Sudintas V V (1980) Die Aufbereitung von chirurgischem Material mit antibakteriellen und antikoagulierenden Eigenschaften, Zentralblatt für Chirurgie 105 (2): 87-93
- Snyder C (1976) On the history of the suture. Plastic & Reconstructive Surgery 58 (4): 401-406
- Sofoteroff S (1911) Frauenhaar als Nahtmaterial für die Gefäßnaht. Zentralblatt für Chirurgie 38: 727-728
- Steinbrück R (1917) Erfahrungen während der Kriegszeit mit dem Verpacken, Behandeln und Keimfreimachen gezwirnter Seide im Vergleich zu geflochtener Seide, Leinenzwirn und Hanfzwirn. Deutsche Militärärztliche Zeitschrift 45/46: 384-386
- Stephan H G (1993) Der Chirurg von der Weser. Sudhoffs Archiv 77 : 174-192
- Teubner E (1973) Zur Geschichte der Ligatur und des chirurgischen Nahtmaterials. Die Medizinische Welt 24 (22): 946-950
- Thiede A (1977) Gefäßstransplantation. Die Bedeutung immunologischer Reaktionsmechanismen. Untersuchungen an standardisierten Ratteninzuchtstamm-Kombinationen (Ergebnisse der Angiologie, vol. 15). Stuttgart: Schattauer Verlag
- Thiede A (1978) Nahtmaterial in der Chirurgie. Die Bedeutung der Ausgangssubstanz und des Aufbaus chirurgischer Nahtmaterialien für den Anwendungsbereich in vivo, Fortschritte der Medizin 9, 19: 1010-1012
- Thiede A, Lünstedt B (1979) In vivo Untersuchungen bei Nahtreaktionen an sterilen und

- infizierten absorbierbaren und nicht absorbierbaren chirurgischen Nahtmaterialien. Zentralblatt für Chirurgie 104: 568-581
- Thiede A, Jostarndt L, Lünstedt B, Sonntag HG (1980a) Kontrollierte experimentelle histologische und mikrobiologische Untersuchungen zur Hemmwirkung von Polyglycolsäurefäden bei Infektionen. Chirurg 51: 35-38
- Thiede A, Lünstedt B, Sonntag HG (1980b) Untersuchungen in vivo zum linearen Reißfestigkeitsverlust von absorbierbaren vollsynthetischen Fäden. Chirurg 52: 768-773
- Thiede A, Lünstedt B, Beck C (1981) Absorbierbare Nahtmaterialien der 2. Generation. Gewebeverhalten und erweiterte Indikationen, Langenbecks Archiv für Chirurgie 355: 479-484
- Thiede A, Hamelmann H (1982) Moderne Nahtmaterialien und Nahttechniken in der Chirurgie. Berlin Heidelberg New York: Springer Verlag
- Thiede A, Stüwe W, Lünstedt B (1985) Vergleich von physikalischen Parametern und Handhabungseigenschaften kurzfristig und mittelfristig absorbierbarer Nahtmaterialien, Chirurg 56, 12: 803-808
- Thiede A, Geiger D (1998) Nahtmaterialien, Kommentar zur PH.EUR. 1997, 9 Lfg.
- Toellner R (1990) Illustrierte Geschichte der Medizin, Genehmigte Sonderausgabe, Deutsche Ausgabe: Andreas & Andreas Verlagsbuchhandlung, Salzburg, Bd. 1-6
- Vollmuth R (2001) Traumatologie und Feldchirurgie an der Wende vom Mittelalter zur Neuzeit. Sudhoffs Archiv. Beiheft 45: 3-324
- Walsch G (1976) Chirurgisches Nahtmaterial im Wandel der Zeiten. Karlsruhe.
- Westendorf W (1966) Papyrus Edwin Smith. Ein medizinisches Lehrbuch aus dem alten Ägypten. Bern Stuttgart: Verlag Hans Huber, 8*
- Williams O (1961) Suture, its packaging and sterilization. Ethicon.

Danksagung

Herrn Prof. Dr. med. Arnulf Thiede, Chirurgische Universitätsklinik und Poliklinik, Würzburg, danke ich besonders für die Überlassung des Dissertationsthemas und die freundliche Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit.

Herrn Prof. Dr. med. Dr. phil. Gundolf Keil, Institut für Geschichte der Medizin, Universität Würzburg, danke ich für die freundliche Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit und die Übernahme des Korreferats.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. med. Ulrich Dietz, Chirurgische Universitätsklinik und Poliklinik, Würzburg, für die sehr gute Betreuung sowie die kritische Durchsicht der Manuskripte.

Weiter möchte ich mich bedanken bei:

Herrn Prof. Dr. med. Albrecht Scholz, Institut für Geschichte der Medizin, Technische Universität Dresden

Herrn Dr. med. Paul- Ferdinand Nockemann, Mühlheim / Ruhr

Frau Erika Schmidt, Apothekerin, Serag-Wiessner, Naila

Herrn Alfons Schmidbartl, Herstellungsleitung, Serag-Wiessner, Naila

Herrn Dr. Gerlach , B. Braun – Dexon, Spangenberg

Firma Ethicon, Norderstedt

MONIKA FRANZISKA MARIA FLURY

PERSÖNLICHE INFORMATION

- Geburtsdatum: 20.02.76
- Geburtsort: Schweinfurt

AUSBILDUNG

- | | |
|------------------|---|
| Ab Januar 2003 | Ärztin im Praktikum,
Klinik und Poliklinik für Kinder- und
Jugendmedizin, Universitätsklinikum Dresden |
| 2000-2002 | Studium der Humanmedizin,
Technische Universität Dresden,
Medizinische Fakultät Carl Gustav Carus |
| 1996-2000 | Studium der Humanmedizin,
Julius-Maximilians-Universität Würzburg |
| 1989-1995 | Regiomontanus-Gymnasium Haßfurt |
| 1986-1989 | Celtis-Gymnasium Schweinfurt |
| 1982-1986 | Peter-Wagner-Volksschule Theres |
| • November 2002 | 3. Staatsexamen, Humanmedizin |
| • September 2001 | 2. Staatsexamen, Humanmedizin |
| • März 1999 | 1. Staatsexamen, Humanmedizin |
| • März 1998 | Physikum |
| • Mai 1995 | Allgemeine Hochschulreife |

Dresden, 20. Dezember 2002



