

# Faserbasierte Implantate und Tissue Engineering

**Dr.-Ing. Dilbar Aibibu**

**Teilnehmer: MwDMB-9-VTM  
MwDMB-3-AVT**

---

# Kapitel 4

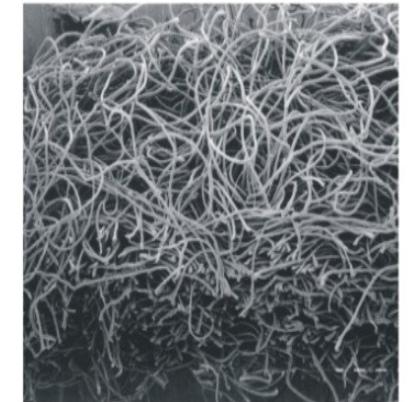
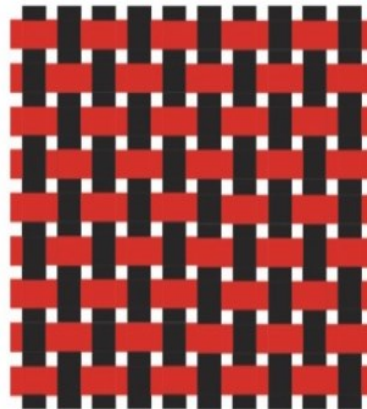
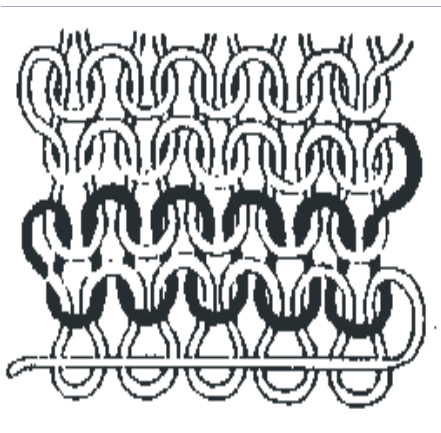
## Faserbasierte Strukturen als Biomaterial

---

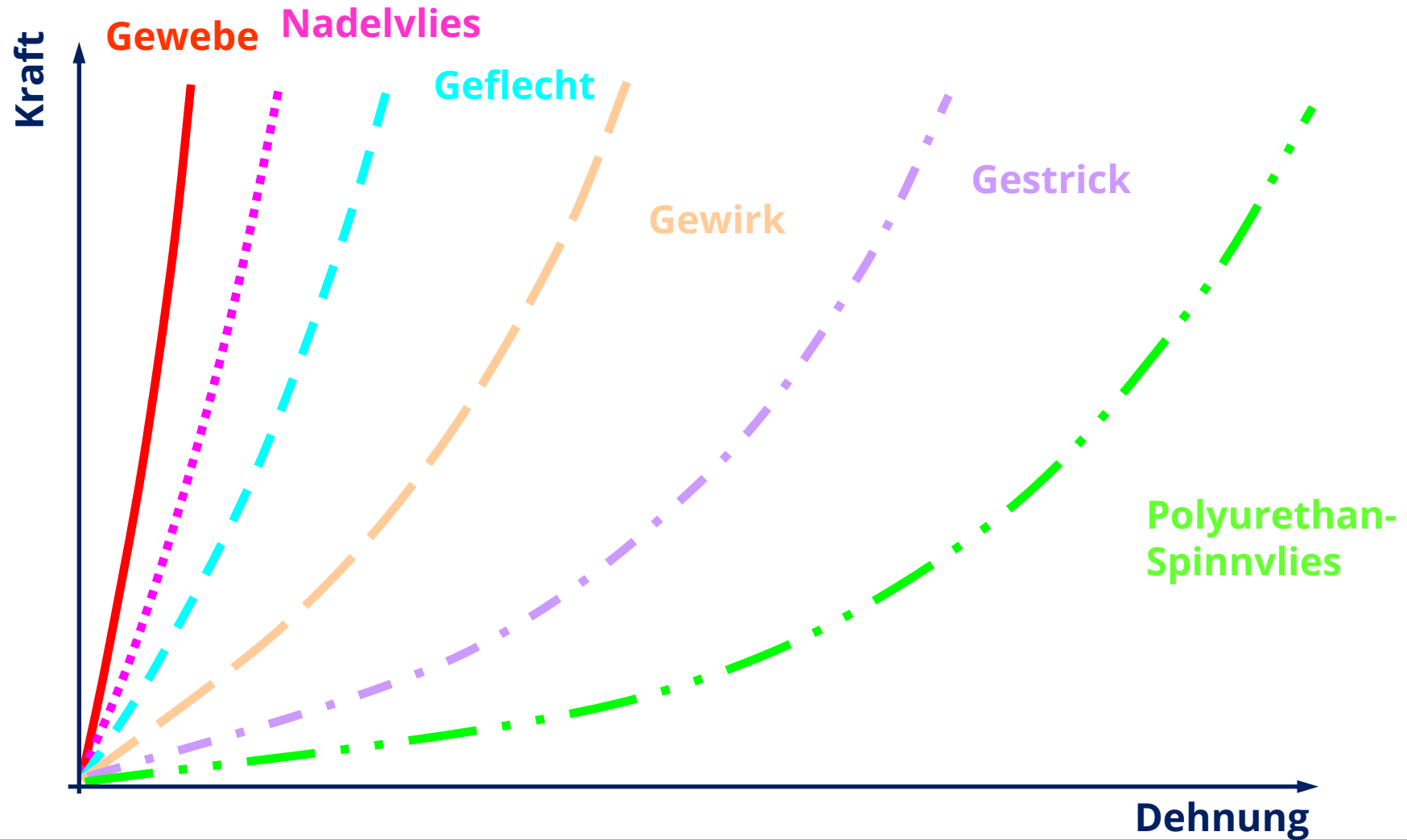
# 4.1 Textile Strukturen

# Funktion von Implantaten

- Gewebeersatz
  - Funktionsersatz von Gewebestrukturen
  - Kraftübertragung
- Gewebeunterstützung
- Hilfsmittel
- Verstärkung von Kunststoff-Implantaten



# K-D Verhalten



# Gewebeersatz

## Funktionsersatz

kein natürliches Gewebe verfügbar oder geschädigt

### Ziel des Funktionsersatz

- Die ursprüngliche physische und biologische Rolle der Gewebestruktur wiederherstellen.
- Die Heilung fördern und den Körper langfristig entlasten.
- Die Lebensqualität und Funktionalität des Patienten verbessern.

Anwendung	Struktur	Funktion
Blutgefäße	Gewebe, Gewirke, Gewebe+Nitinol, Vliesstoffe als Patches	Sicherstellung des Blutflusses
Anulus	Gewirke als Nahtring	Befestigung /Stabilisierung der Herzklappe
Sehnen- und Bänder	Geflecht, Gewebe, Gewirk	Stabilisierung von Gelenken
Knorpel	Vliesstrukturen als Scaffold, Flockstrukturen als Implantat	Stoßdämpfung und reibungslose Bewegung in Gelenken
Haut	Vliese als Scaffold	Schutz des Körpers vor Infektionen, Feuchtigkeitsverlust und äußeren Einflüssen
Dura	Vliesstoffe	Schutz des Gehirns von äußeren Einflüssen

# Gewebeersatz

## Kraftübertragung

- Von Knochen zu Knochen
- Von Muskel zu Knochen

Anwendung	Struktur	Funktion
Bänder	Zwirn, Geflecht	Kraftübertragung
Sehne	Zwirn, Geflecht	Kraftübertragung

# Gewebeunterstützung

## Gewebeunterstützung

Verstärkung der geschwächte Gewebe und dessen Regeneration

Anwendung	Struktur	Funktion
Blutgefäß/Stent	Geflecht	Offenhalten von durch Arteriosklerose verengten Blutgefäßen
Sehnen- und Bänder	Geflecht	Augmentation und Stabilisierung
Leisten- und Hernien	Gewirke/Netze	Stabilisierung und Verstärkung der Bauchbindegewebe
Brustgewebe	Gewirke/Netze	Rekonstruktion oder Verstärkung des Brustgewebes nach einer Mastektomie
Weichgewebe	Gewirke, Vliesstoffe	Verhindert Dehnungen, reißende Narben oder das Absinken von Gewebestrukturen
Beckenorganprolaps oder Harninkontinenz	Vliesstoffe	Stabilisiert das Beckenboden- oder Bändersystem

# Hilfsmittel

---

## Hilfsmittel

temporäre oder langzeitige Fixierung von Geweben

Anwendung	Struktur	Funktion
Nahtmaterialien	Monofil, Zwirn, Geflecht	Wundverschluss, Schutz vor Infektionen, Funktionserhalt
Bauchdeckenverschluss (Reißverschluss)	Gewebe	Zur wiederholten Reinigung und Desinfektion des Bauchs
Hautdurchleitungen für Katheter oder Sonden	Vliesstoffe	Schutz vor Infektion, Fixierung

# Verstärkung von Implantaten

## Verstärkungsmaterial

- Verstärkung von Kunststoffen zur Erzielung von
  - Höheren Festigkeiten
  - Höheren Biegesteifigkeiten
  - Höhere Dämpfung
  - Geringem Kraftfluss

Anwendung	Struktur
Osteosynthese-Platten	Faser, Geflecht
Knochenstifte	Faser, Garn Geflecht

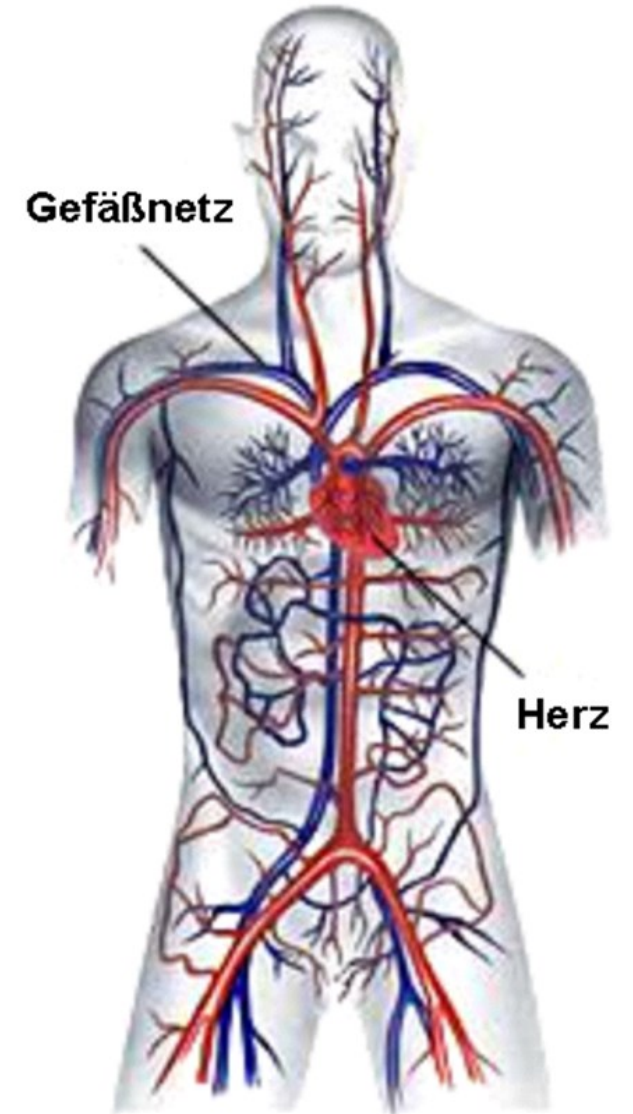


## 4.2 Gefäßprothesen

# Gefäßprothese

## Blutkreislauf des Menschen

- Gefäßnetz: Aorten, Arterien, Arteriolen, Venen, Venolen, Kapillaren
- Arteriensystem (rot): Hochdruckbereich
  - Verteilen das Blut an alle Organe
  - Versorgen mit Sauerstoff und Nährstoffen
  - etwa 15 % des gesamten Blutvolumens
  - Blutdruck-Regulierung → Ausweitung, Verengung
- Venöse System (blau): Niederdruckbereich
  - Sammeln das Blut und transportieren es zum Herz
  - Abtransport von Kohlendioxid,
  - etwa 85 % der gesamten Blutmenge
  - wichtig für Wärmeregulation des Körpers



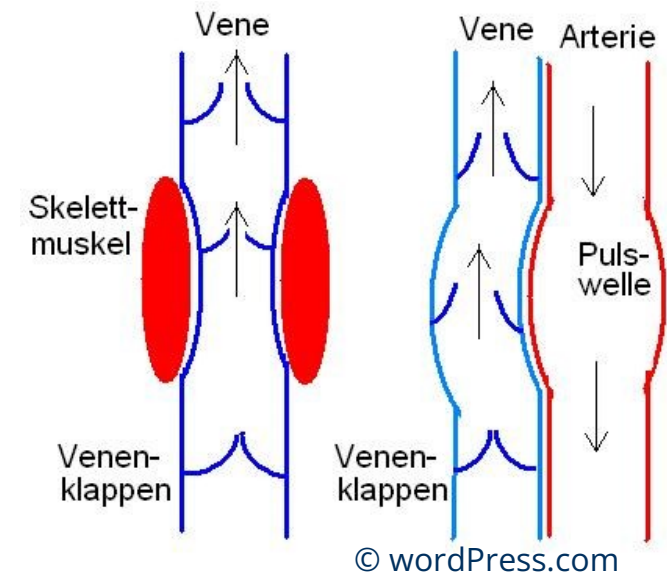
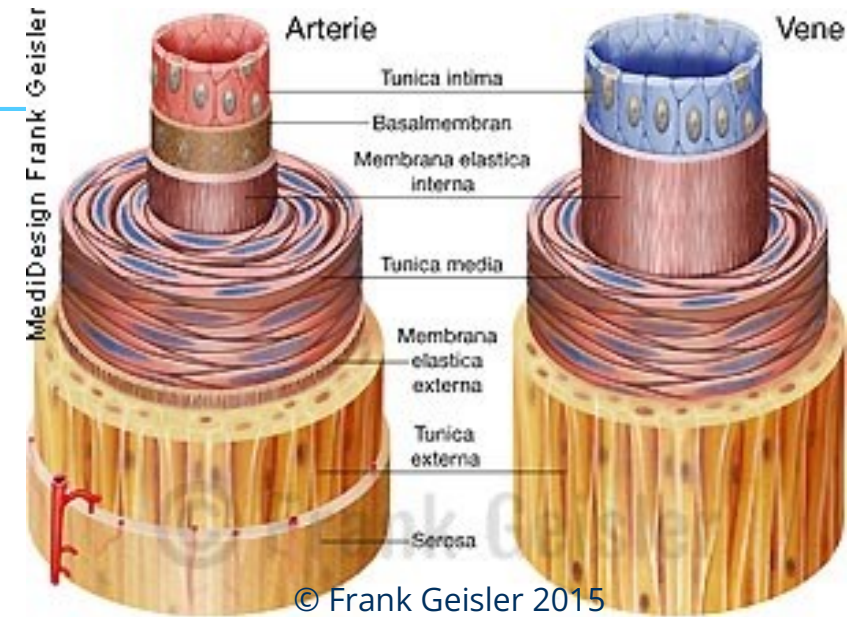
# Gefäßprothese

## Arterien

- Gefäßwände sind dicker und muskulöser
- Bluttransport durch Pulswellen  
ca. 60 - 80 pro min

## Venen

- Venenwände sind dünner
  - besitzen keine elastische Membran
- Venenklappen = Rückschlagventile
  - Verhindern ein Absacken des Blutes
- Bluttransport durch Muskeltätigkeit und Pulswellen der Arterien



# Gefäßprothese

## Erkrankungen des Gefäßsystems

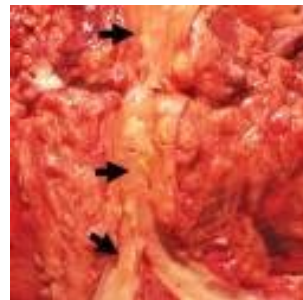
- vorwiegend degenerative Veränderungen der Gefäßwand: Arteriosklerose
- Ursachen bislang nicht vollständig geklärt:
  - altersbedingte Abnutzung der Gefäße
  - Hypertonie
  - Entzündung der Gefäßwand infolge von Rheuma
  - veränderte stoffwechselbedingte Zusammensetzung des Blutes
  - Genussgifte (Nikotin, Alkohol)
  - dauernde Stress-Situationen

Histologischer Nachweis bei degenerativen Veränderungen:

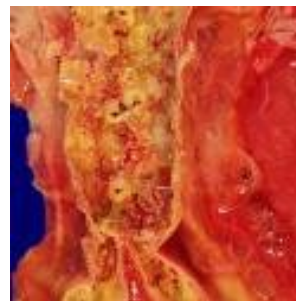
Normalbefund



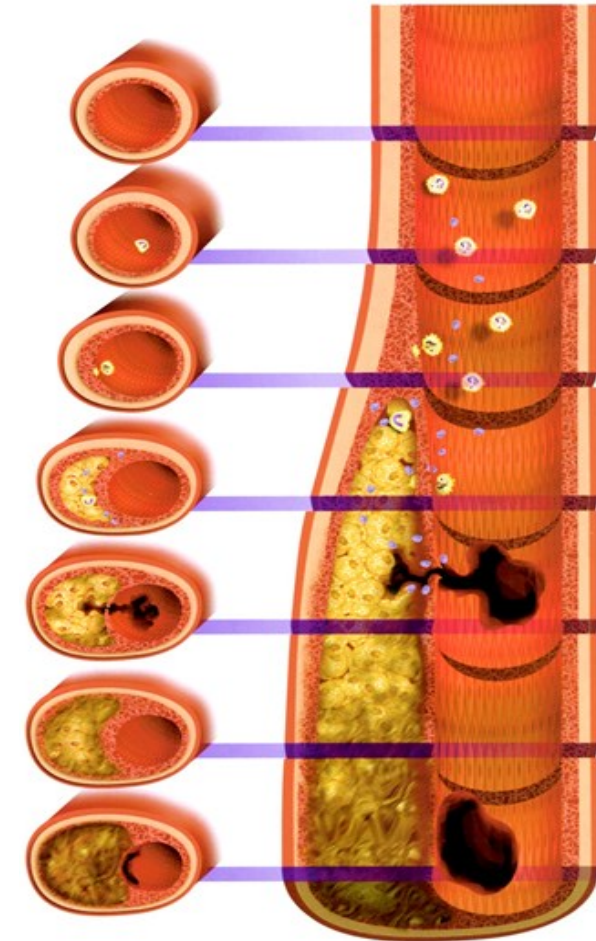
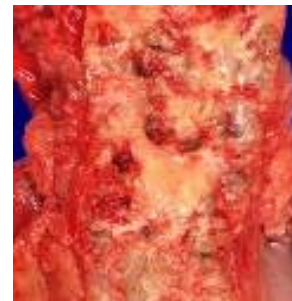
leichte Atherosklerose



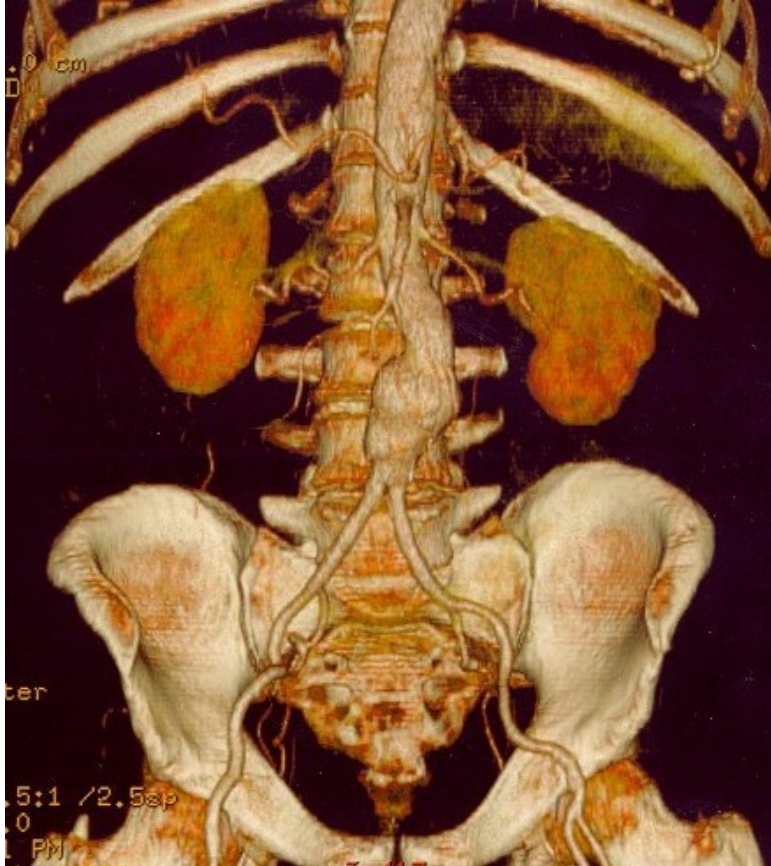
mittelschwere Atherosklerose



schwere Atherosklerose



© Sanofi-Aventis



## Aneurysma der Bauchaorta

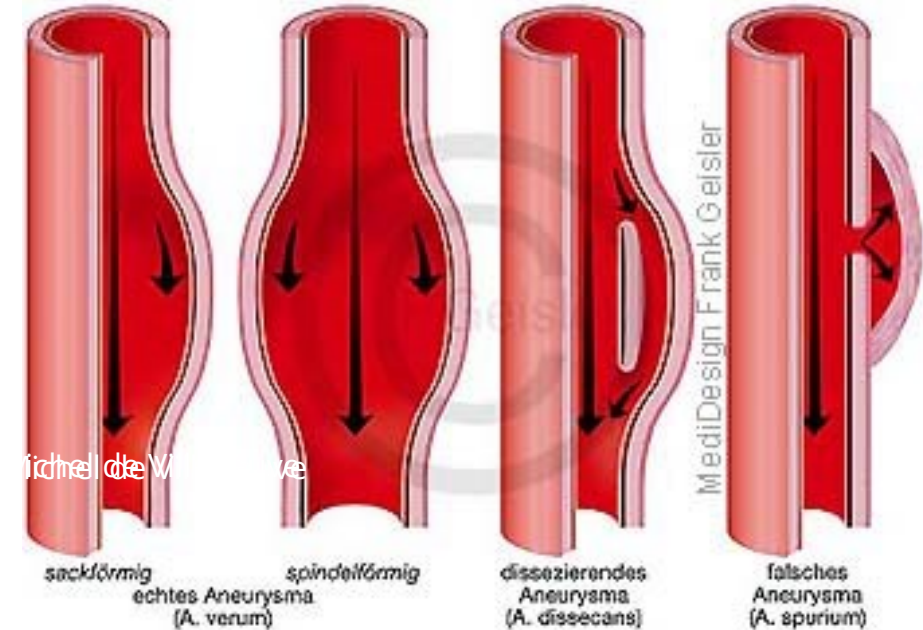
Aussackung ( $\varnothing > 3 \text{ cm}$ ) der Hauptschlagader (Aorta) im Bauchteil

Grund: Arteriosklerose  $\rightarrow$  Gefäßwände sind unelastisch und nachgiebig

Risikofaktoren: Hypertonie, Cholesterin, Rauchen

Folgen: Embolie (Verschluss), Ruptur (Reißen) der Gefäßwand

Therapie: Operation  $\rightarrow$  Bauchaorta-Prothese



# Gefäßprothese

## Zerebrales Aneurysma

= Lokalisierte Ausweitung einer Arterie

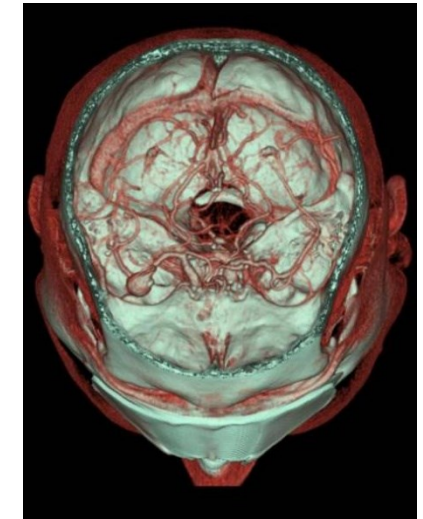
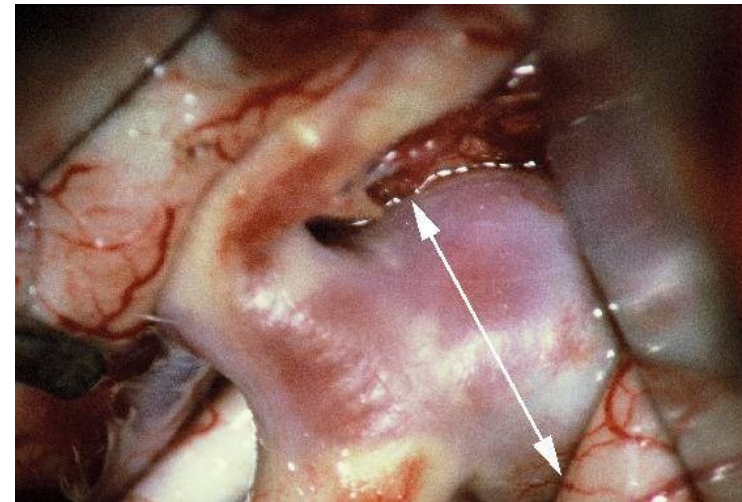
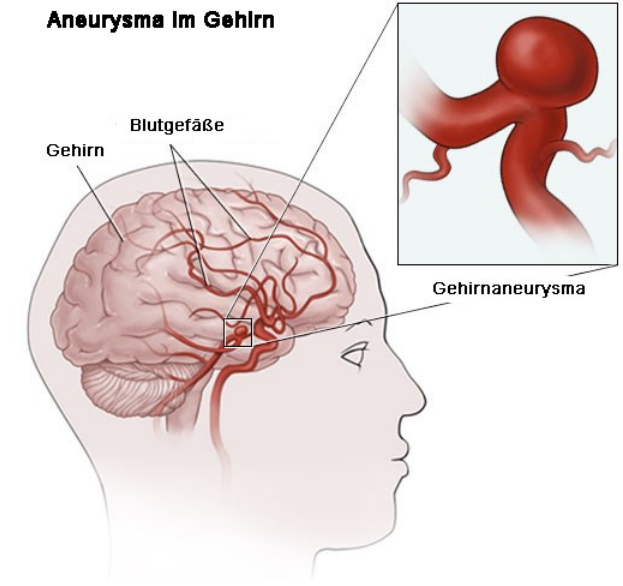
→ meist als Aussackung an einer Seite

Grund: Arteriosklerose (70 - 90 %)

Risikofaktoren: Hypertonie, Cholesterin,

Folgen: Embolie (Verschluss), Ruptur (Reißen)

Therapie: Operation → Clipping, Wrapping, Coiling



# Gefäßprothese

**Gefäßprothese** = röhrenförmiges Implantat für die Überbrückung eines Gefäßabschnittes

**Blutgefäß-Stent** = implantierbares, röhrenförmiges, dehnbares Gefüge zur Stützung eines Blutgefäßes

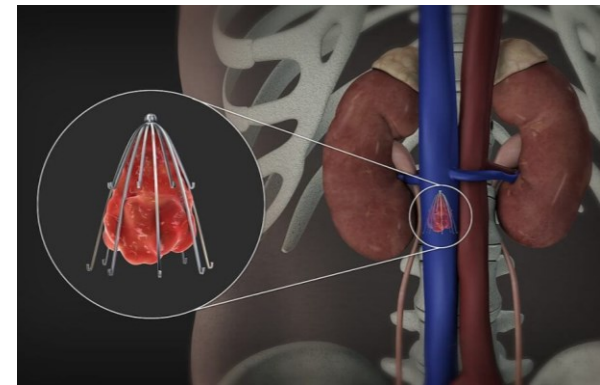
**Hohlvenenfilter** = implantierbare, dehnbare Filtervorrichtung, welche in die Hohlvene eingeführt wird mit Aufgabe: Abfangen von großen Thromben

Bedarf an künstlichen Ersatz von Blutgefäßen steigt weltweit kontinuierlich an

→ derzeit nur in Deutschland 150 000 Prothesen pro Jahr → Routineoperation

**Indikation** Gefäßprothesen bei

- Erkrankungen des Gefäßsystems (60 % der Fälle)
- Gefäßmissbildungen
- Unfälle





# Gefäßprothese

## Herkunft

- Autologe patienteneigener Vene immer noch bevorzugt  
→ geringe Abstoßungsreaktion
- Natürliche heterogene Materialien (allogene und xenogene)
  - denaturierte Schweine- oder Kalbsvenen
  - denaturierte menschliche Nabelschnüre  
→ Risiko: - degenerative Veränderung des Prothesenmaterials  
- Aneurysmenbildung  
- AIDS / BSE
- alloplastische Prothesen (Kunststoff)
- Metall / Kunststoff : minimalinvasive Prothesen → Stents



# Gefäßprothese

---

30er Jahre: Kunlin in Paris: autologes Venenmaterial

Hufnagel: Konservierung und Sterilisation von Venenmaterial

1952: Vorhees in USA: poröse Gewebe als Patch → Endothelbildung

1954: Vorhees und Blackmore: Beginn der rekonstruktiven Gefäßchirurgie  
→ abdominale Aneurysmen durch synthetisches Material überbrückt

1955: Edwards und Tapp: Polyamid 6.6 (Nylon) → Überbrückungsprothese mit Plissierung (Crimping)

1955: Hufnagel: Polyacryl (Orlon, Du Pont, USA) und Nahtlose Prothese durch Self

1957: De Bakey: PET (Dacron, Du Pont, USA)

1959: Edwards PTFE (Teflon, Du Pont, USA) und Julian Microcrimping

60er Jahre: De Bakey: gestrickte und gewebte Prothesen aus PET

80er Jahre: Stents

# Gefäßprothese

## Materialien alloplastischer Gefäßprothesen

**PET** : seit 1952 verwendet, am häufigsten eingesetzt

- als Multifilamentgarn zu textilen Gefäßprothesen gewebt, gewirkt
- medical grade Materialien: Forderung FDA

**PTFE**: seit vielen Jahren für den Gefäßersatz verwendet

- gewebt oder mikroporös (ePTFE)
- starke Hydrophobie, hohe Antithrombogenität
- zusätzliche Verstärkung von ePTFE erforderlich (Knickbeständigkeit)

**PUR**: bislang lediglich experimentell als Gefäßprothesen-Material eingesetzt

- Stent-Beschichtung (Folie, Fasern)

**LTIC** (Low-Temperature-Isotropic-Carbon) → antithrombogene Beschichtung

- auf textilen Gefäßprothesen (Bard, USA),
- auf mikroporösen Gefäßprothesen aus ePTFE (Gore, USA; Impra, USA)
- klinisch kein signifikanter Vorteil → deshalb kein Einsatz mehr

**Metalle** (z. B. Ni-Titan-Legierung NITINOL)

- Passive Dillation → Aufdehnen durch Ballondilatations-Katheter
- Aktive Dillatation → Shape-Memory-Metalle

## Anforderungen

### 1. **Dauerstabilität** trotz pulsierender Dauerbelastung

- Verhinderung der Aneurysmenbildung durch Aussacken der Wand
- z. B. durch Materialkriechen oder Strukturveränderung

### 2. **Kraft-/Dehnungs-Verhalten** insbesondere beim kleinlumigen Ersatz

Compliance zur natürlichen Arterienwand gefordert

- Windkesselfunktion der natürlichen Arterie unterstützt Herz aktiv beim Transport des Blutes in herzferne Gefäße
- wenn keine Compliance
  - hämodynamischen Störstellen → Thrombusbildung
- deshalb Abstimmung des Kraft/Dehnungsverhaltens der Prothese auf entsprechende radiale, reversible, elastische Dehnbarkeit der Wirtsarterie → Verhinderung von reaktiven Intima-Hyperplasien an den Nahtstellen

# Gefäßprothese

---

## Anforderungen

### 3. Porosität

- "optimalen Porosität" nicht pauschal beantwortbar → indikationsabhängig
- Versorgung der Neointima durch Blutstrom und Fibroblasten
- Porengröße größer als 25 - 30  $\mu\text{m}$  bzw.
  - Wasserdurchlässigkeit von mehr als 5  $\text{ml}/\text{cm}^2/\text{min}$
  - Durchwachsen der Struktur mit Bindegewebe
- kleinlumige Prothese → Überbrückungsfunktion
  - körperfremdes Material bildet die eigentliche Gefäßwand
- großlumige Prothese → Stützfunktion
  - Armierung des einwachsenden Bindegewebes

### 4. Wanddicke

- Einfluss auf Versorgung der Neointima → Diffusionsstrecke
  - entweder die Wanddicke möglichst dünn oder Porosität relativ hoch

## Anforderungen

### 5. Durchmesser

- Durchflusswiderstand wird durch Viskosität des Blutes und Durchmesser des Gefäßes bestimmt
- Radiusabnahme eines Gefäßes bewirkt Erhöhung (mit der 4. Potenz) Strömungswiderstandes und Verringerung Volumenstroms
- Auswirkung Durchmesseränderungen durch Dickenzunahme
  - beim kleinen Lumen proportional stärker als beim großen Lumen
- Großlumig: stabil und druckresistent
- Kleinlumig: elastisch und Thrombosefreiheit

### 6. Formstabilität an Beugestellen

- Biegeradius von 20 mm unter einem Innendruck von 80 mmHg
  - ohne gravierende Formänderung (Einknicken, Ovalität)
  - freies Lumen muss weitgehend erhalten bleiben (Hämodynamik)

### 7. Nahtausreißfestigkeit

- ausreichende Festigkeit, wenn mit Einstich 2 mm von der Schnittkante unter Zugbelastung der chirurgische Nähfaden (z. B. USP 5/0: minimale Reißfestigkeit: ca. 7 N) reißt, bevor die Prothese ausreißt

# Gefäßprothese

## Gewebte Gefäßprothesen

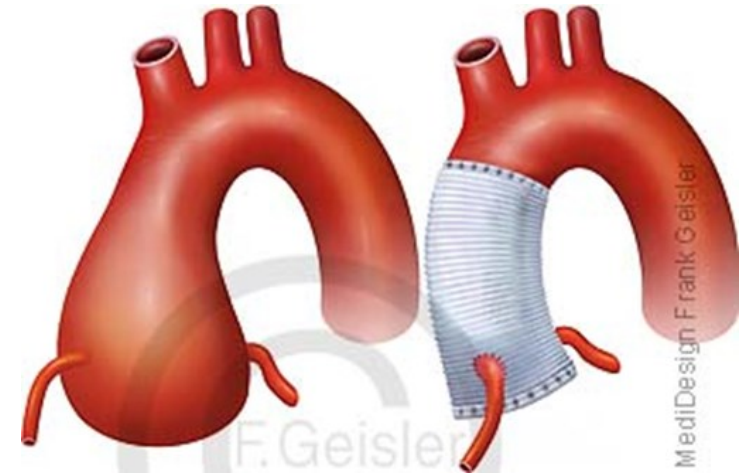
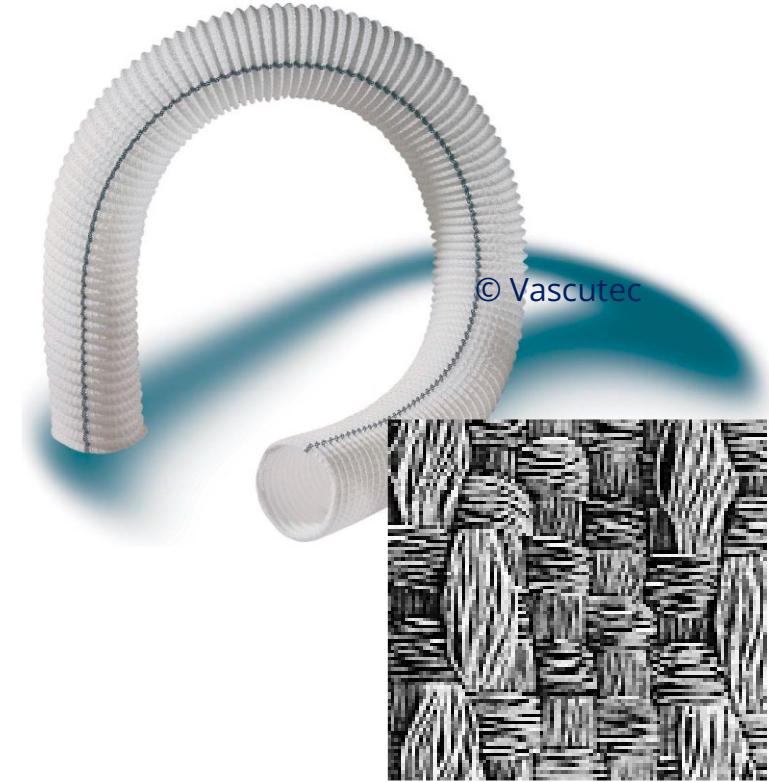
1954 – DeBakey/Cooley (USA): Einführung der gewebten PET-Prothese

### **Mechanische Eigenschaften:**

- hohe Reißfestigkeit
- hohe Berstdruckfestigkeit,
- keine elastische Verformung radial bzw. axial
- wesentlich geringere Porosität
  - im Vergleich zu anderen textilen Gefäßprothesen
  - geringe Nahtausreißfestigkeit → aufgrund des Fadenverlaufs

**Indikation:** aufgrund geringer Porosität und hohe Festigkeit

- speziell im Hochdruckbereich des Aortabogens und für große und mittelgroße Arterien (Aorta, Iliaca, Femoralis)
- Rekonstruktionen der aufsteigenden Aorta, des Aortenbogens und der absteigenden bzw. der thorakalen Aorta



# Gefäßprothese

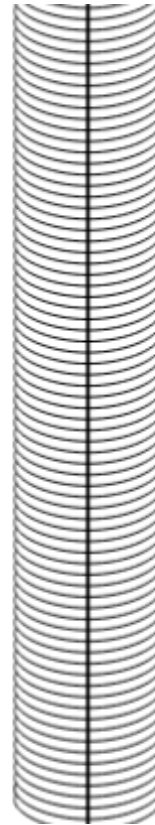
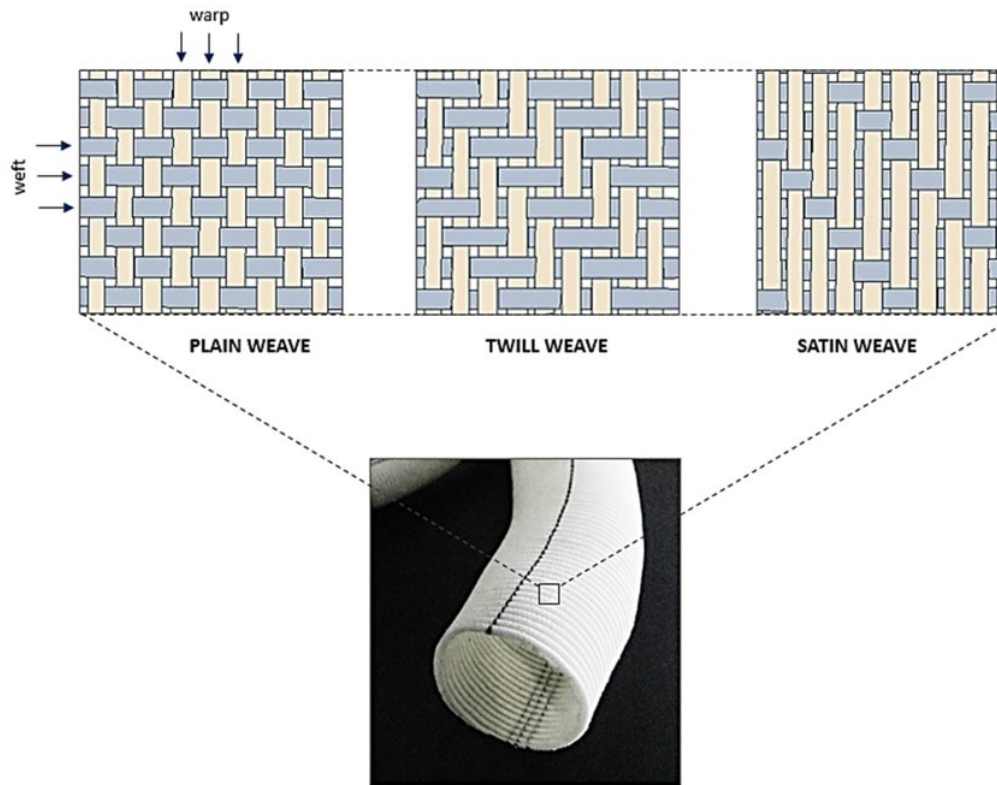
## Gewebe Gefäßprothesen

- Glatte, gewebte, röhrenförmige Gefäßprothesen
  - auf Bandwebmaschinen
  - als Doppelgewebe-Schlauch in Leinenbindung
  
- Bifurkationen und DoppelveLOUR-Prothesen
  - auf Jacquard-Webmaschinen
  - Bindung aus Kette und Schuss
    - durch Steuerung der Kettfäden mittels Jacquard-Apparaten
  - Velours als Flottung von texturierten Multifilamentgarnen
    - im Schuss über mehrere Kettfäden hinweg
    - Ausbildung der Veloursschlinge beim Schrumpfen



# Gefäßprothese

## Gewebte Gefäßprothesen



Länge	Durchmesser	Artikelnummer	VKE (Stück)
15 cm	24 mm	1106392	1
	26 mm	1106406	1
	28 mm	1106414	1
	30 mm	1106422	1
	32 mm	1106430	1
	34 mm	1106449	1
30 cm	36 mm	1106457	1
	24 mm	1106635	1
	26 mm	1106643	1
	28 mm	1106651	1
	30 mm	1106660	1
	32 mm	1106678	1
	34 mm	1106686	1
	36 mm	1106694	1

© doi:10.3390/jfb6030500

(© B. Braun)

# Gefäßprothese

## Gewirkte Gefäßprothesen

1958 – Alfred Sauvage (USA): Entwicklung der gewirkten PET-Prothese

### **Mechanische Eigenschaften:**

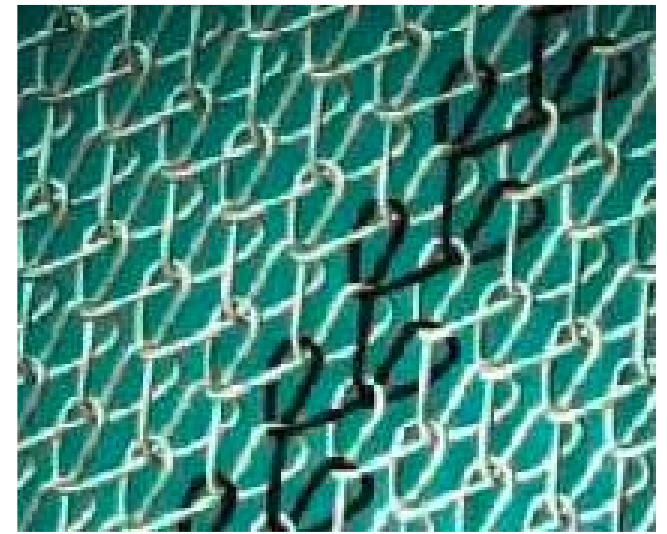
- elastischer und dehnbarer → passt sich Pulswelle besser an
- gute „Compliance“ ähnlich natürliche Aorta
- größere Porosität als gewebte Prothesen
- reduzierte radiale elastischen Verformbarkeit
- hohe Dimensionsstabilität → geringere Knickneigung bei Bewegung
- durch Fadenverlauf in Längsrichtung → hohe Nahtausreißstabilität

### **Indikation:** aufgrund der Elastizität

- bei großen, beweglichen Gefäßen,
- Ersatz der thorakalen und abdominalen Aorta
- Aorto-iliakale Rekonstruktionen
- Bifurkationsprothesen (Y-Prothesen) bei Aneurysma-Ersatzoperationen
- Patienten mit Gerinnungsstörungen und Notfalloperationen

### **Weniger geeignet für:**

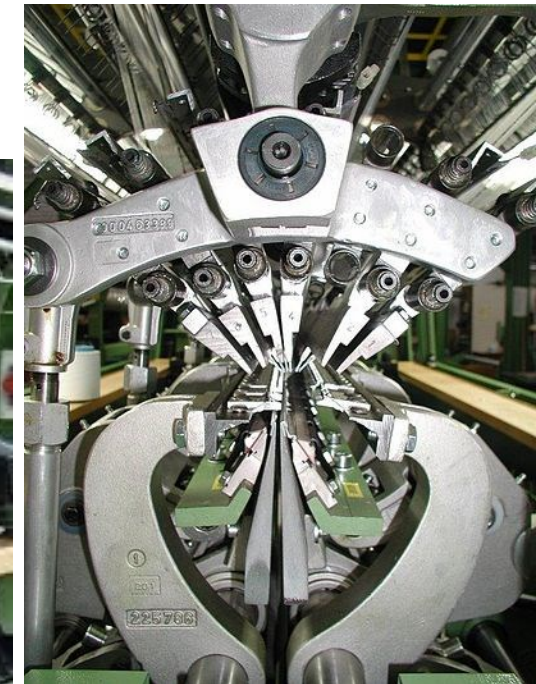
- sehr kleine Gefäße (< 6 mm)
- distale Unterschenkel-Bypässe
- Koronarien (dort fast immer Eigengefäß)



# Gefäßprothese

## Herstellung: auf RR-Kettenwirkmaschinen

- Raschel-Maschine mit zwei parallel angeordneten Nadelbarren
- wirken von zwei unabhängigen Flächengebilden, die durch Bindefäden zu Schlauch verbunden werden
- bei Bifurkationen zusätzliche Verbindung auch an den inneren Nahtkanten der Schenkel
- Bei glatten Prothesen: Multifilamentgarn mit hohem Kochschrumpfverhalten  
→ Verdichtung der Struktur durch Kochprozess → Reduzierung der Porosität



# Gefäßprothese

## Wirken von Bauchaorta-Prothesen

### Bildung

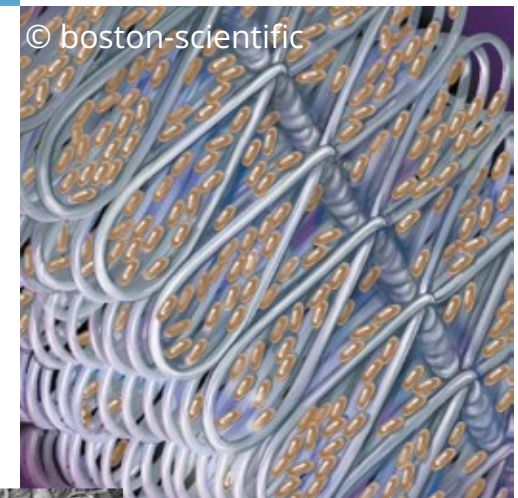
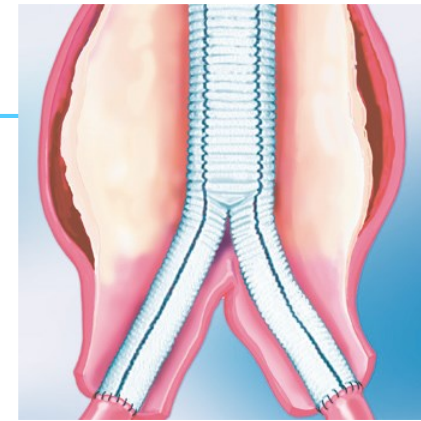
- entweder eine Röhre mit großem Durchmesser
- oder zwei Röhren mit einem kleinen Durchmesser
  - Anzahl der Kettfäden maschinentechnisch bedingt bleibt konstant

**Umfang der großen Röhre** = Summe der Umfänge der beiden kleinen Röhren

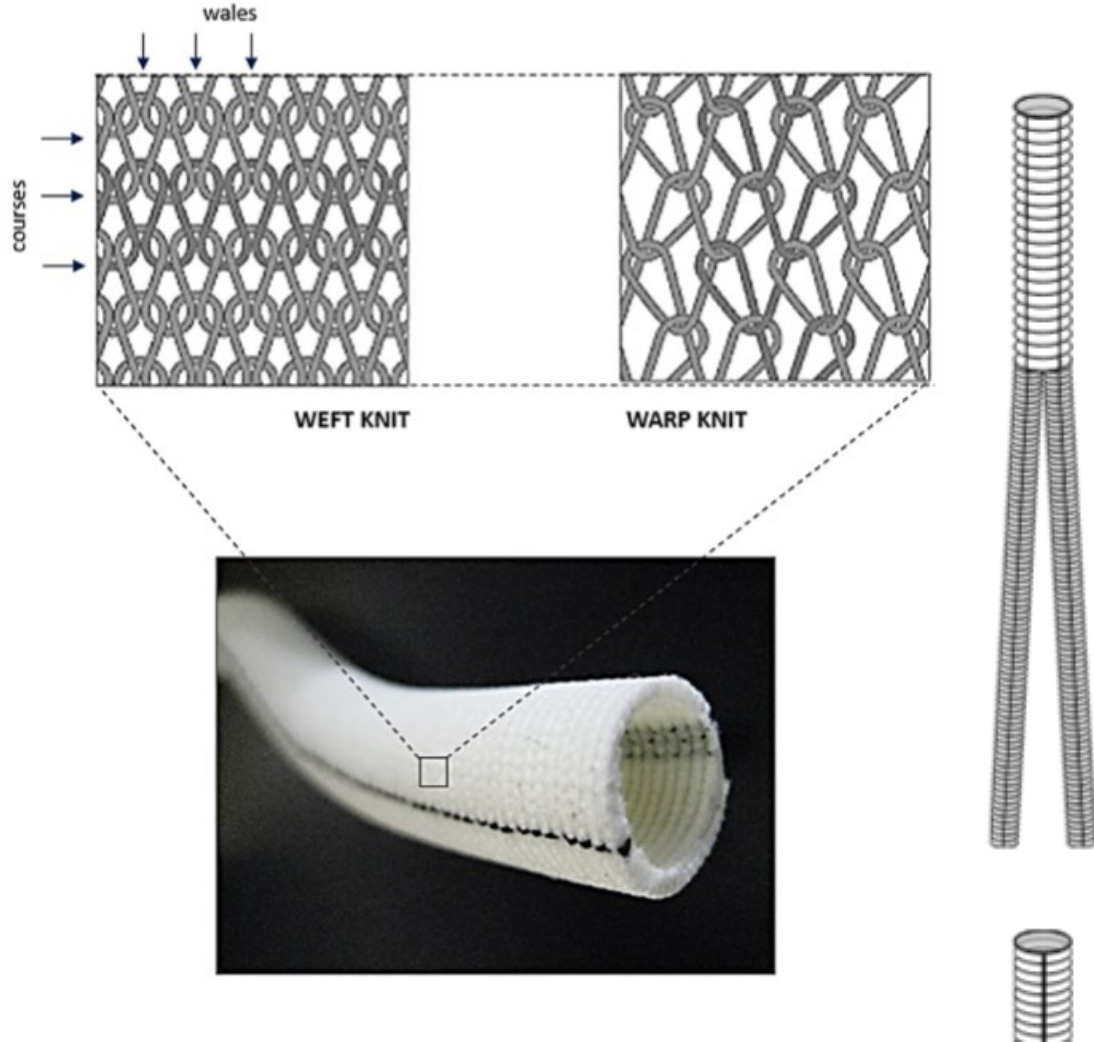
→ unter Voraussetzung, dass die Maschendichte konstant gehalten wird

### Velours an der Innen- und Außenseite

- durch Bindung oder/und unterschiedlich schrumpfende Garne



# Gefäßprothese



© doi:10.3390/jfb6030500

Länge	Durchmesser	Artikelnummer	VKE (Stück)
<b>Uni-Graft® K DV – Bifurkationen</b>			
40 cm	12 x 6 mm	1104535	1
	12 x 7 mm	1104519	1
	14 x 7 mm	1104527	1
	14 x 8 mm	1104551	1
	16 x 8 mm	1104560	1
	16 x 9 mm	1104578	1
	18 x 9 mm	1104586	1
	18 x 10 mm	1104594	1
	20 x 10 mm	1104608	1
	20 x 11 mm	1104616	1
	22 x 11 mm	1104624	1
	24 x 12 mm	1104640	1

(© B. Braun)

# Gefäßprothese

## Vergleich der gewebten und gewirkten Gefäßprothesen

Merkmale	Gewirkt	Gewebt
Elastizität	hoch	gering
Porosität	höher	niedriger
Einheilung	sehr gut	gut
Formstabilität	mittel	hoch
Blutdichtigkeit	geringer	besser
Bevorzugt für	Aorta, große Gefäße	hohe Druckbelastung, präzise Form

### Klinische Faustregeln

**Gewirkt = wenn Anpassungsfähigkeit wichtig ist**

- Aortenersatz
- Aneurysmachirurgie
- lange, gebogene Verläufe

**Gewebt = wenn maximale Dichtigkeit & Stabilität nötig**

- hohe Druckzonen
- präzise rekonstruierte Abgänge

# Gefäßprothese

## Veredlung von großlumigen Prothesen

### Reinigungsprozess

Lösungsmittelextraktion im Soxhlet → Entfernung der Spinnabwaste

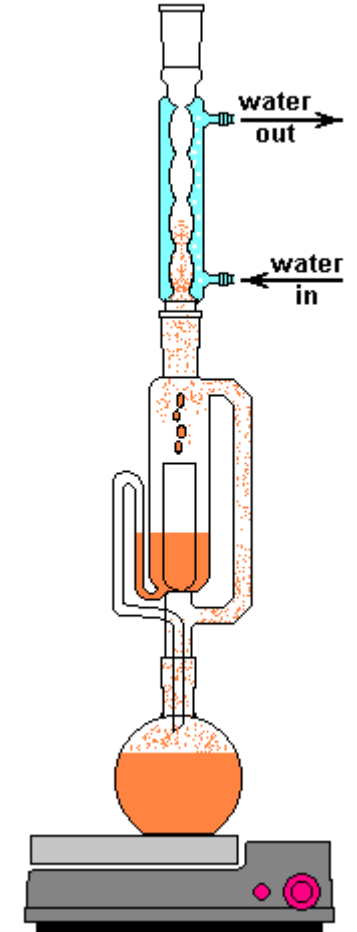
### Schrumpfprozess

Kochschrumpfprozess = Lagerung für einige Minuten in kochendem Wasser

- Reduzierung der Porosität
  - bei Veloursprothesen zur Entwicklung des Velours
- beim Schrumpfprozess reduzieren sich Durchmesser und Länge
  - Vorversuche um den Schrumpf des Prothesenrohlings zu ermitteln

### Plissierung

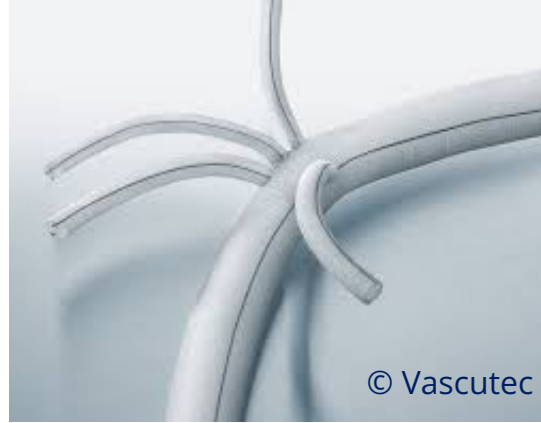
- Thermofixierung des Rohlings mit Faltenlegung
  - Erhöhung der radialen Stabilität und Biegestabilität
- Biologische Auswirkung der Plissierung: Falten
  - Turbulenzen und Totwasserzonen → dickere Ausbildung der Neointima
  - blutumspülten lumenwärtsgerichteten Plissierung → dünne Neointima



# Gefäßprothese



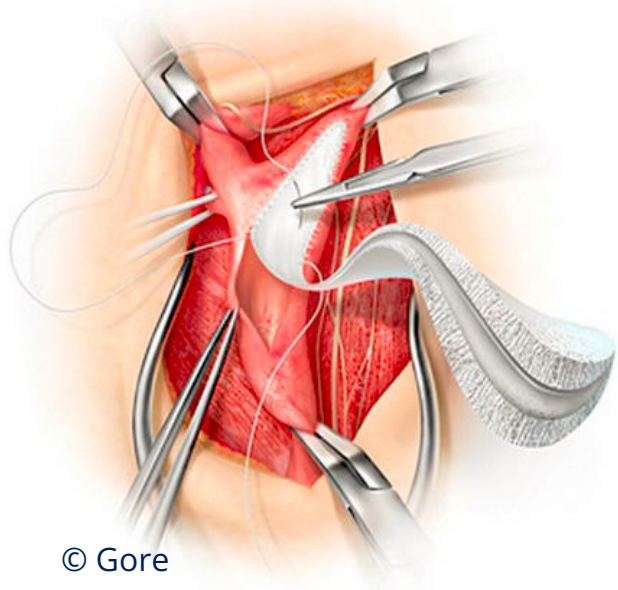
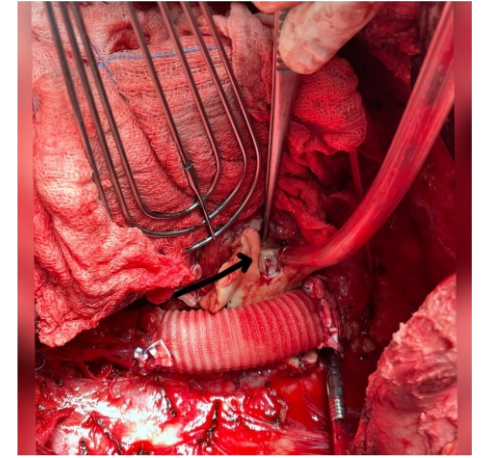
© Vascutec



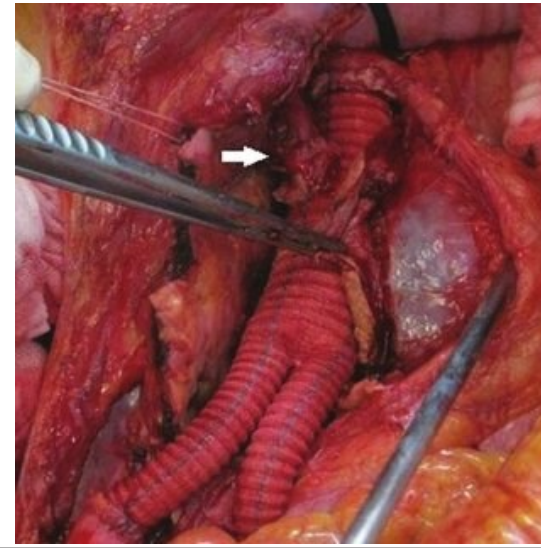
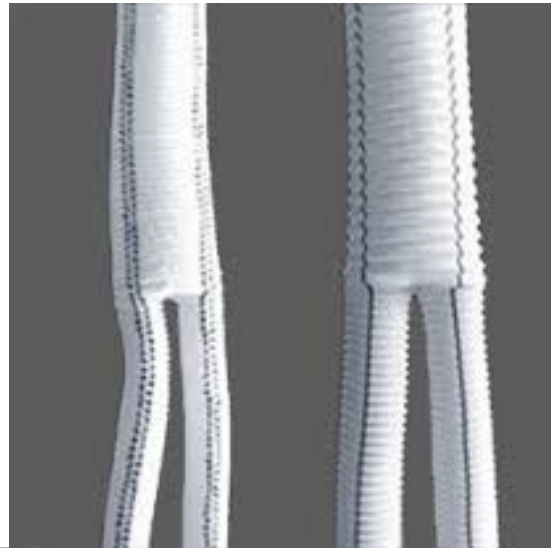
© Vascutec

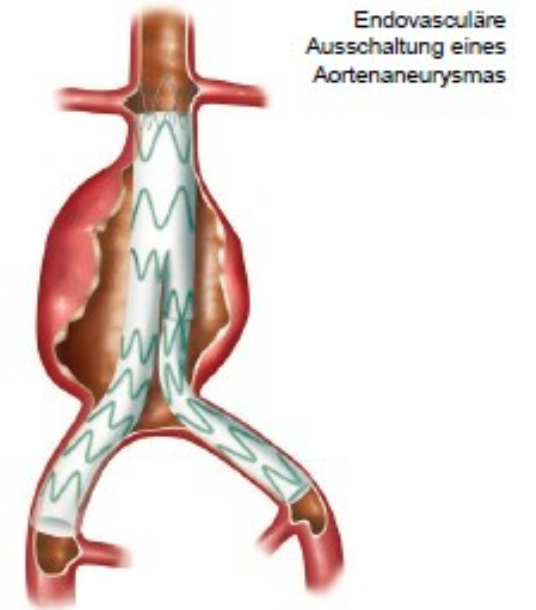
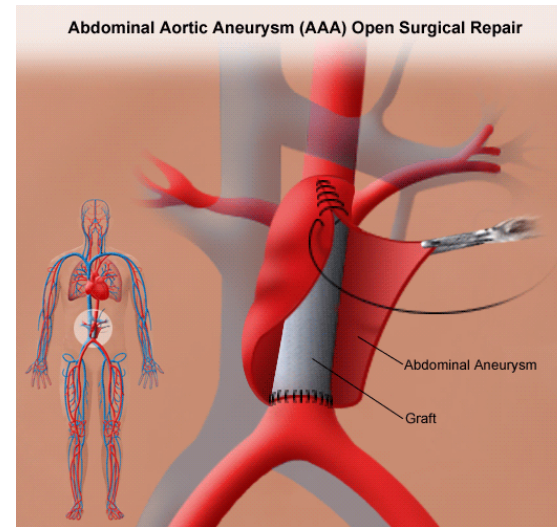
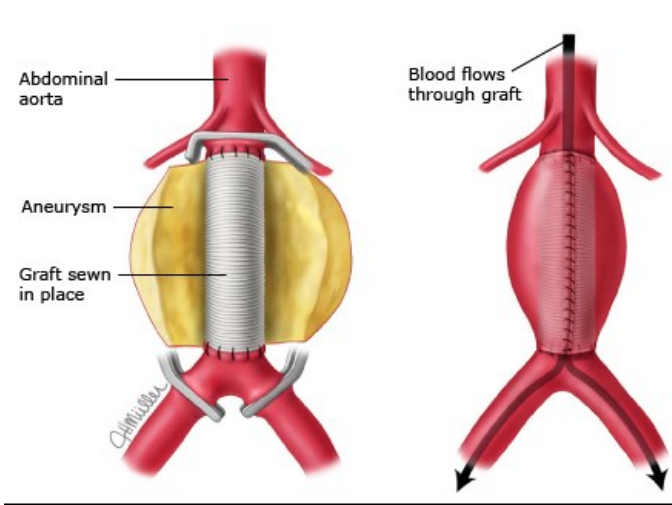


© Vascutec



© Gore





## Konventionelle Methode: Bauchoperation

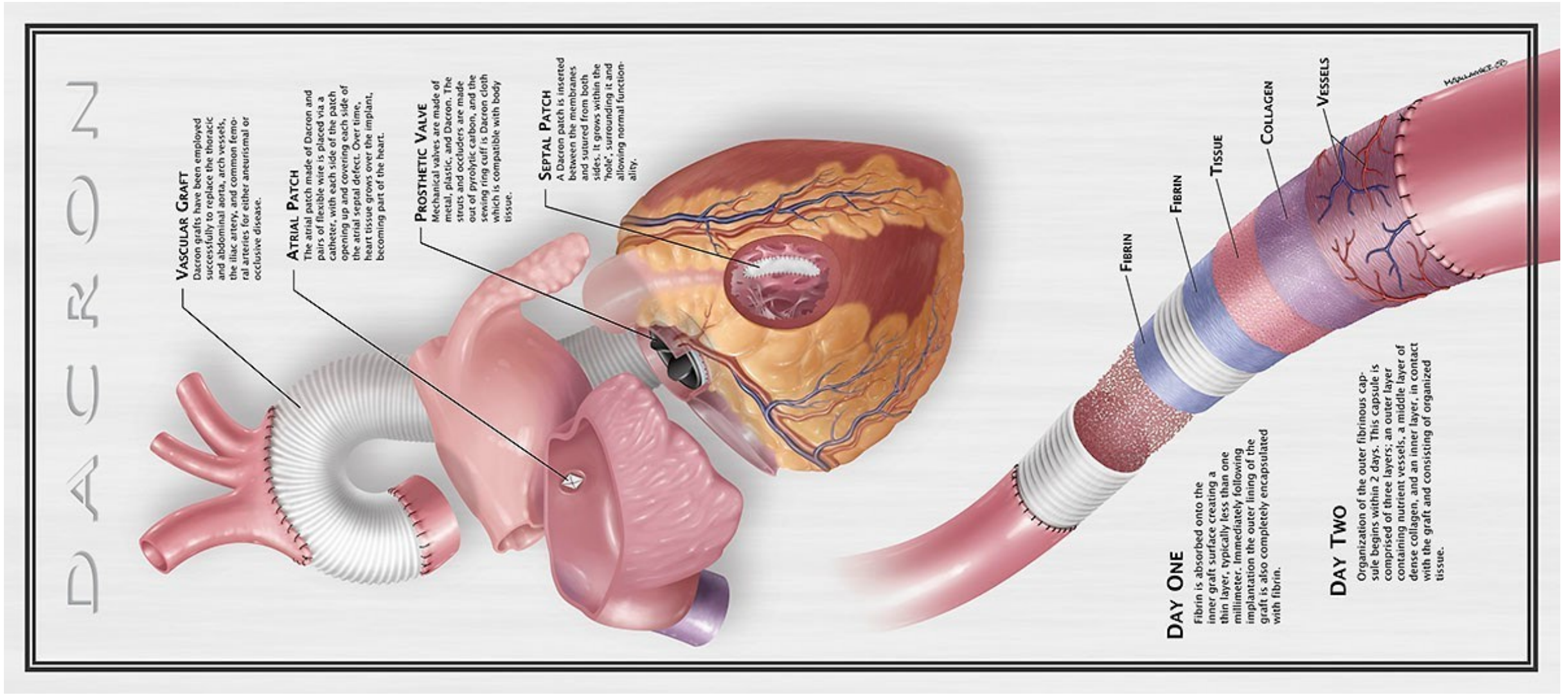
→ Rohrprothese oder „Y-Prothese“

1. Einschneiden und Öffnen der Aorta
2. Prothese durch Naht mit Aorta verbunden
3. Aneurismasack um die Prothese gewickelt und zugenäht
4. Operationswunde am Bauch verschlossen

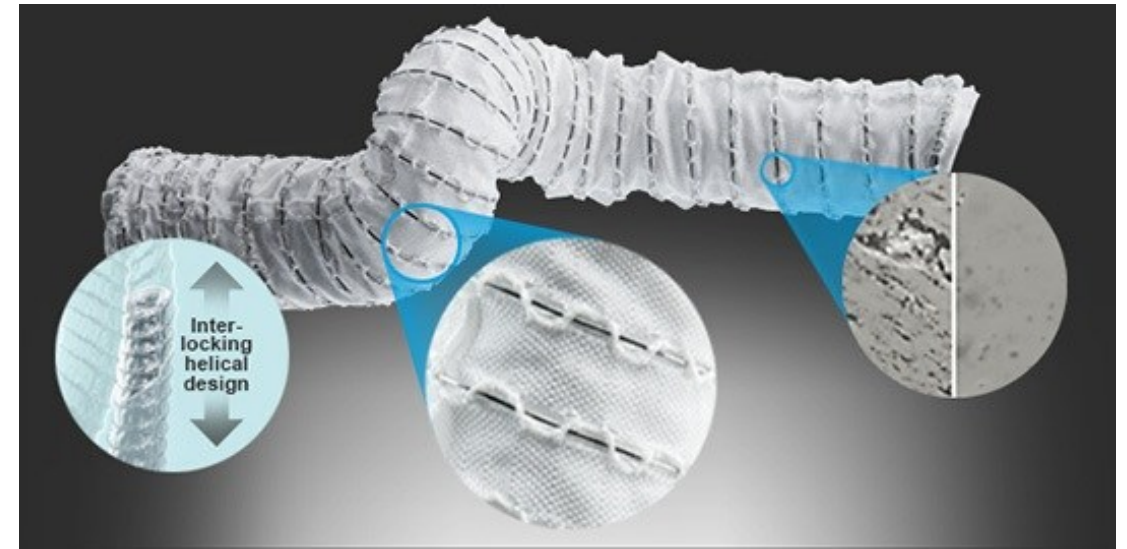
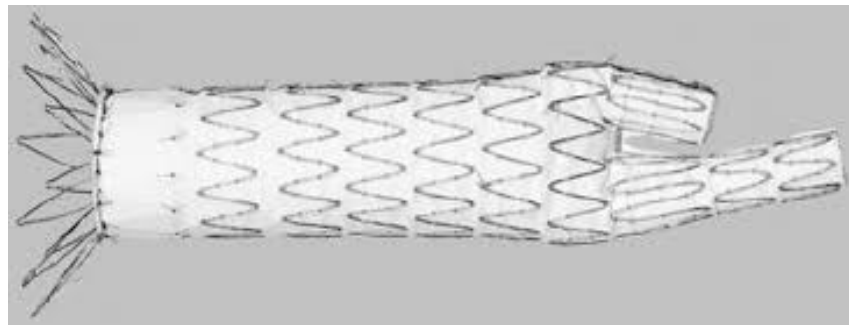
## Neue Methode: Stent-Graft

- seit einigen Jahren praktiziert
- Prothese mit einem Kathetersystem in das Aneurysma hinein geschoben
- Schonende endovaskuläre Therapie
- Vermeiden der Bauchoperation

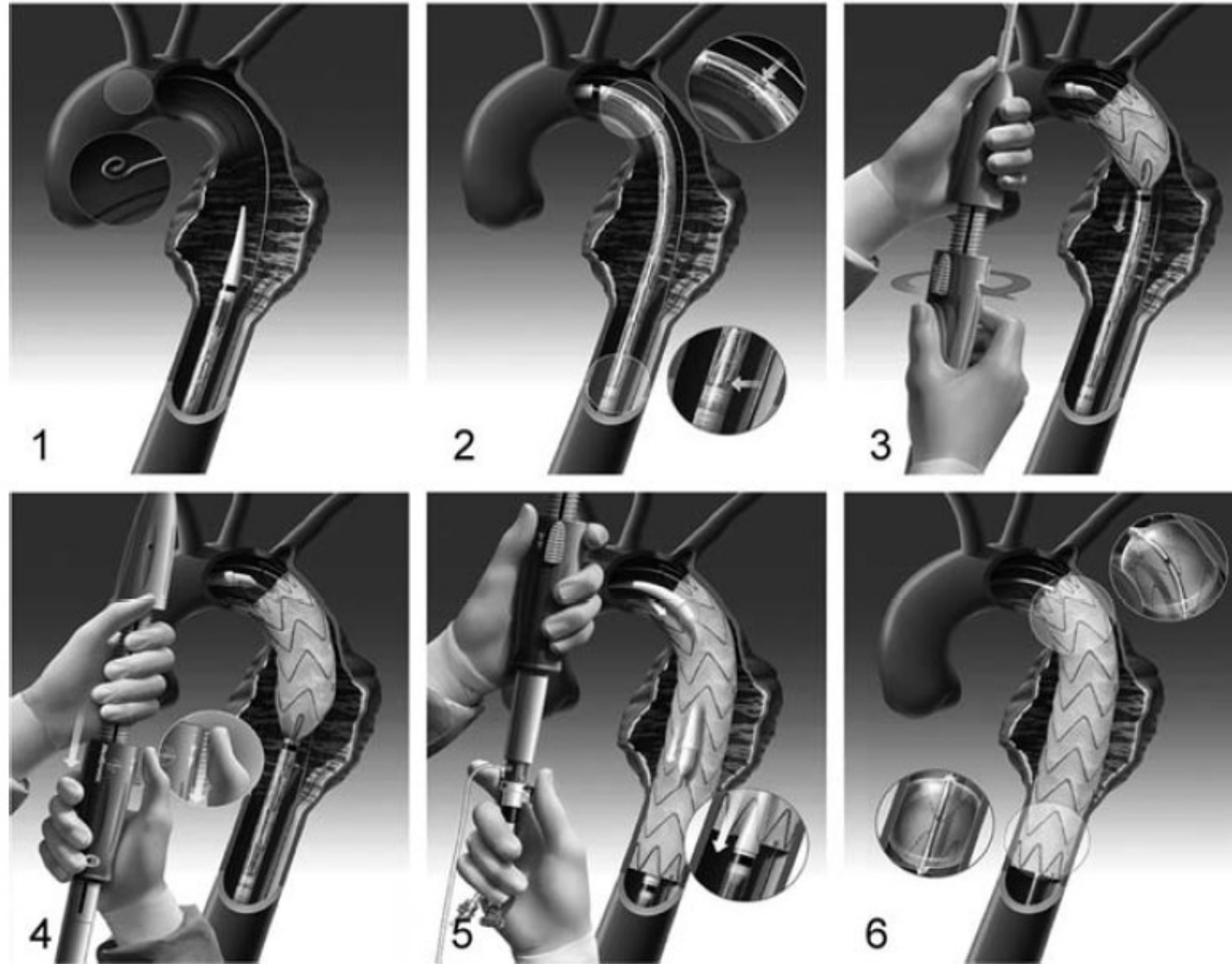
# Gefäßprothese



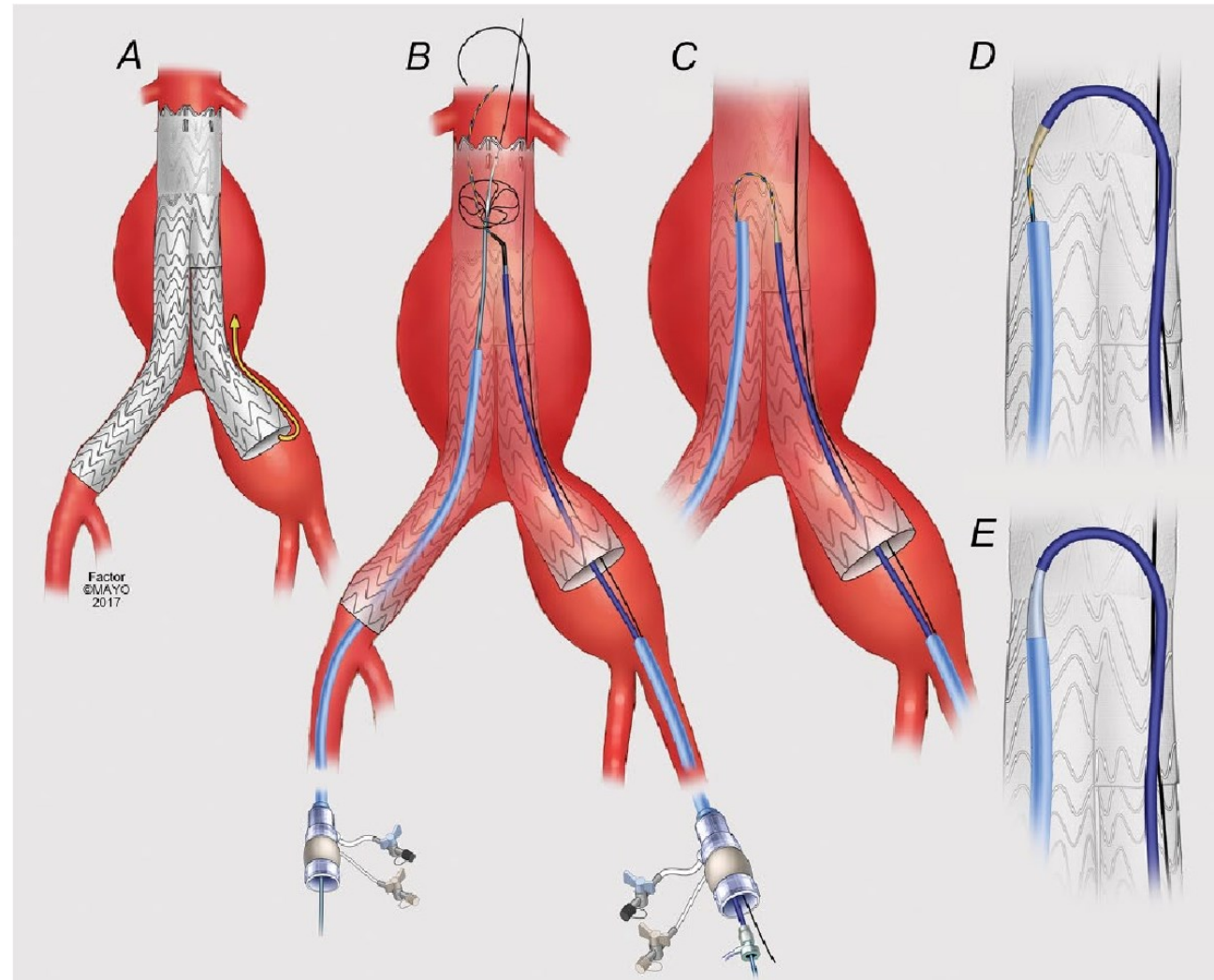
# Stentgraft



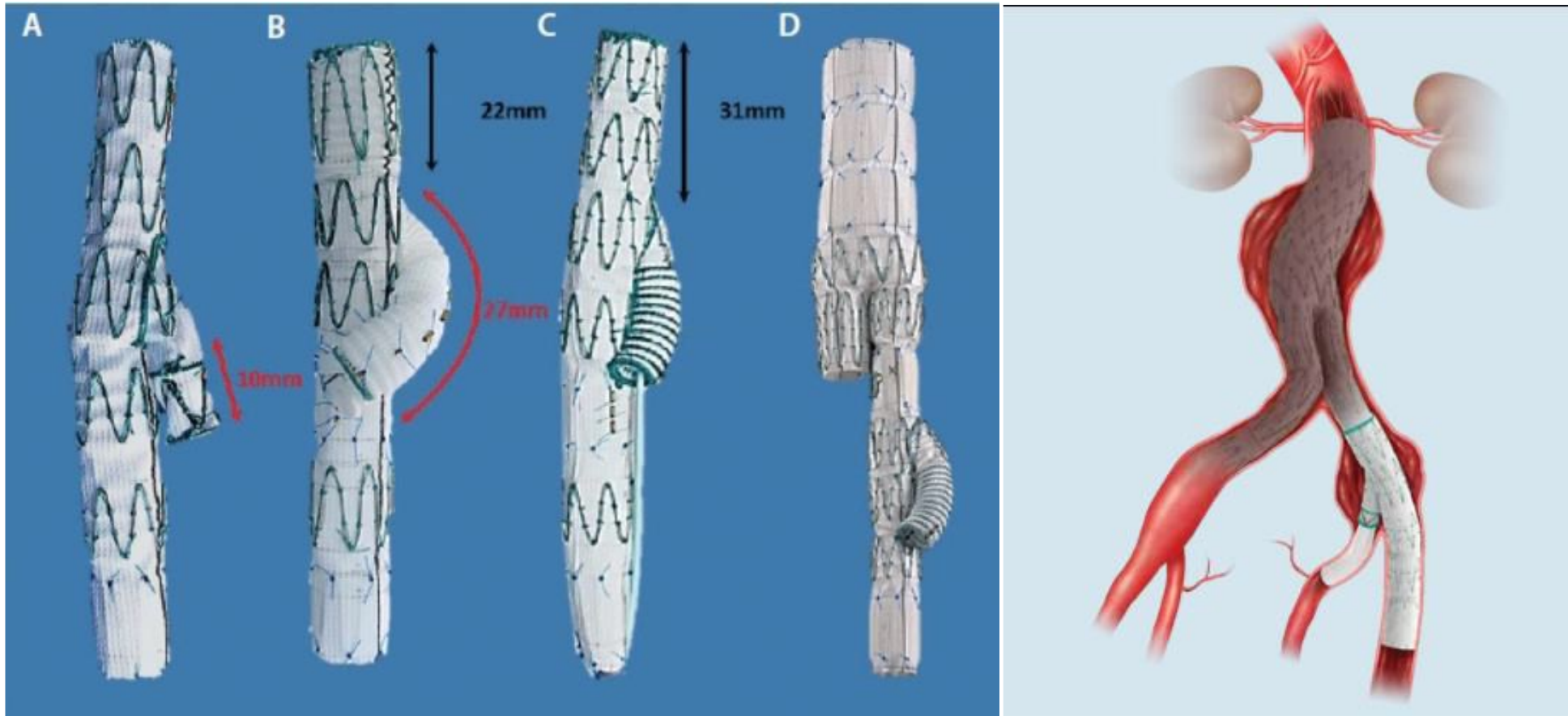
# Stentgraft-Implantation



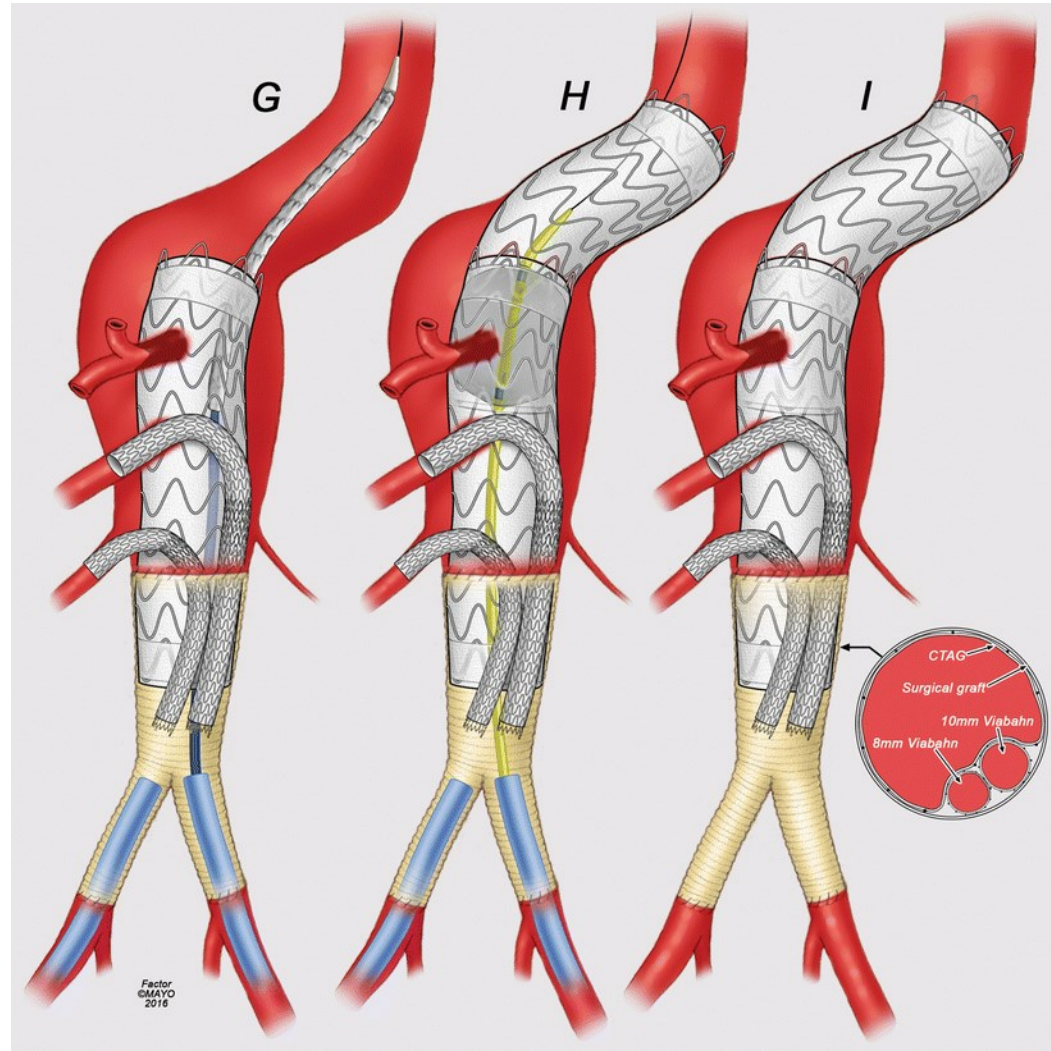
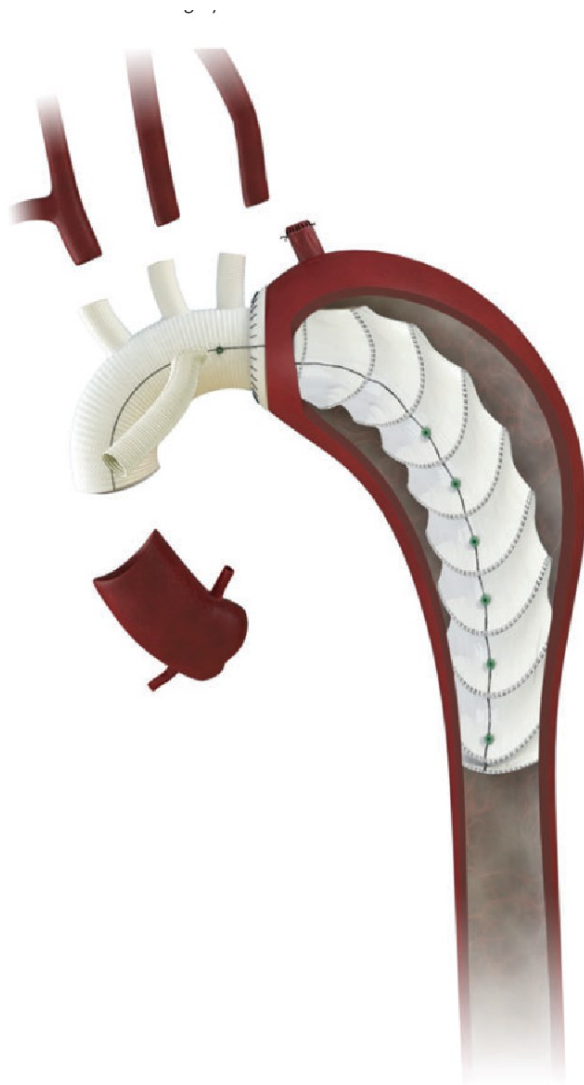
# Stentgraftimplantation



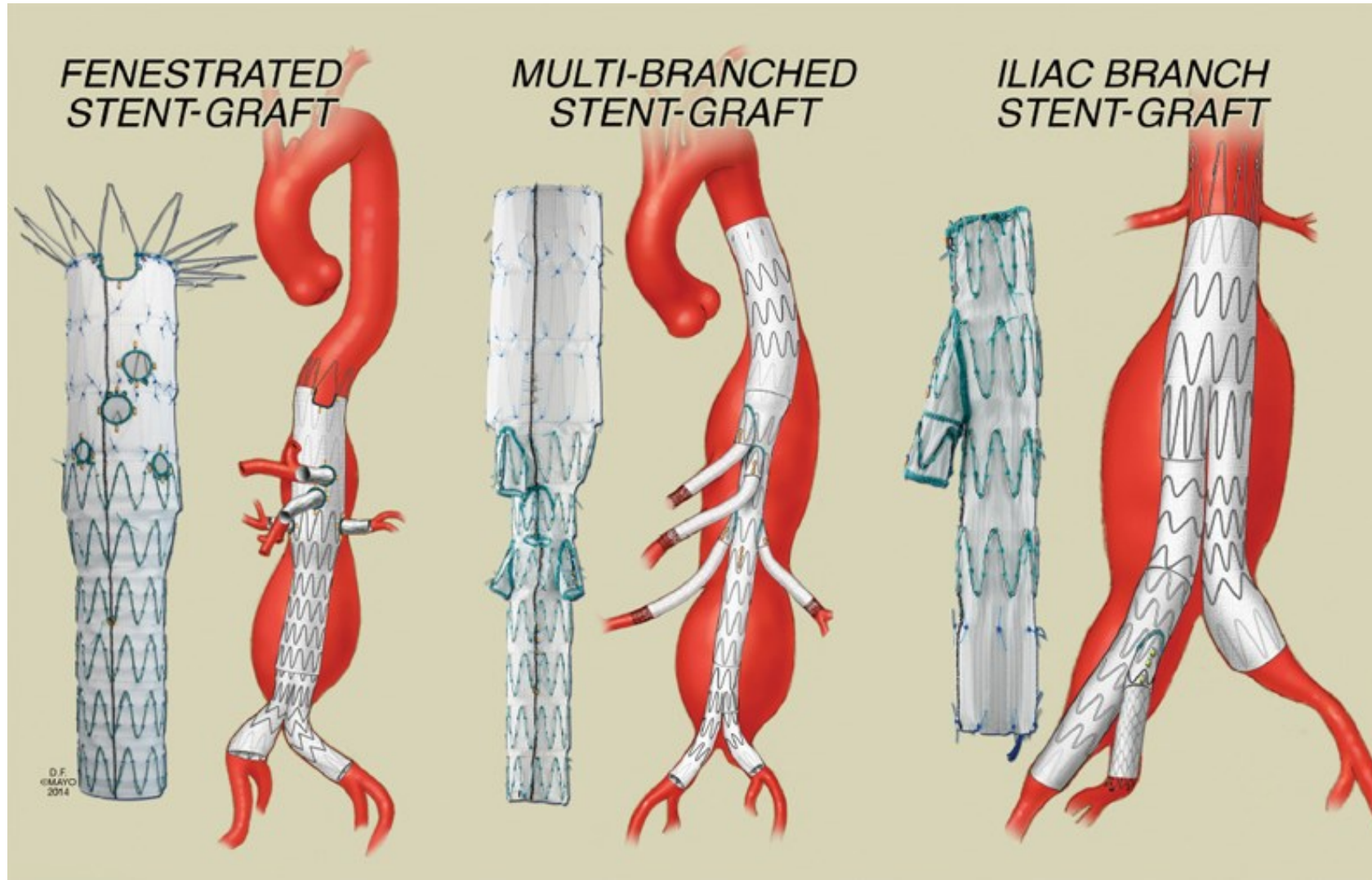
# Stentgraftimplantation



# Stentgraftimplantation



# Stentgraftimplantation



# Stent

## Funktion:

- Offenhalten und Erweiterung von Gefäßen und Hohlorganen
- Stabilisierung der Gefäße (Herzkranzgefäße) nach deren Erweiterung

## Einsatzbereiche:

- Arm- und Beinarterien (periphere arterielle Verschlusskrankheit)
- Zeribilare Aneurysma
- Nierenarterienverengung (Nierenarteriostenose)
- Luftröhrenverengung
- Halsschlagaderverengung (Karotisstenose)
- Verengung der Gallengänge (Gallengangstenose)
- Auge: Durch Stentimplantate wird der Augeninnendruck durch Abfluss des Kammerwasser gesenkt



© Optimed



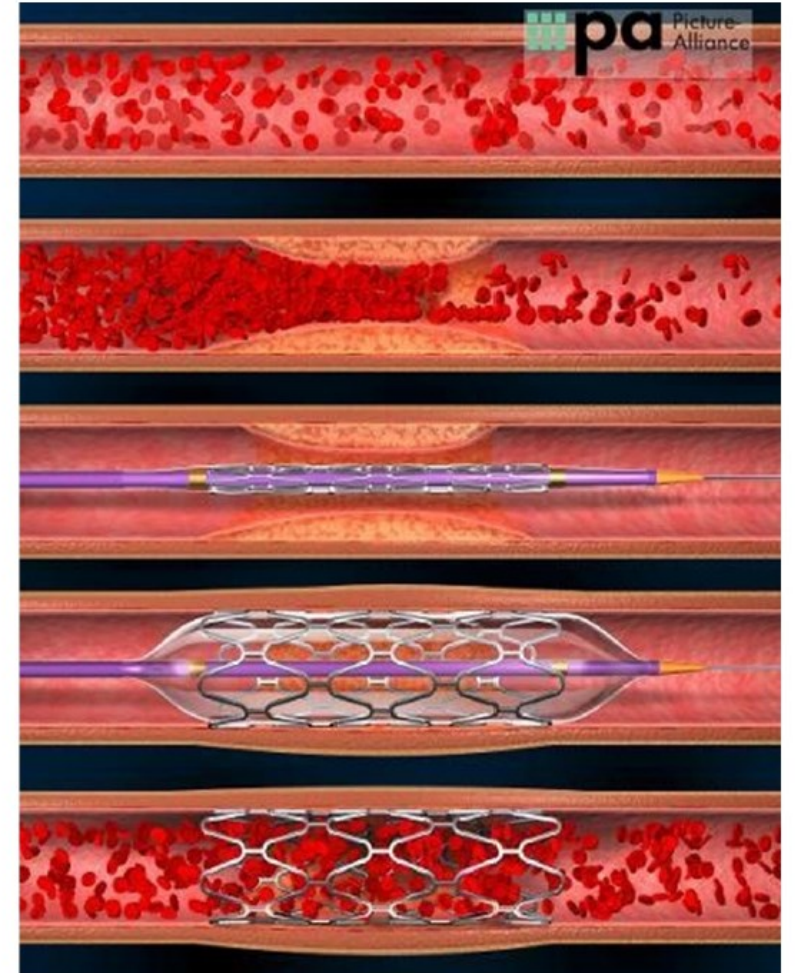
© B. Braun



© Medtronic

## Stenting bei Gefäßstenose während PTCA

- Ballonangioplastie (perkutane transluminale Coronarangioplastie PTCA) zur Behandlung von Stenose
- Einführung über die Arteria Femoralis, Arteria Brachialis oder Arteria Radialis unter Röntgenkontrolle
- Aufdehnung des Gefäßes bzw. Komprimierung des Plaques durch Ballondilatation (Druck 6-24 bar)
- Stenting nach Ballondilatation bei komplizierten Stenosen
- 2220.000 /a Koronastents in Deutschland
- Mehr als 7 Mio. in der Welt
- In-Stent-Restose (ISR) Rate 10-30 %
  - Drug-Eluting-Stent (DES)



# Stent

## Stenttypen nach Material:

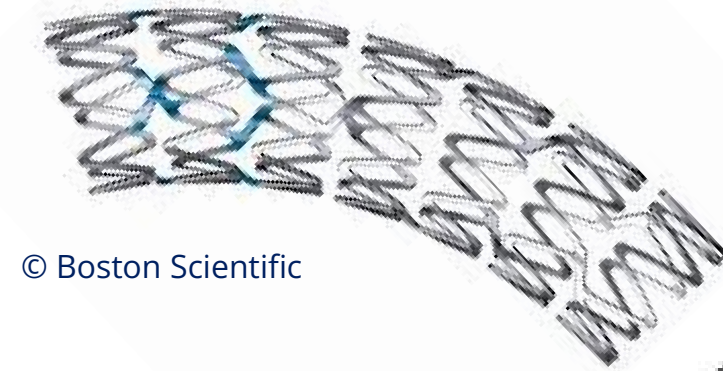
- Bare Metal Stent (BMS)
- Drug-Eluting- Stent (DES)
- Resorbierbare Stents

## Stenttypen nach Art der Applikation bzw. Entfaltung

- Ballonexpandierende Stents
  - Ballonkatheter für Stentexpansion
- Selbstexpandierende Stents
  - Katheter mit reponierbarer Schutzhülle

## Stenttypen nach Design und Fertigungsverfahren

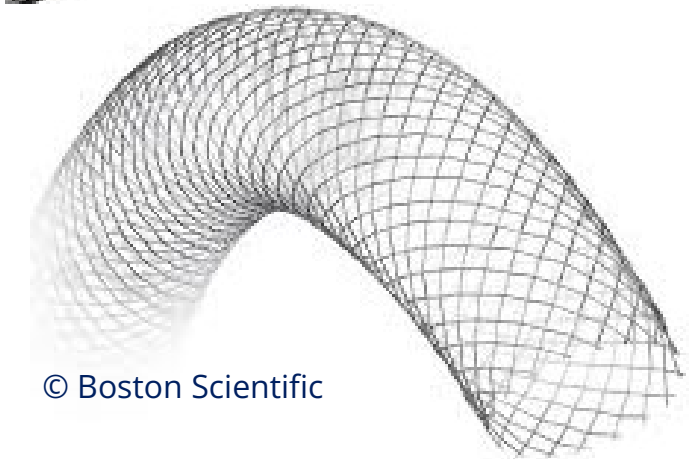
- Geflochten oder verformt aus Draht
- Lasergeschnitten aus Rohlings



© Boston Scientific

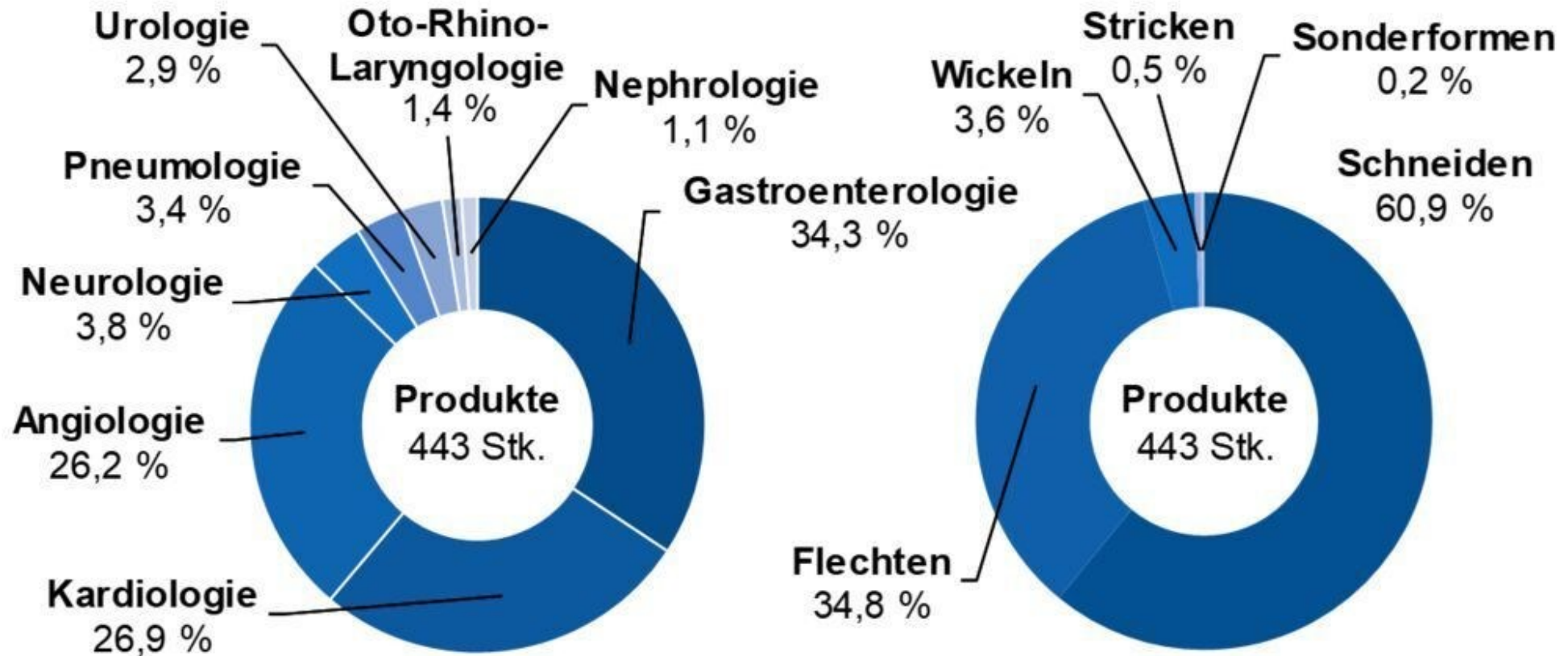


© Boston Scientific



© Boston Scientific

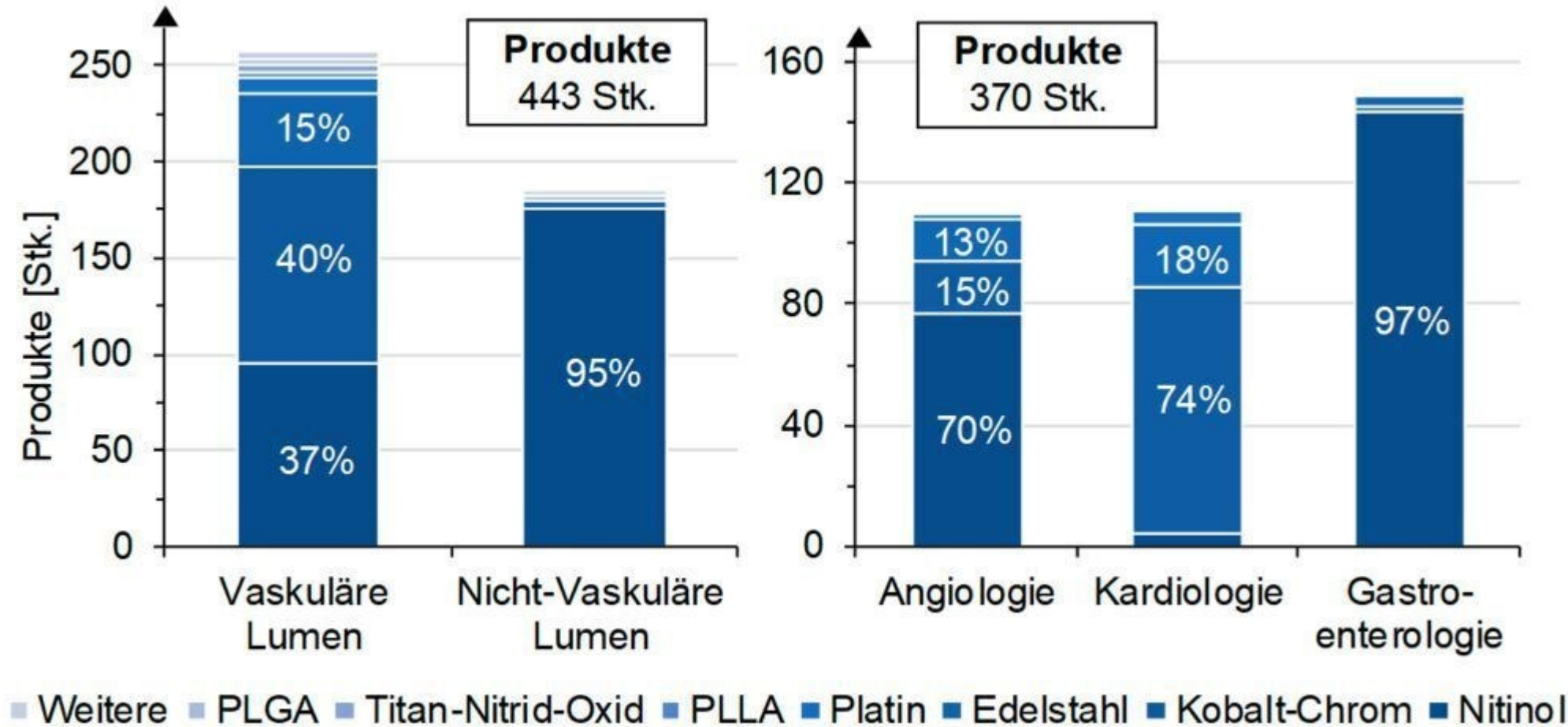
## Produkte und Varianten nach Anwendungsbereich



© Felix Merkord/RWTH Aachen

# Stent

## Stentmaterial nach Fachbereich



© Felix Merkord/RWTH Aachen

# Stent

## Drug-Eluting- Stent (DES)

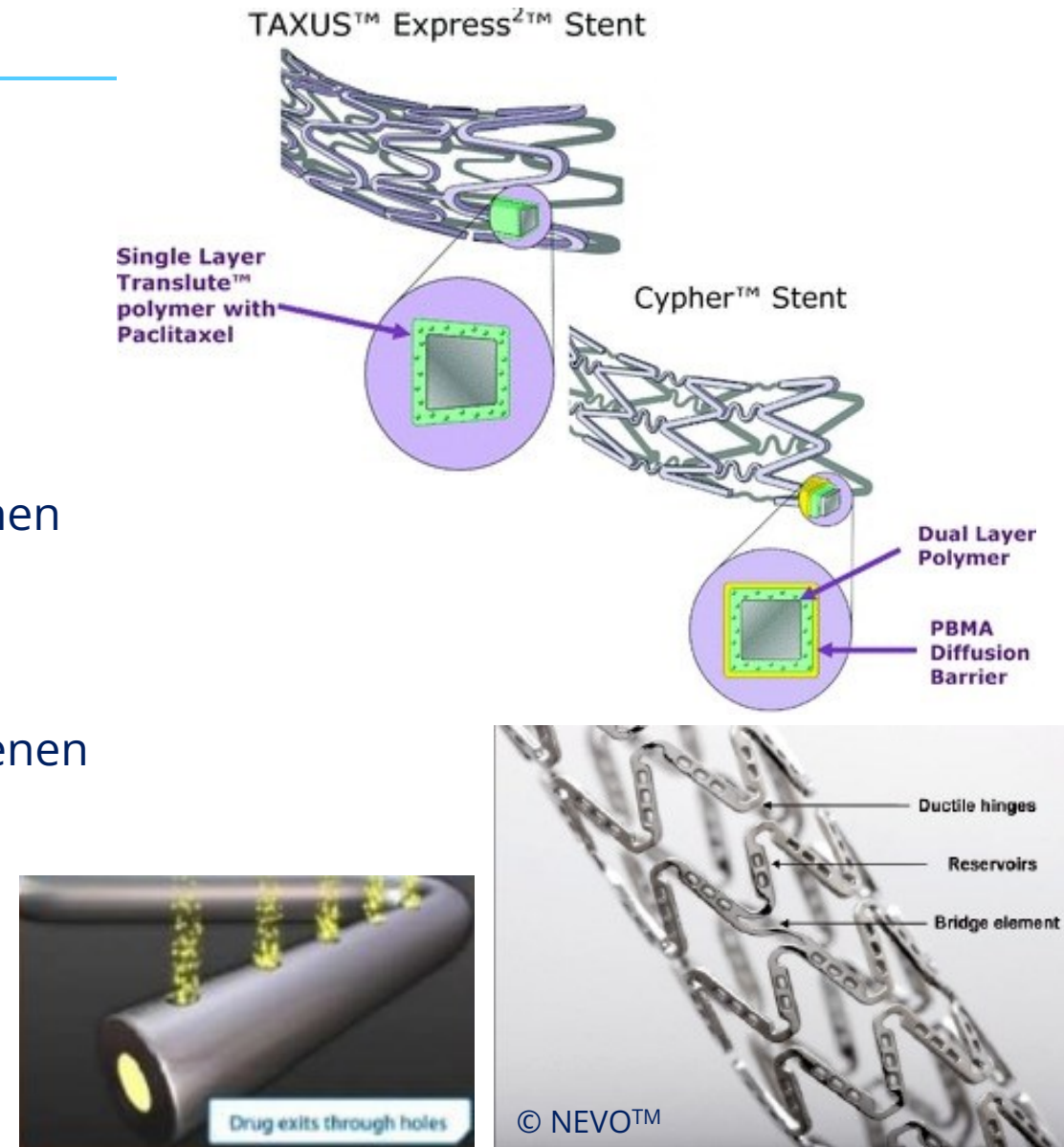
- Lokale Freisetzung der Medikamente:
  - Hemmung des Wachstums von glatten Muskelzellen
  - Förderung des Wachstums Endothelzellen

## Ansätze:

- die Beschichtung des Stents mit einem wirkstoffbeladenen Polymer,
- die chemische Ankopplung des Wirkstoffs durch Oberflächenaktivierung und -modifizierung
- die Installation von Wirkstoffdepots in speziell geschaffenen Kavitäten des Stents oder in porösen Stentoberflächen

## Wirkstoffe:

- Immunsuppressivum Sirolimus
- Paclitaxel



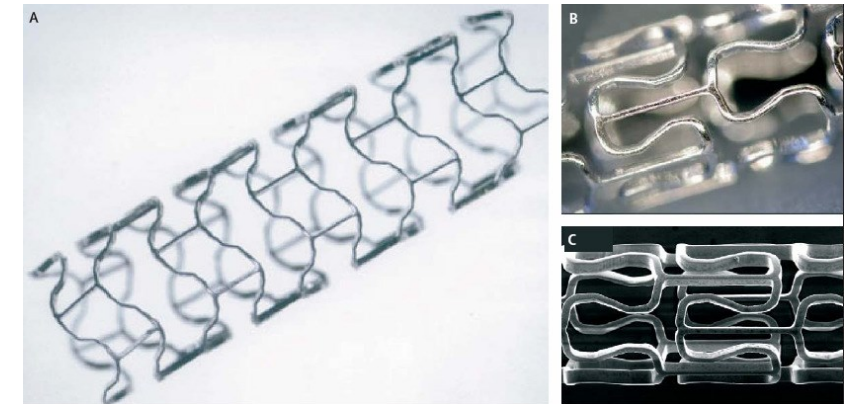
# Stent

## Resorbierbare Stents

- Temporäre Stent mit mechanischen Eigenschaften von bare metal stents zur Vermeidung von Dissektion und Störung der Gefäßbewegung

### Material:

- Eisen und Magnesium
  - (+) hohe Biokompatibilität der Degradationsprodukte
  - (-) mechanische Eigenschaften niedrige als hochfesten Stahl-Legierungen 316 L und CoCr-Ligierungen
  - (-) hohe lokale Korrosionsgeschwindigkeit
- Polymere
  - (+) ausreichend gute Biokompatibilität
  - (+) mechanische Festigkeit und Felexibilität
  - (+) einstellbare Degradationszeiten



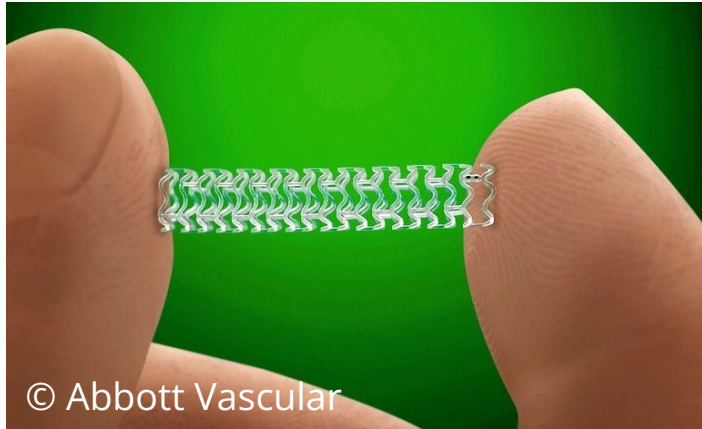
Bioabsorbierbarer Magnesium Stent (B), nach Expansion (A), vor Expansion (C)

- (-) Anspruchsvolle Implantationstechnik wegen dicker und unflexible Geometrie
- (-) immens höher Preis als DES (4x)

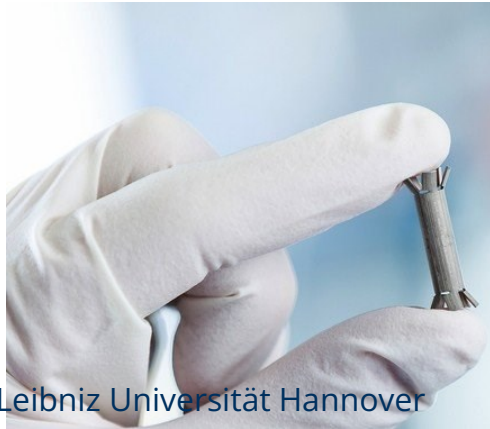
# Stent

## Resorbierbare Stents

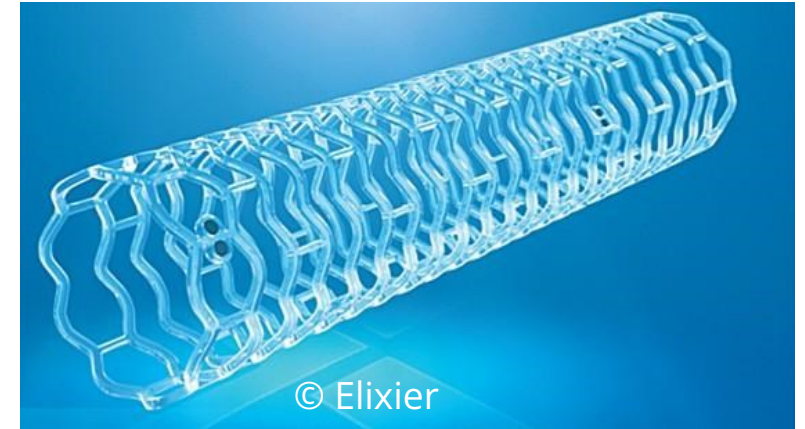
Koronarstent aus PLLA



Stent für Nasennebenhöhlen  
aus Magnesium



Koronarstent aus PLLA



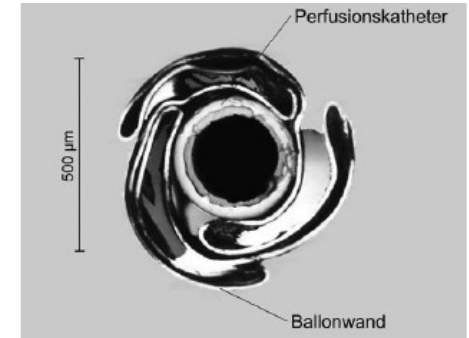
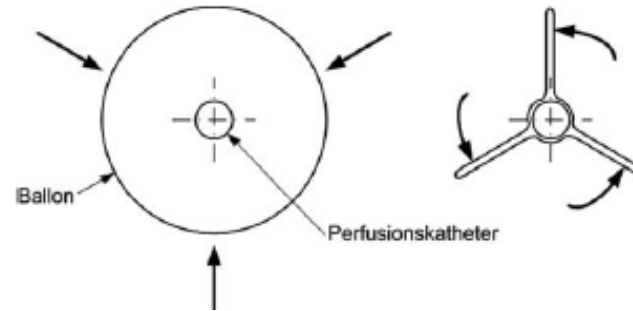
# Stent

## Ballonexpandierende Stents

- Einfluss des Crimprocesses auf Enddurchmesser, Stententfaltung und Haltkraft
- PTCA und Stentplatzierung in einem Schritt
- Hohe Aufstellkraft
- Platziergenauigkeit

## Material:

- Kerbunempfindliche Werkstoffe mit geringer elastischen Anteil und hohem Plastifizierungsanteil (316 L und CoCr-Legierung)
  - plastische Verformung und Verstreckung der Stent bei Entfaltung

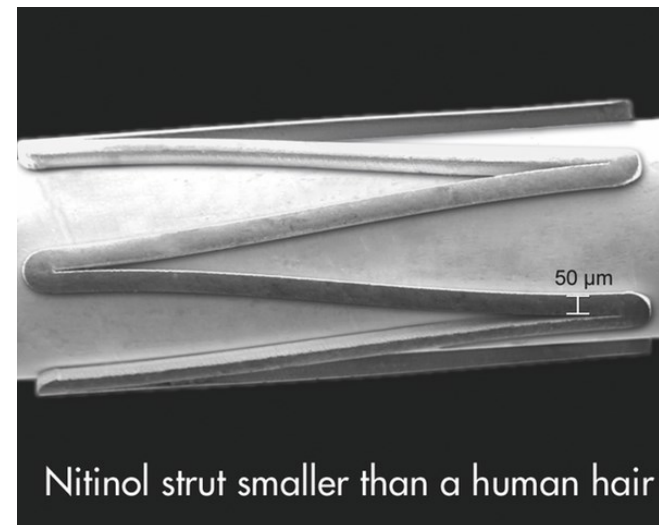
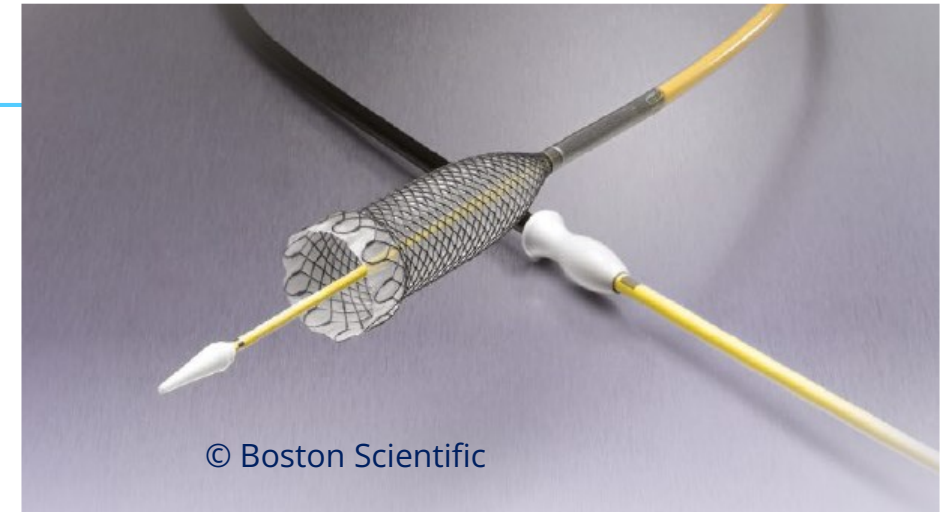


# Stent

## selbstexpandierende Stents

- Nutzung der Formgedächtniseffekt
- Hauptapplikation in der oberflächennahen Arterien wie A. Carotis oder stark auf Biegung beanspruchte Arterien: A. Femoralis
- Hohe Flexibilität
- Hohe Konformität mit Gefäßen

**Material:** Niti oder Co-Legierung

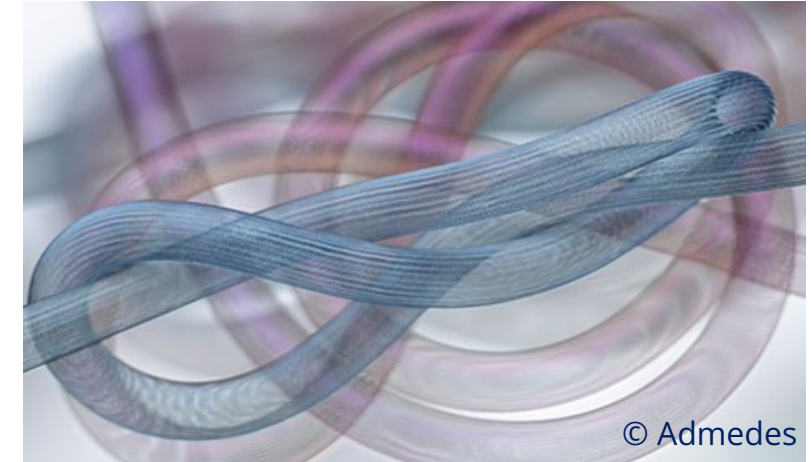
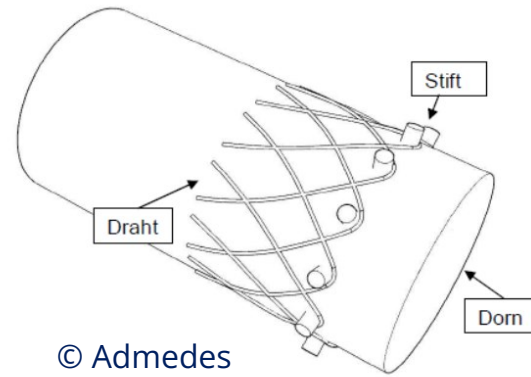


# Stent

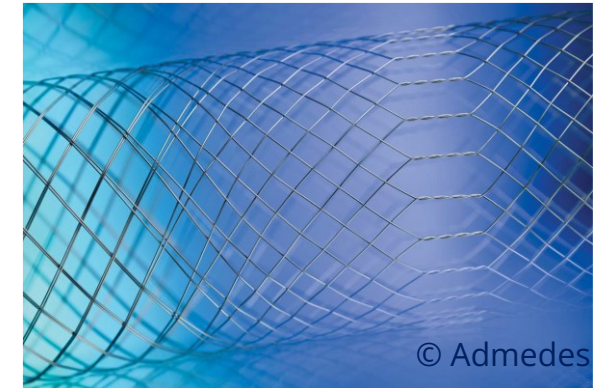
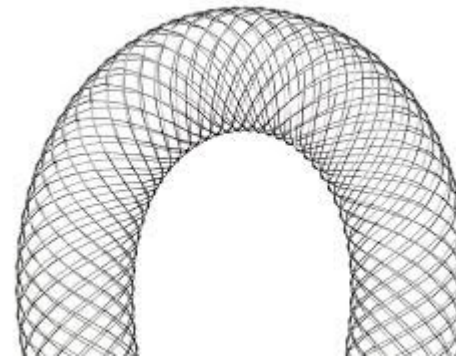
## Geflochtene Stents

- Nutzung der Rundflechtverfahren oder Single-Wire-Design
- Atraumatische Spitze für schonende Gefäßpassage
- Hohe Biegeflexibilität/keine Knick
- Hohe Konformität mit Gefäßen
- Hohe Radialkraft
- Materialsparend

**Material:** Niti oder Co-Ligierung



© Boston scientific



# Stent

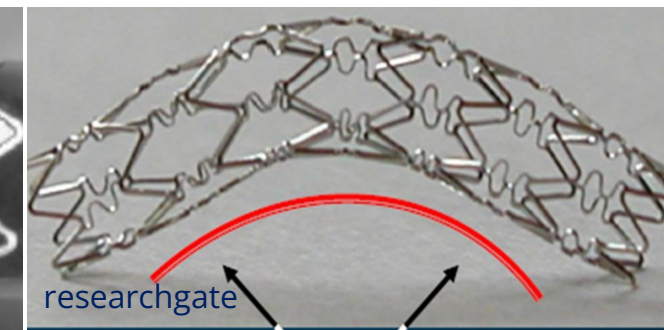
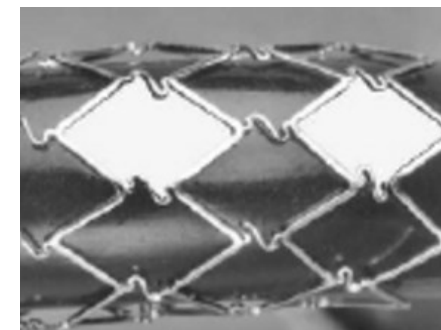
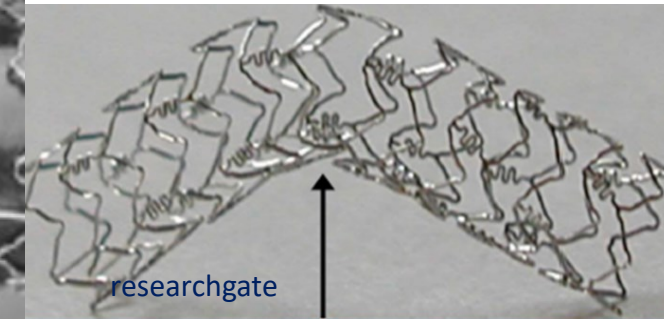
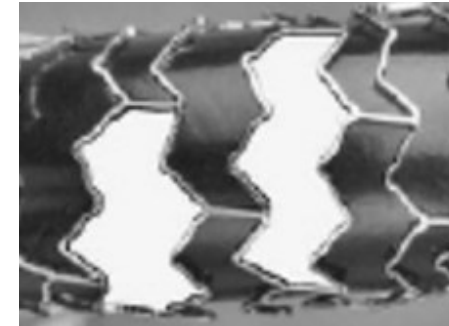
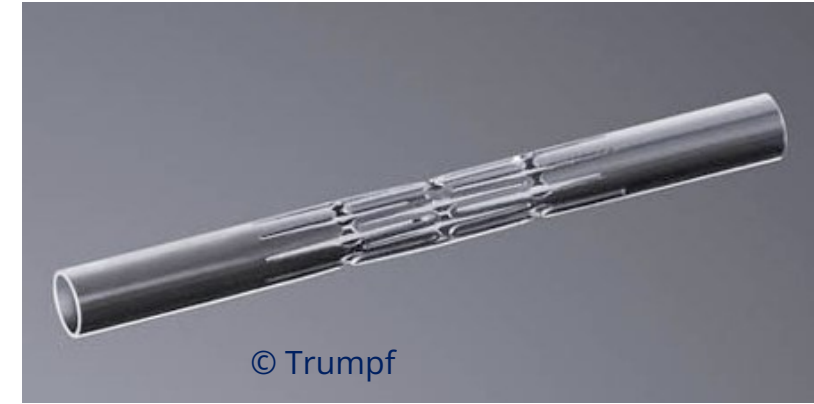
## Lasergeschnittene Stents

- Laserschneiden aus dünnwandigen nahtlosen Röhren auf Basis auf CAD
- Nachbehandlung für funktionsfähige Oberflächen
  - Wärmebehandlung
  - Elektrolytisches Polieren
- Flexibel und Schnell
- Hoher Verschnitt, Einschränkung bei Baugrößen

**Material:** Edelstahl, Cr-Co-Legierungen,  
FGL: Niti oder Co-Legierung

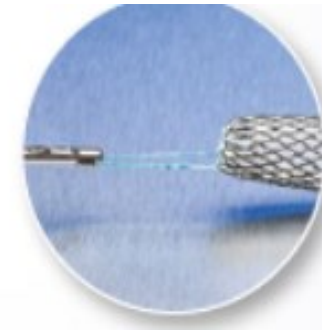
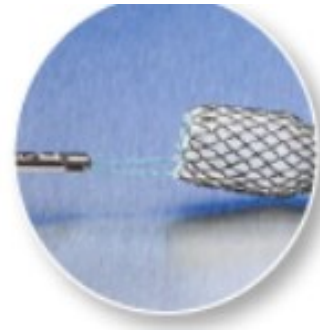
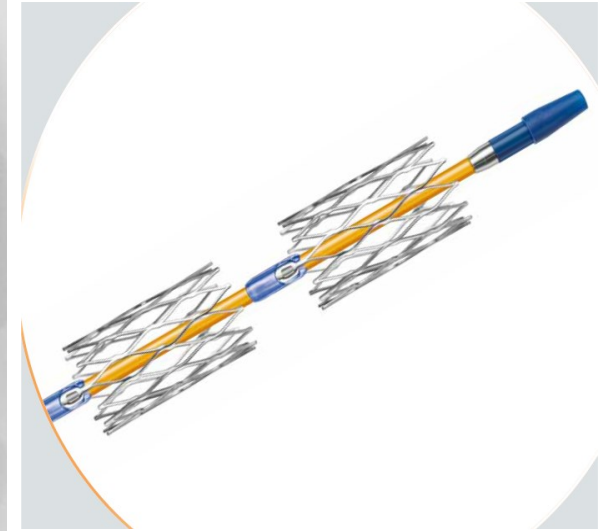
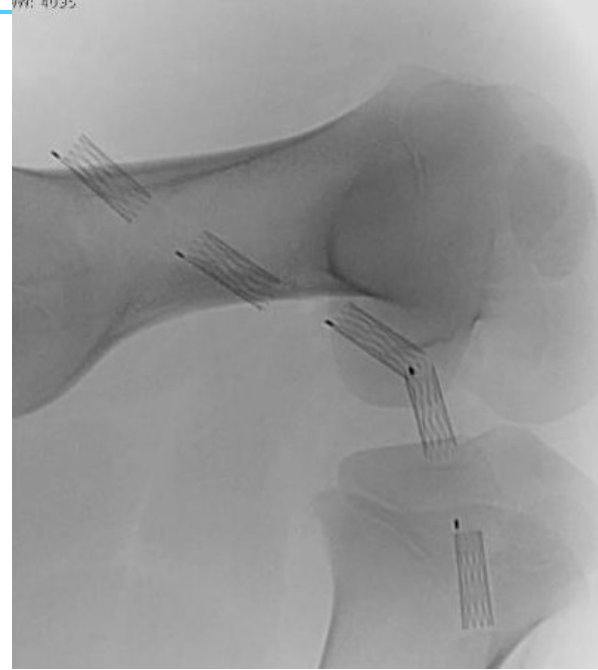
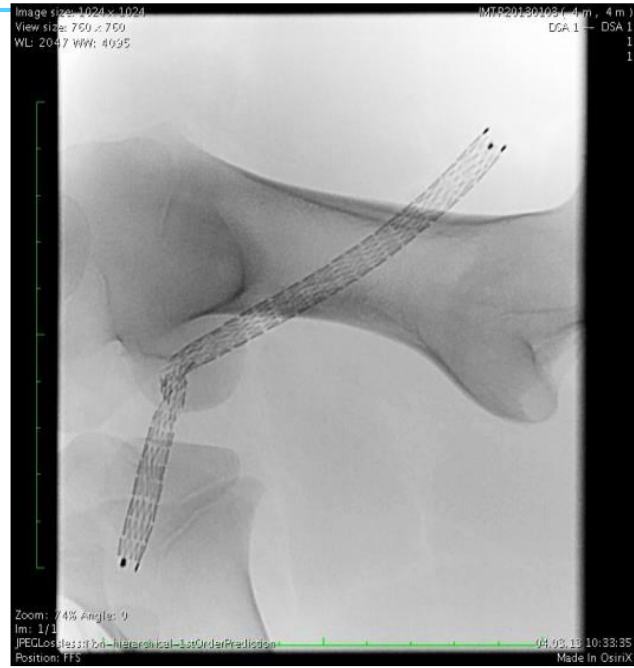
## Konstruktionsprinzip:

- Open-Cell : unregelmäßig durch Brücken verbunden
  - Niedrige Radialkraft
  - Hohe Anpassungsfähigkeit
- Closed-Cell: regelmäßig durch Brücken verbunden
  - Hohe Radialkraft
  - Niedrige Anpassungsfähigkeit



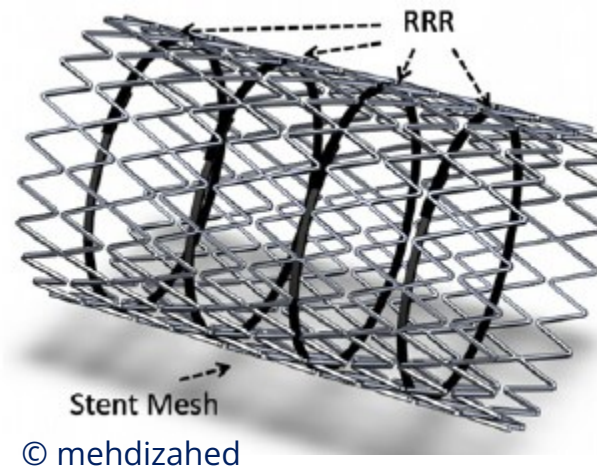
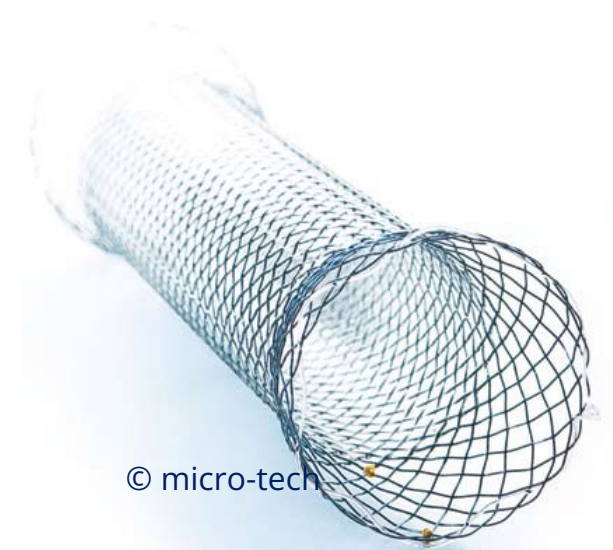
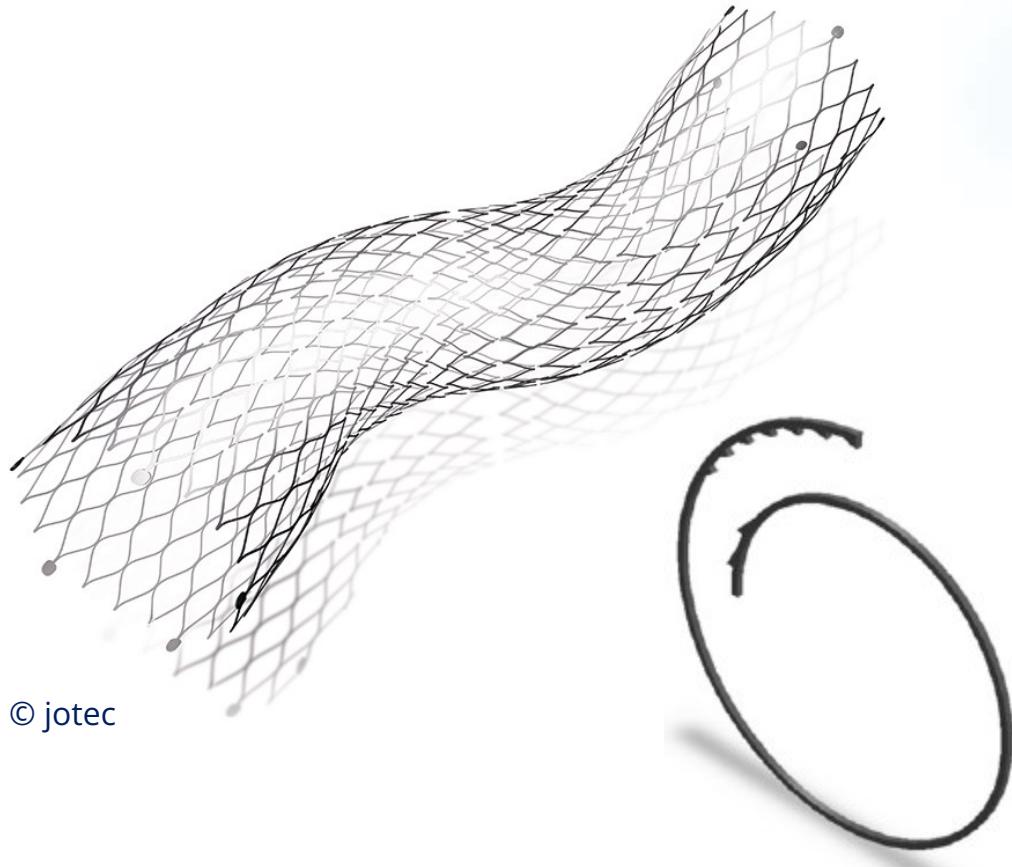
# Stent

## Multi Stent Design



# Stent

## Multi Stent Design



---

# 4.3 Herzklappe

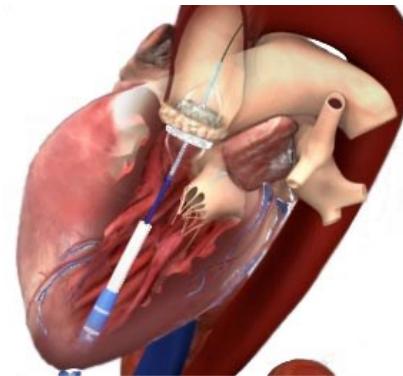
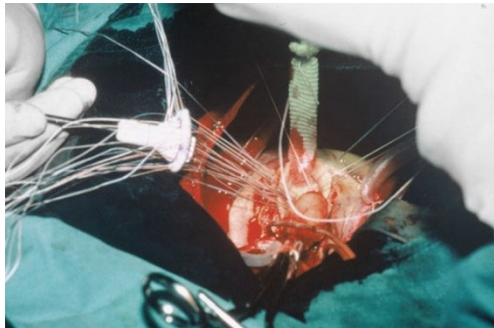
# Herzklappe

## Folgen einer Herzklappenerkrankung:

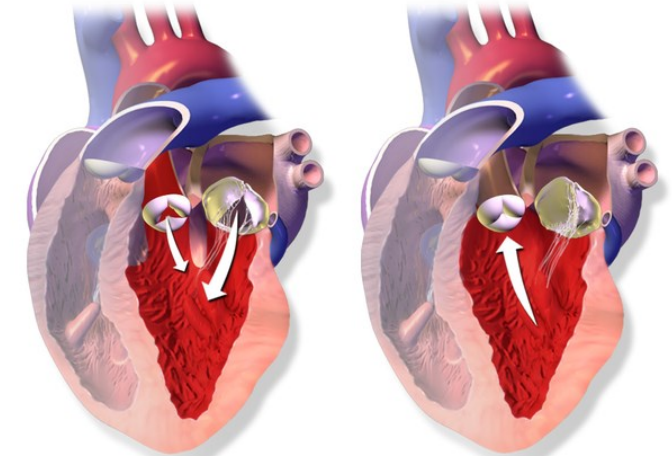
- Herzhypertrophie
- Herzinsuffizienz

## Therapie:

- Herzklappenrekonstruktion
- Herzklappenersatz

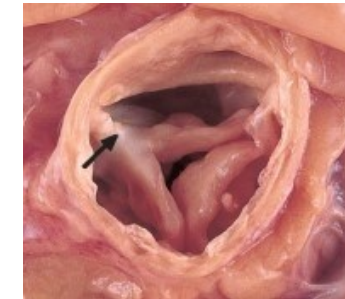


## Herzklappenfehler



**Aorten Insuffizient**

**Aorten Stenose**



# Herzklappe

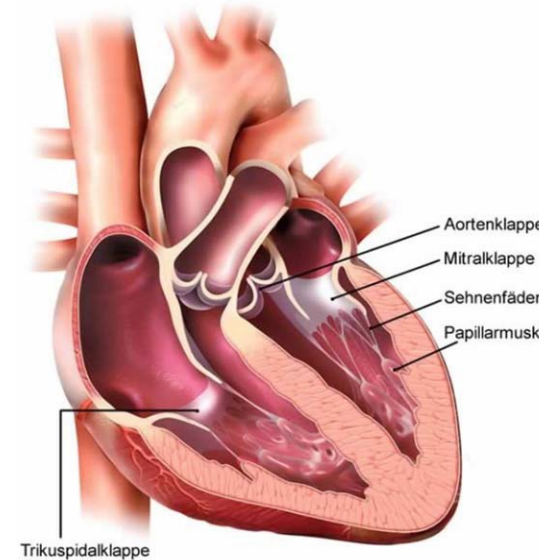
## Herzklappenrekonstruktion

Zieleiner operativen Rekonstruktion :

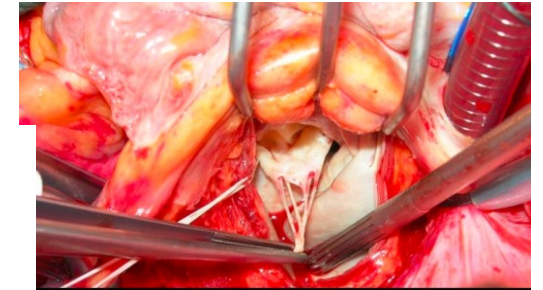
- Wiederherstellung der ursprünglichen Größe
- Möglicherweise die Behandlung der Segel der Herzklappe

## Therapie:

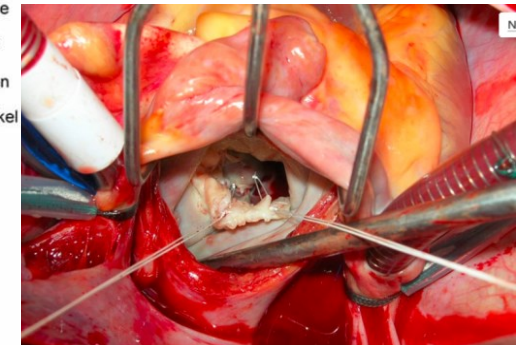
- Wiederherstellung der ursprünglichen Herzklappengröße, indem man überflüssiges Gewebe entfernt.
- Behandlung von geschädigtem Gewebe eines Klappensegels.
- Entfernung von Kalkablagerungen.
- Reparatur der Bänder, die die Klappensegel steuern.
- Unterstützung der Herzklappen durch Implantation von Gewebe, einem Ring oder einem Band um die Klappenöffnung (Anuloplastie)



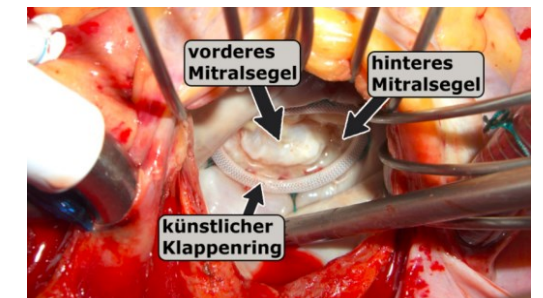
Abgerissener Sehnenfaden



Ersatz der Sehnenfäden



Mitral-Annuloplastie-Ring

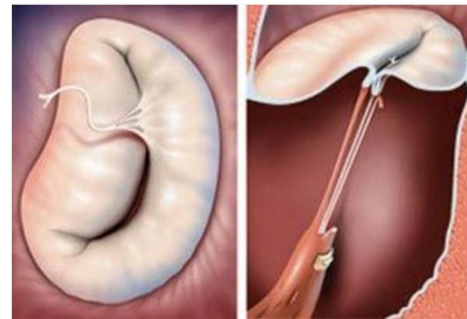
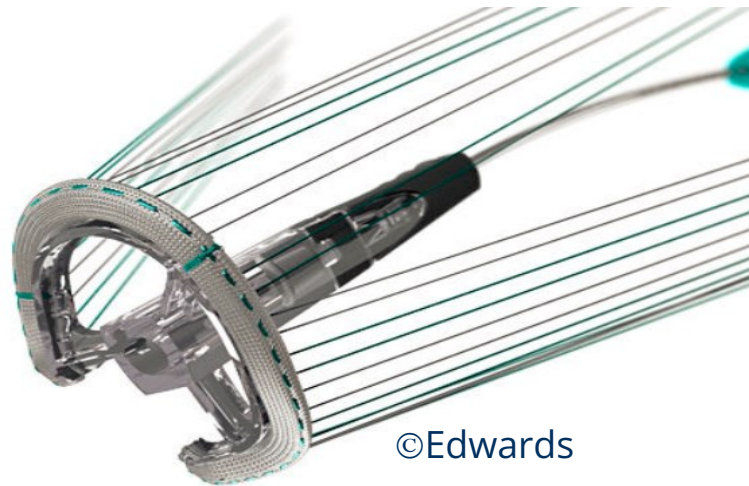


# Herzklappe

## Anuloplastie-Ringe oder Bänder

Dient zur Erhaltung der natürlichen Form, Bewegung und Flexibilität des Anulus.

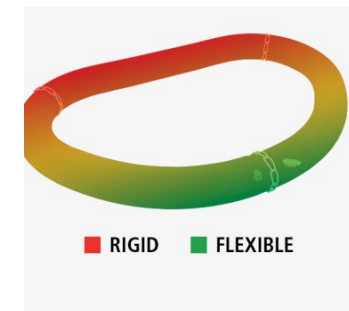
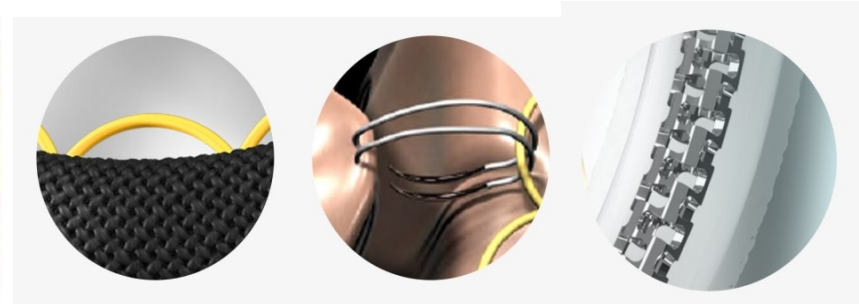
- Besteht aus Kunststoff, Metall und Textil
- Flexible oder steife Form (semi-rigides System)
- Ringgröße 24 bis 38 mm
- Bändergröße 26 bis 38 mm



©Edwards



©Edwards



# Herzklappe

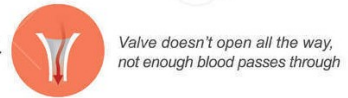
## Arten von Herzklappe

### mechanische Herzklappe

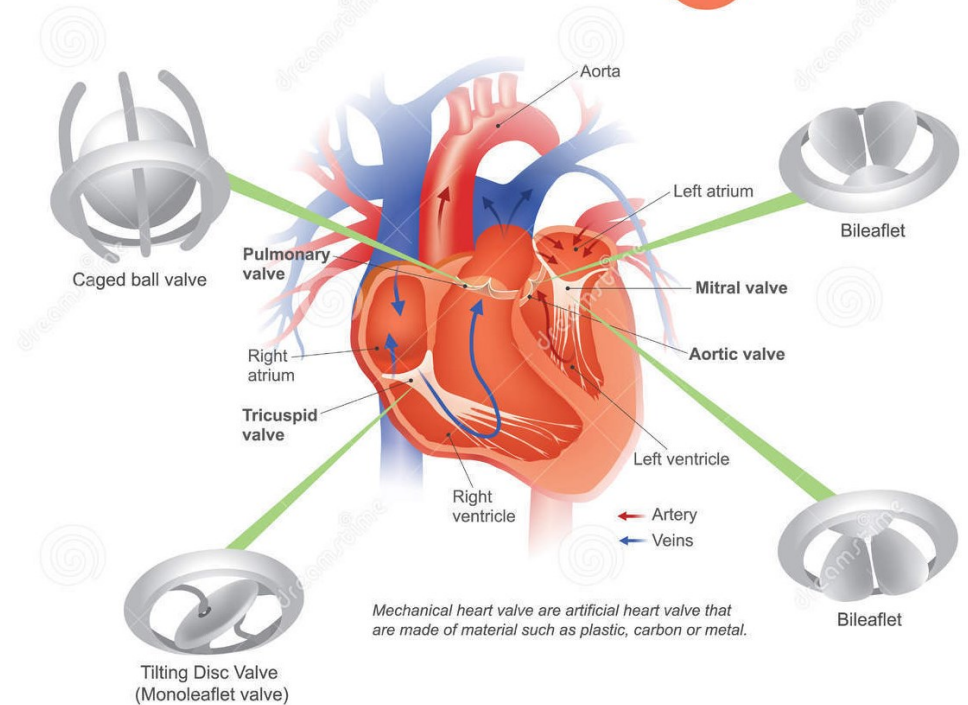
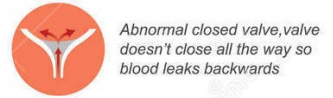
- Form: Kippscheibe, Doppelflügel oder Kugel in einem Käfig
- Vorteil: unbegrenzte Haltbarkeit als biologische Herzklappen
  - bis zu 150 Jahre in Laborversuchen
- Die Strömungsverhältnisse annähernd denen natürlicher Herzklappen entsprechen,
- operativ relativ einfach
- Nachteil: lebenslange Gerinnungshemmung notwendig
- bis 65 Jahre
- Ausnahme: Schwangerschaft; Patienten, die keine Gerinnungshemmung vertragen
- Klappenflügel und Klappenring aus Graphit (beschichtet mit [pyrolytischem] Kohlenstoff) und
- Befestigung der Klappenprothese mit einer Polyestermanschette im Herzen

## Mechanical heart valve

Heart valve disease occurs if one or more of your heart valves don't work well. The heart has four valves the tricuspid, pulmonary, mitral, and aortic valves.



These valves have tissue flaps that open and close with each heartbeat. The flaps make sure blood flows in the right direction through your heart's four chambers and to the rest of your body.



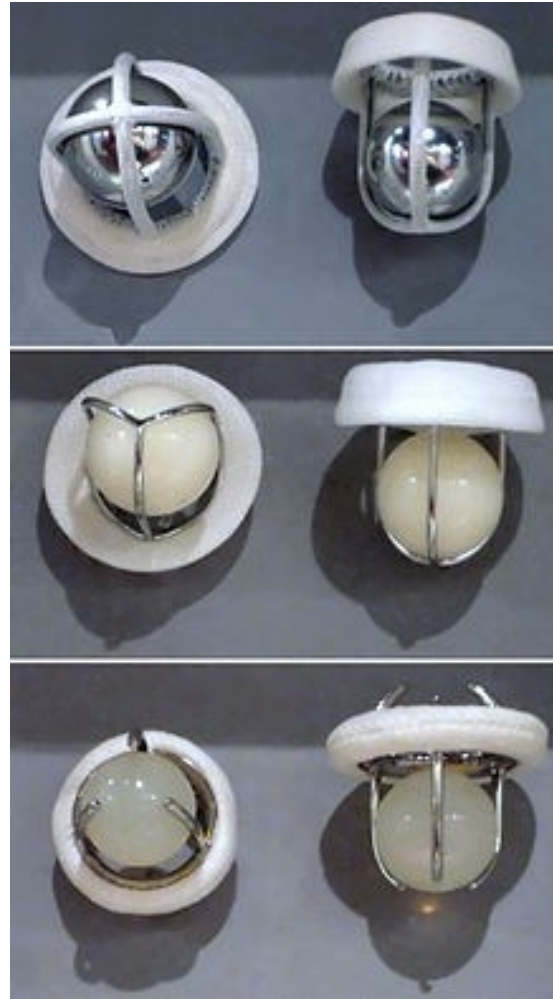
# Herzklappe



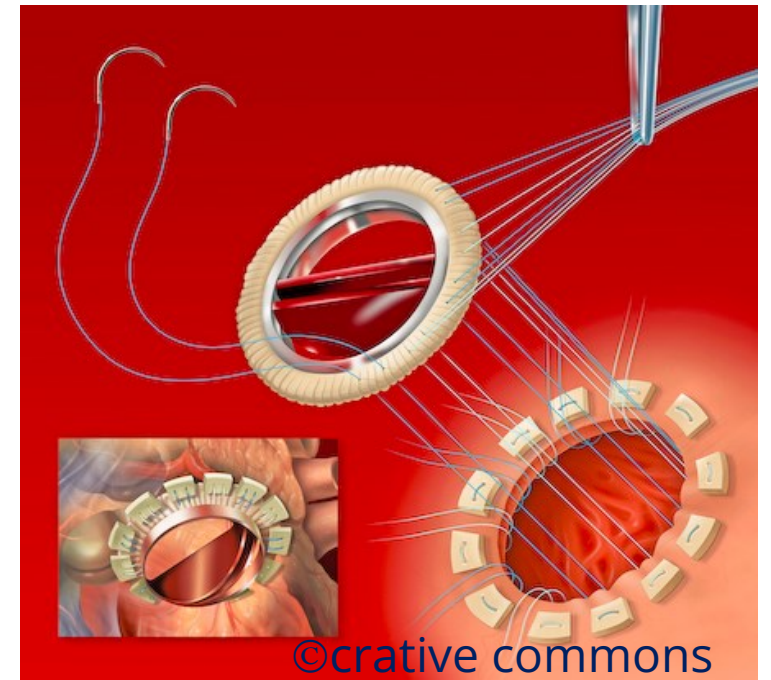
©sorin group



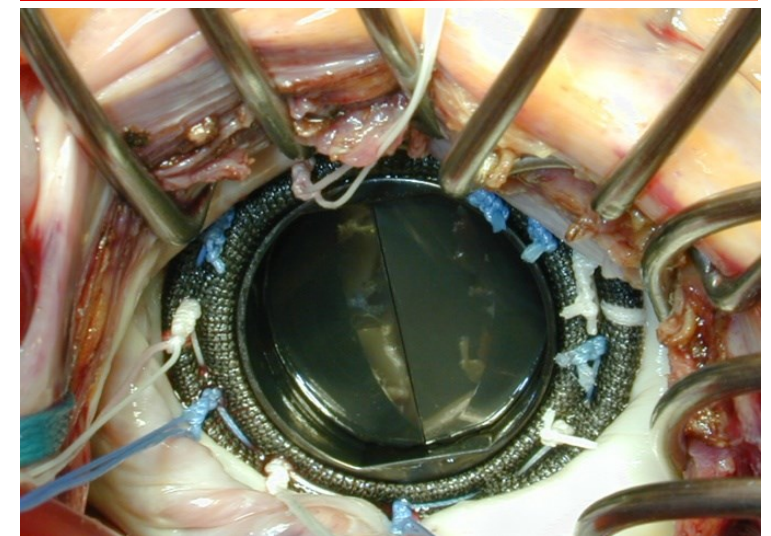
©ON-X®



©Edwards



©creative commons

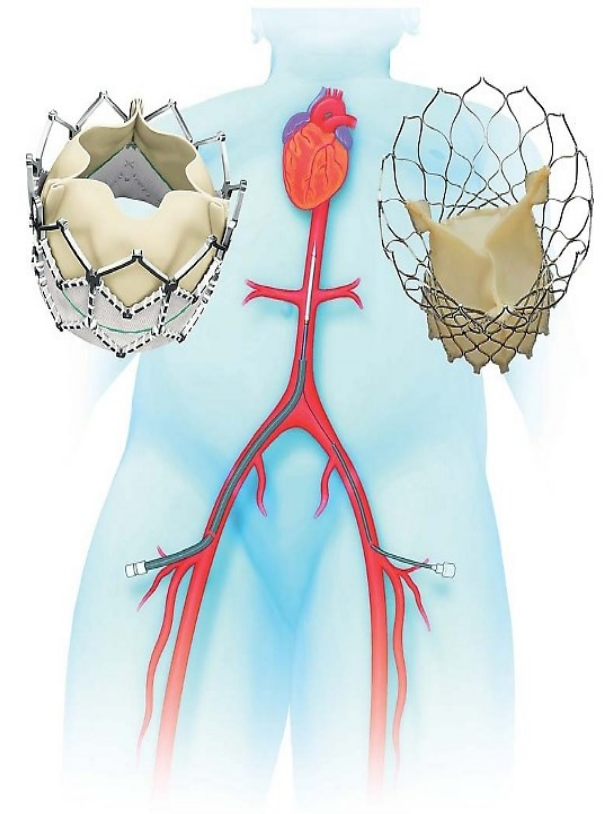


# Herzklappe

## Arten von Herzklappe

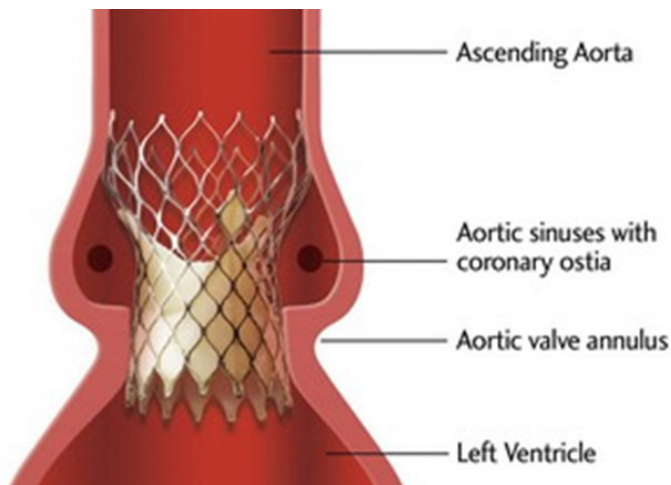
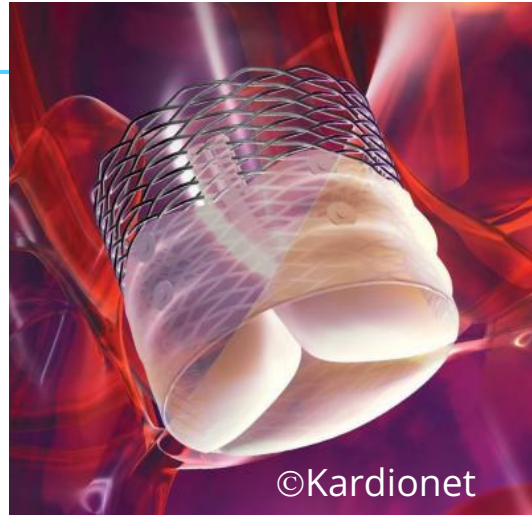
### *biologische Herzklappe*

- Homograft (menschliche Herzklappen aus Spenderherzen)
- Bioprothesen aus Schweineklappen, Rinderherzbeuteln, Dura Mata und Perikart von menschlichen Leichen
- Vorteil: auf Dauer keine Gerinnungshemmung nötig
- Nachteil: begrenzte Haltbarkeit – je jünger der Patient, desto schneller die Degeneration der Klappe
- Aortenklappe ab 60 Jahre
- Mitralklappe ab 65 Jahre
- Blutungsrisiko wird vermieden, eine erneute Herzoperation ist unwahrscheinlich



©ärzteblatt

# Herzklappe



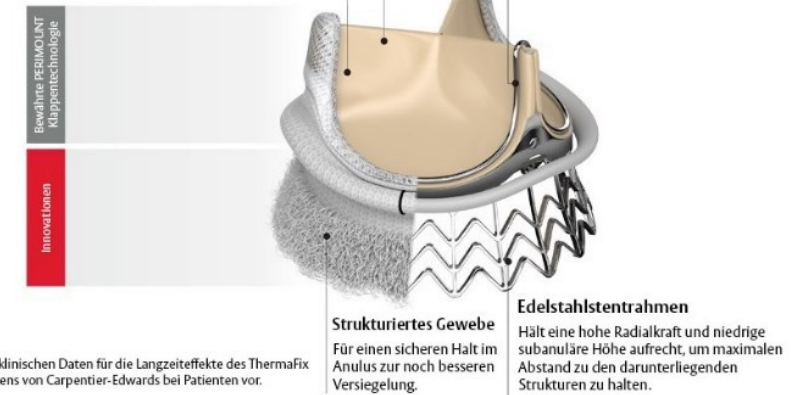
## Äußere Einfassung

- Die äußere Einfassung aus PET (Polyethylenterephthalat) wurde zur Minimierung von paravalvulären Lecks entwickelt

**ThermaFix-Verfahren\***  
Behandelt beide wichtige Kalziumbindungsstellen.

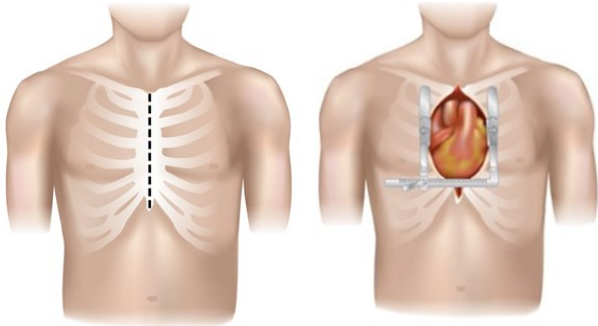
**Aufeinander abgestimmte Segel**  
Für längere Lebensdauer mit drei voneinander unabhängigen bovinen Perikardsegeln, abgestimmt nach Dicke und Elastizität. Basierend auf dem bewährten PERIMOLINT Klappendesign.

**Flexibler Stent**  
Verringert die Belastung der Segel während des Herzzyklus.

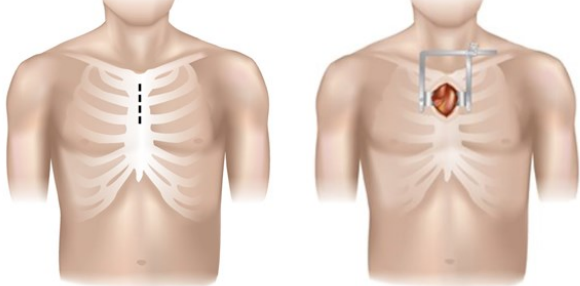


# OP-Techniken für Herzklappen

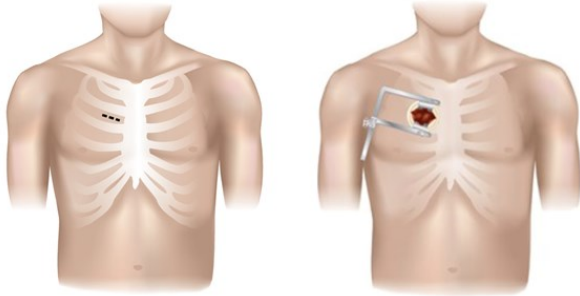
klassische Sternotomie



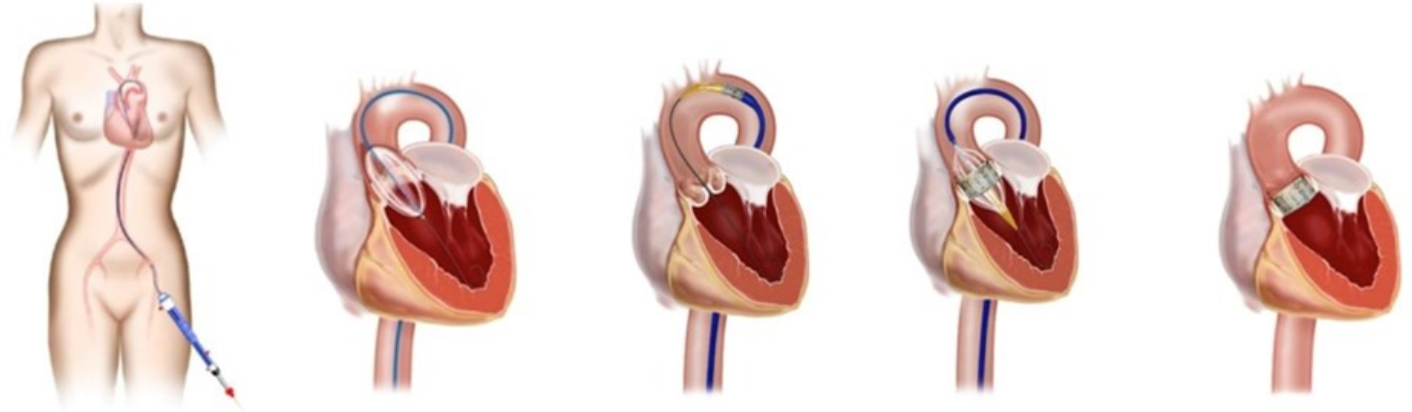
partielle Sternotomie



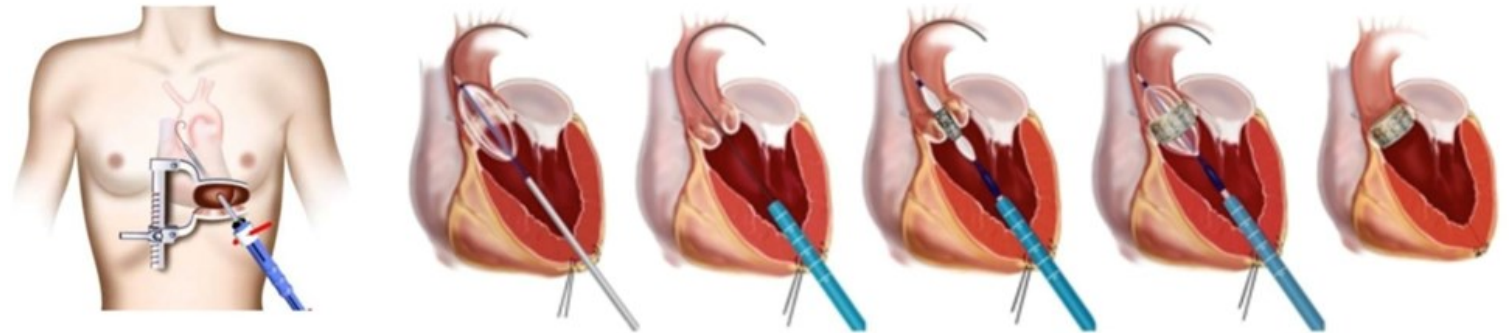
anterolaterale Mini-Thorakotomie



Transkatheter-Klappenimplantation (TAVI) ohne Herz-Lungen-Maschine



Transaortale TAVI: Leistenarterie oder Aorta ascendens



Transapikale Tavi: über die Herzspitze

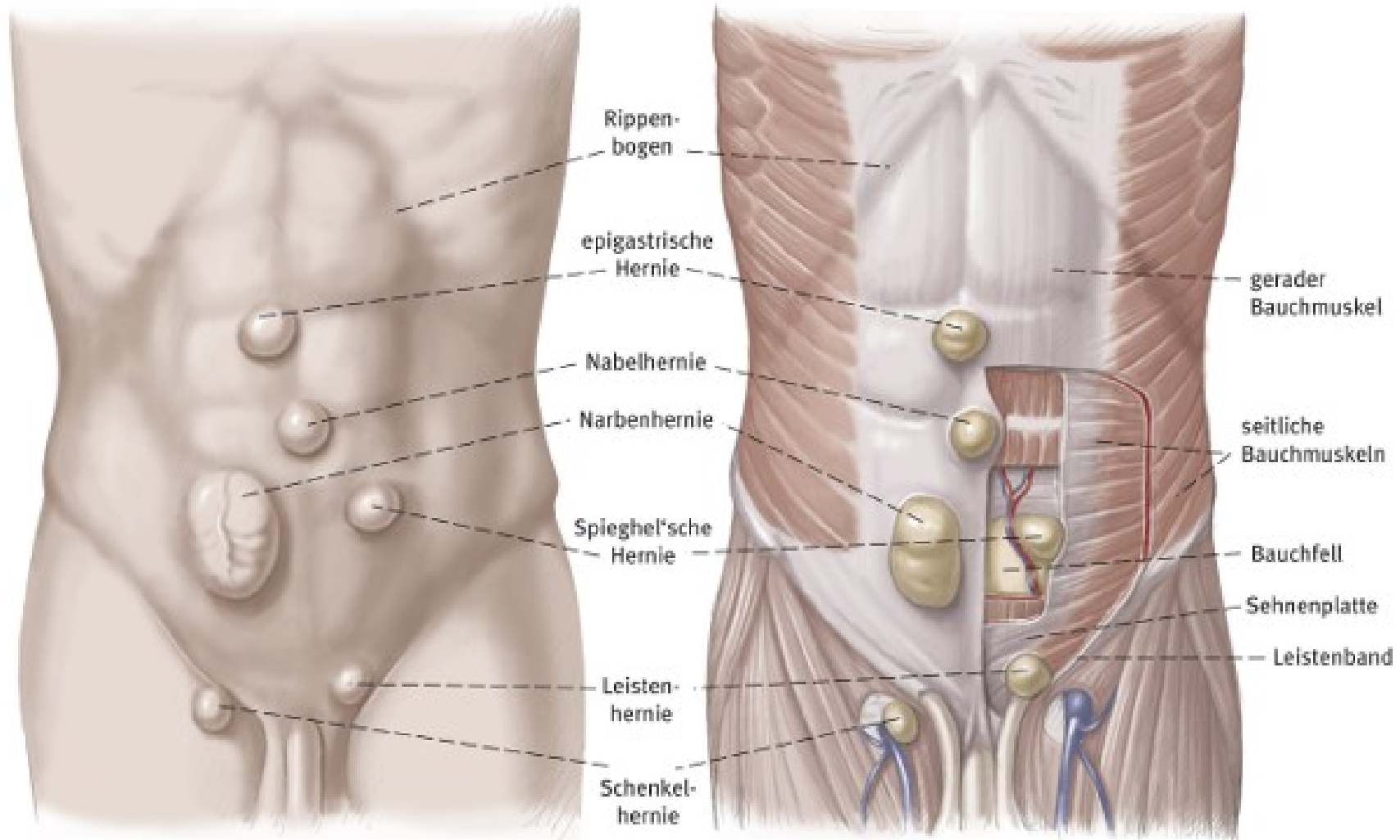
---

<https://www.youtube.com/watch?v=LhhWu4JCrBw>

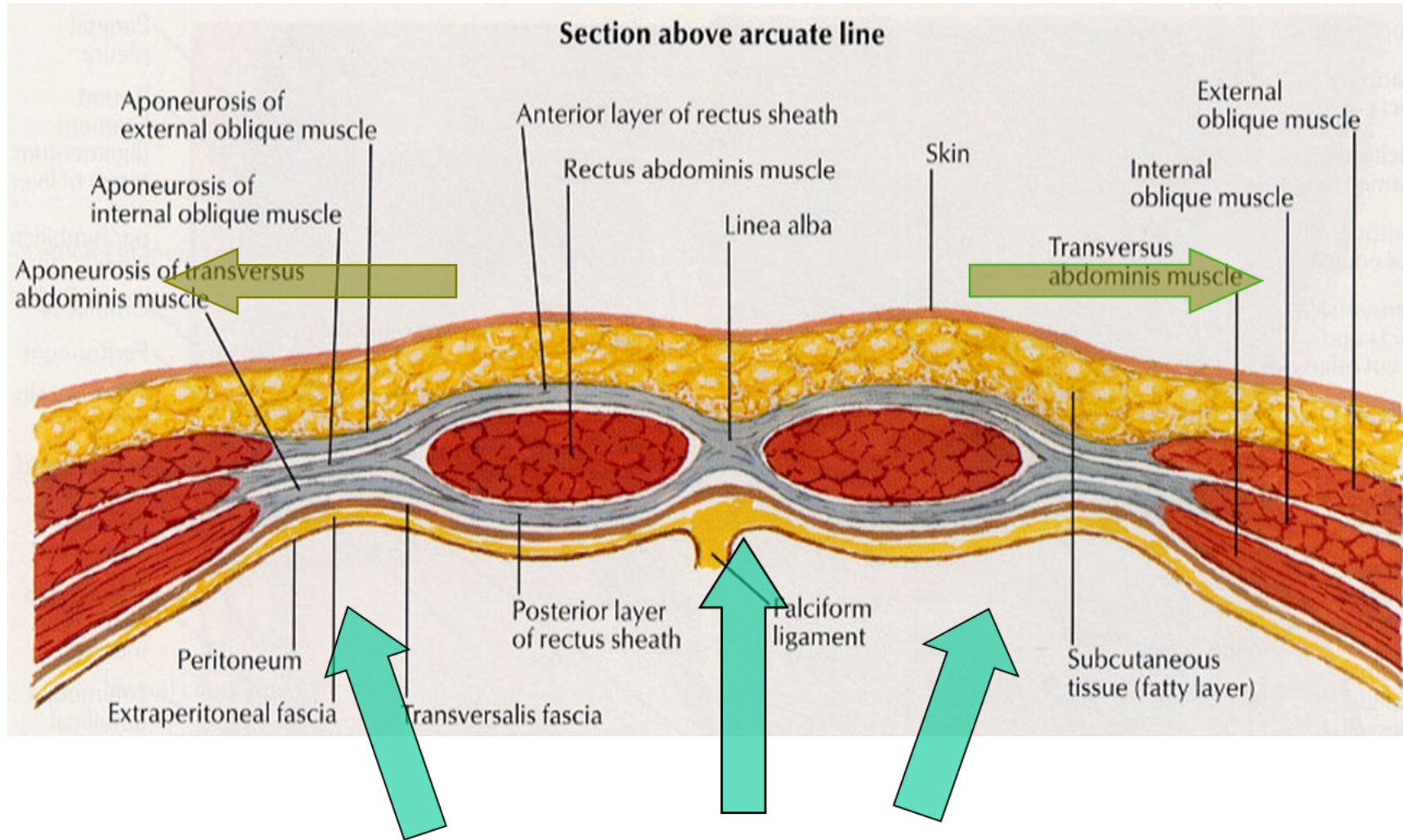
---

# 4.4 Herniennetze

# Herniennetze



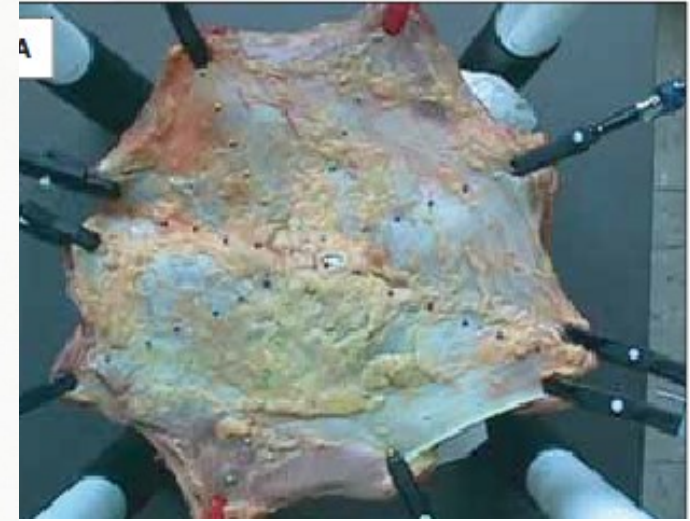
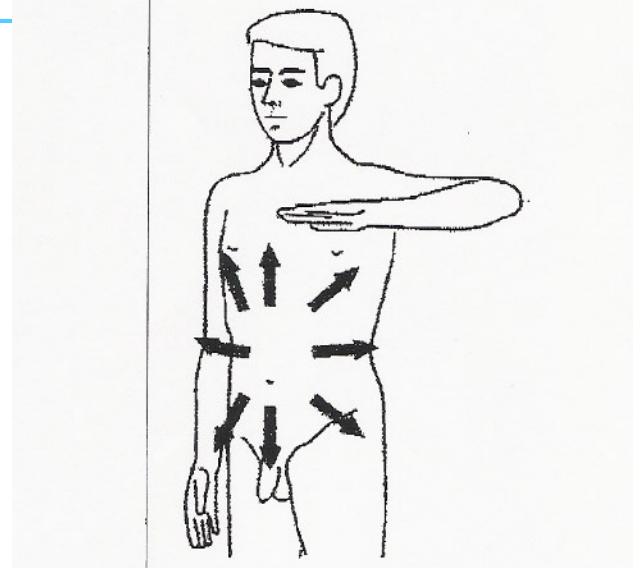
# Herniennetze



# Herniennetze

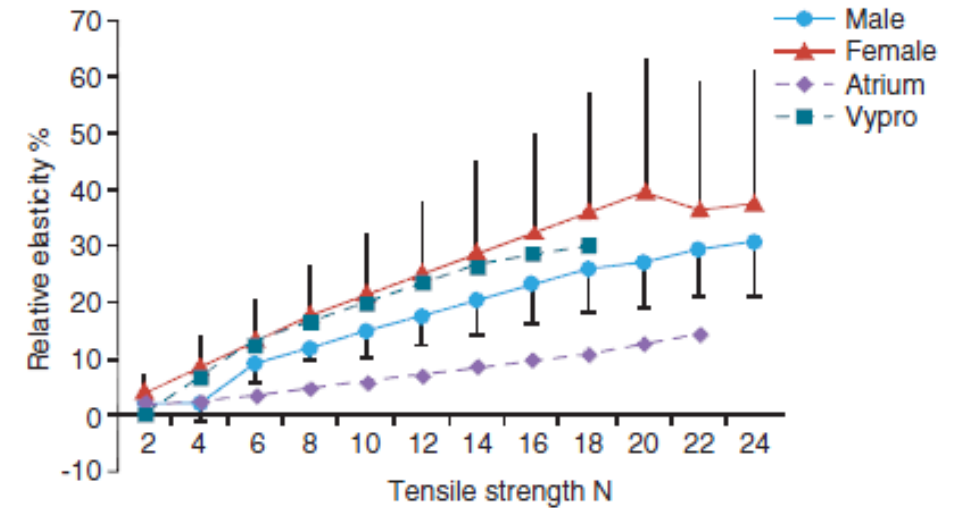
## Eigenschaften der Bauchdecke

- Innere Druck
  - 0,2 kPa (ruhe) - 20 kPa (max.)
- Elastizität 20-30%
  - Bauchdecke der Frau ist elastischer als der Mann
- 90 % der Hernien sind Männer



## Ursachen

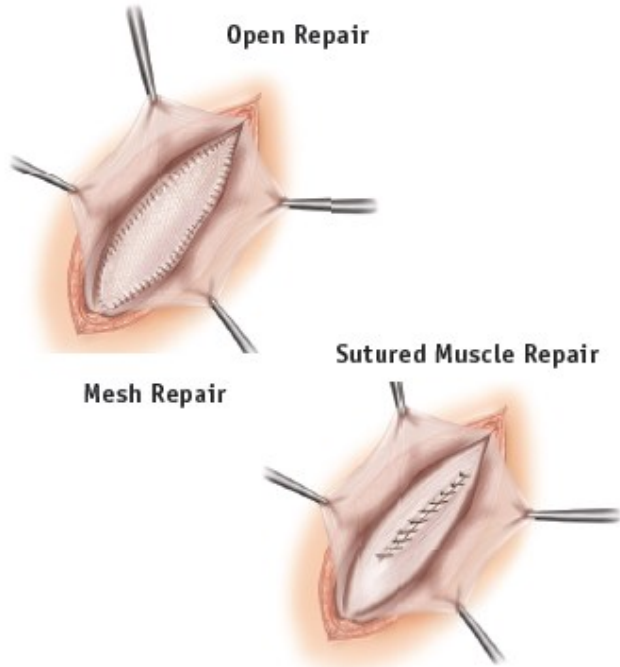
- genetische Faktoren (gleichzeitiges Auftreten von Leistenbrüchen, Nabelbrüchen und Narbenbrüchen bei Familienmitgliedern)
- Rauchen
- Vorhandensein von Asthma, chronischer Bronchitis und Diabetes
- Übergewicht



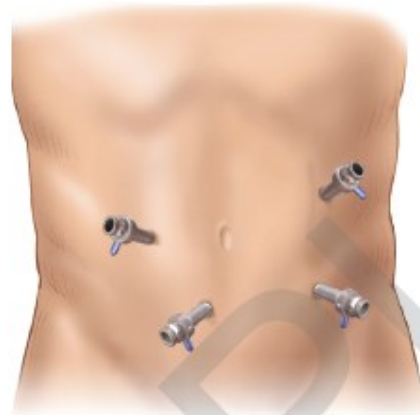
# Herniennetze



# Herniennetze

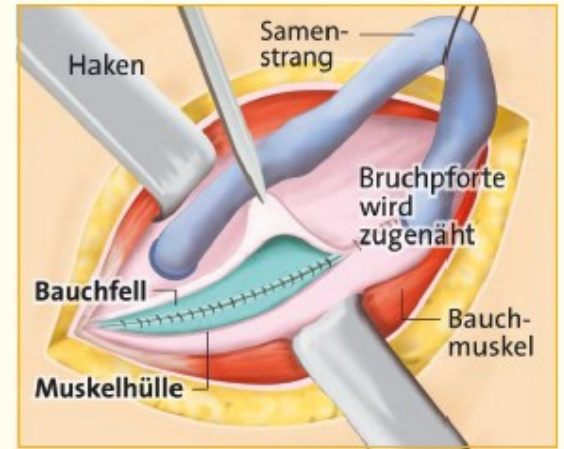
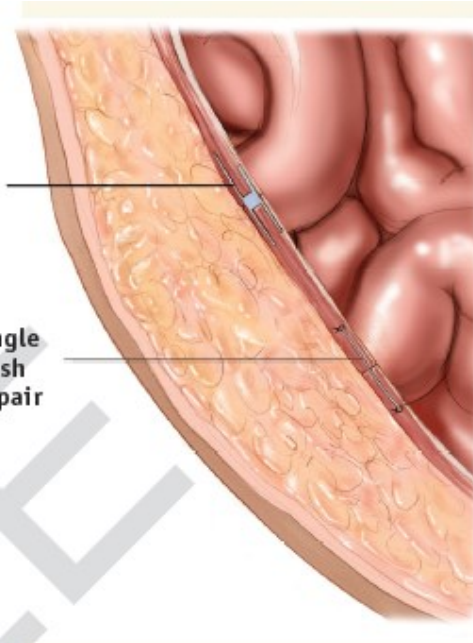


Laparoscopic Repair

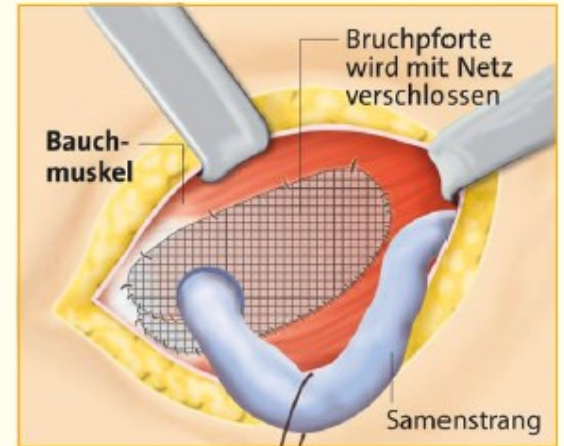


Double Mesh Repair

Single Mesh Repair

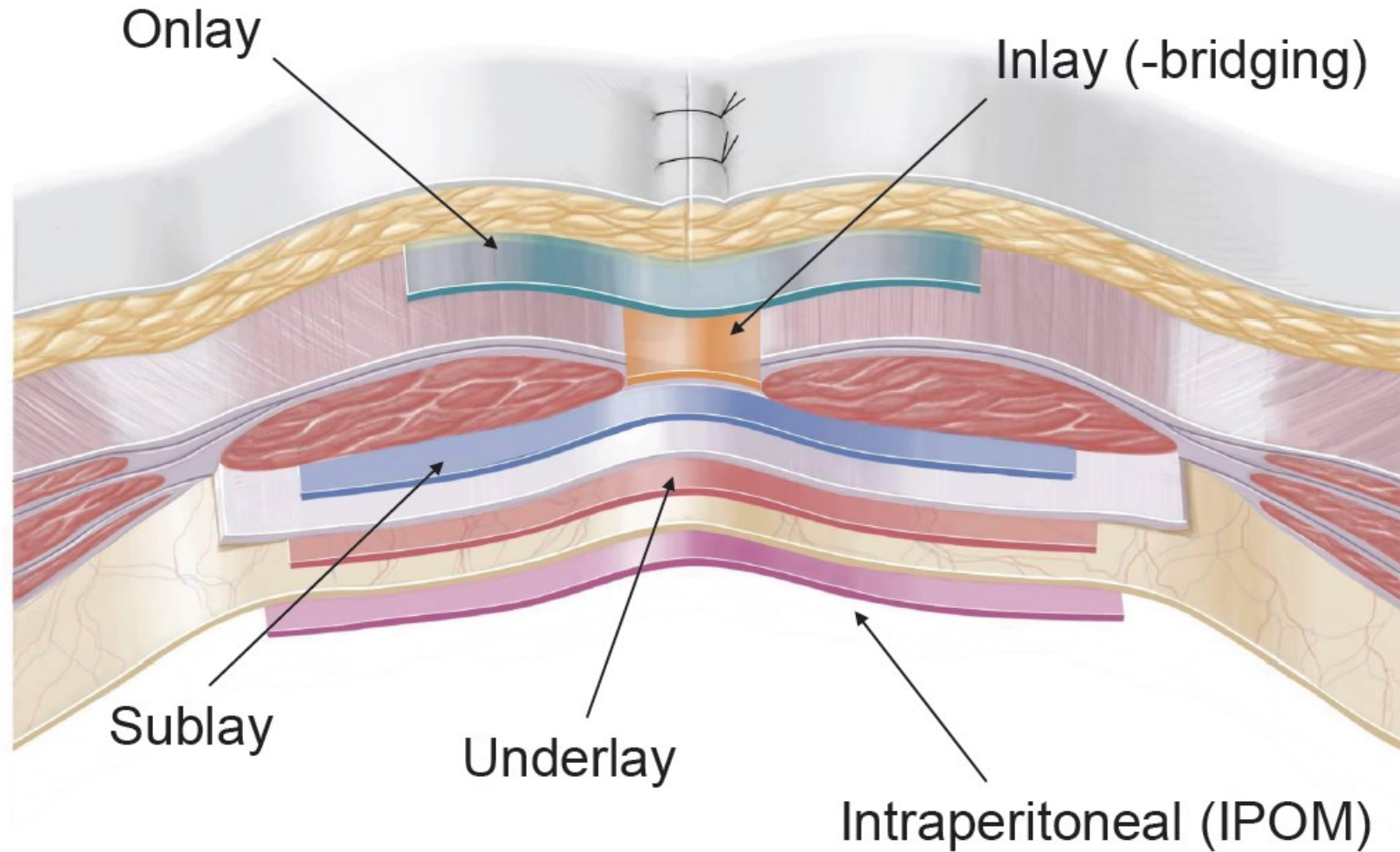


OP nach Shouldice

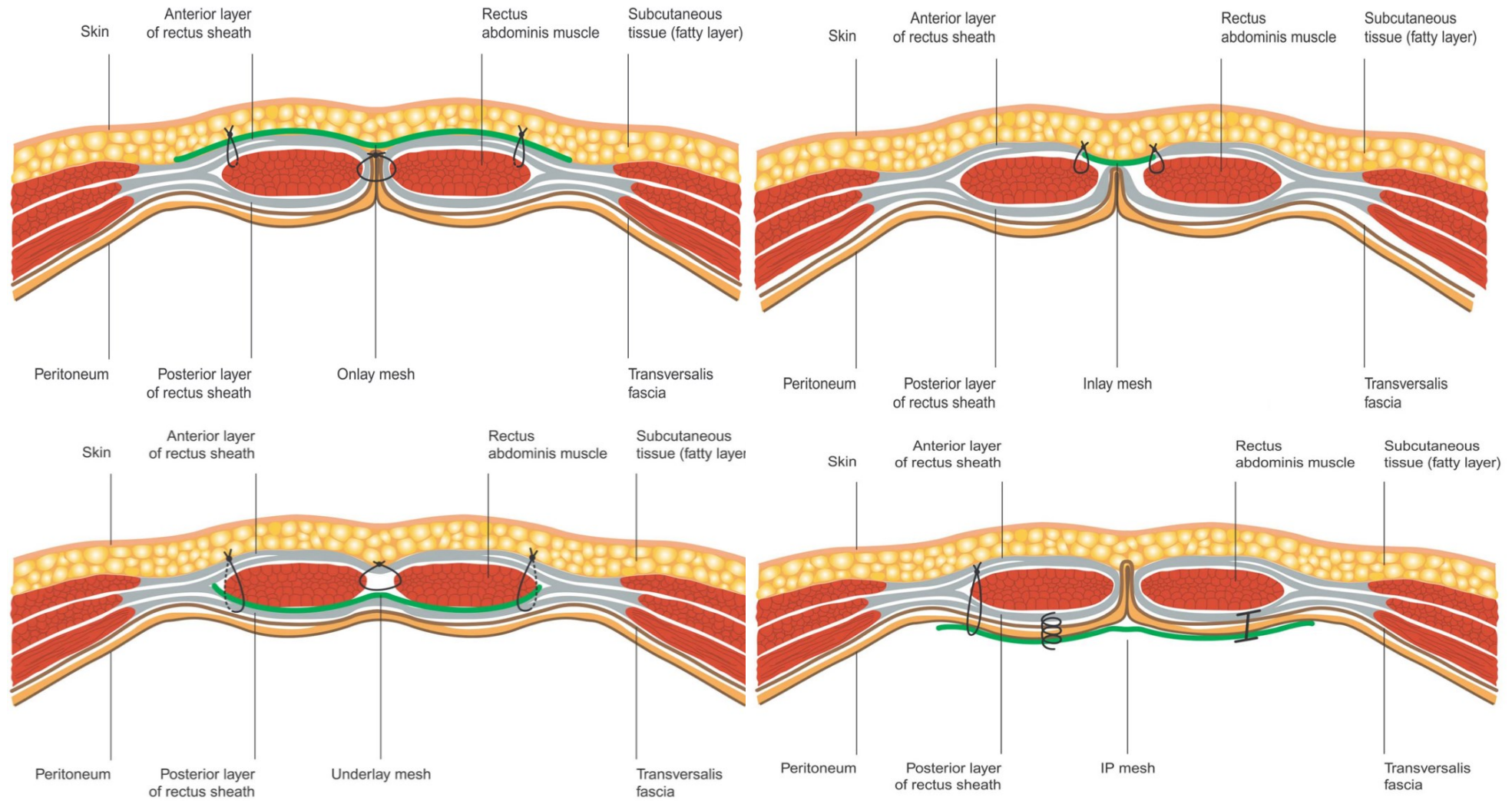


OP nach Lichtenstein

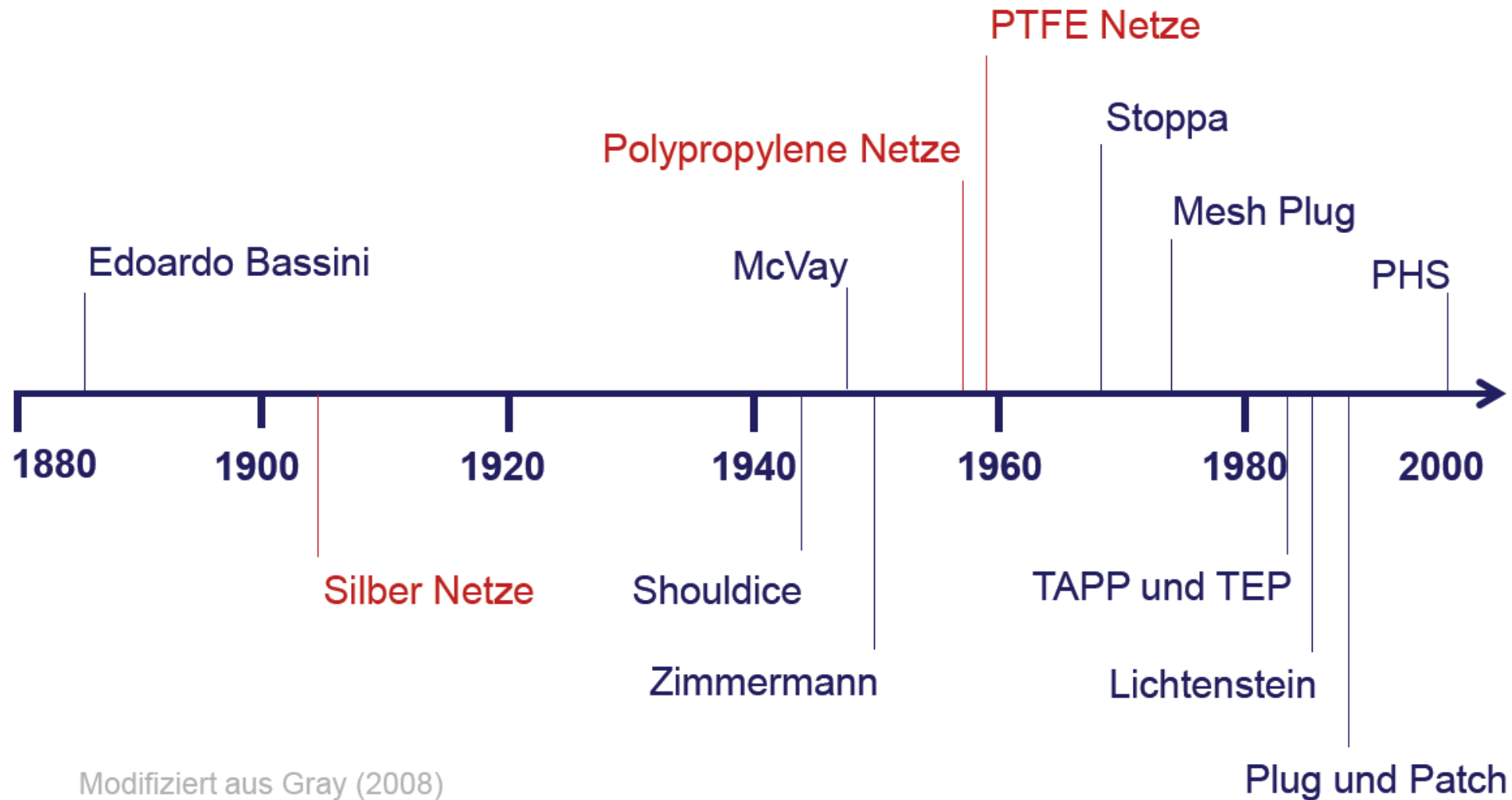
# Herniennetze



# Herniennetze



# Herniennetze



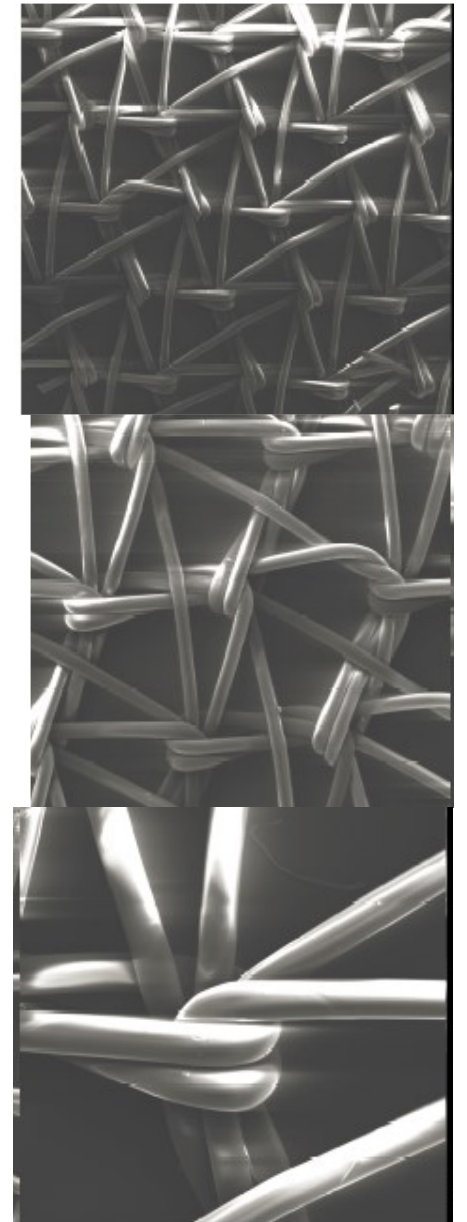
Modifiziert aus Gray (2008)  
Surg Clin North Am

## Netzparameter

- Material: PP, PET, PVDF ePTEF, PLA, PGA, PCL, PHB
- Porengröße
- Mono- oder Multifilament (oder Hybrid)
- Filamentdurchmesser
- Festigkeit und Elastizität
- Degradierbar/nichtdegradierbar (Teildegradierbar)

## Typen von Hernienimplantaten nach Porengrößen

- Typ 1: makroporöse Implantate Poren  $> 75 \mu\text{m}$ : prolene, marlex
- Typ 2: mikroporöse Implantate Poren  $< 10 \mu\text{m}$ : dual mesh
- Typ 3: Makro- und mikroporöse Hybridimplantate: mersilene



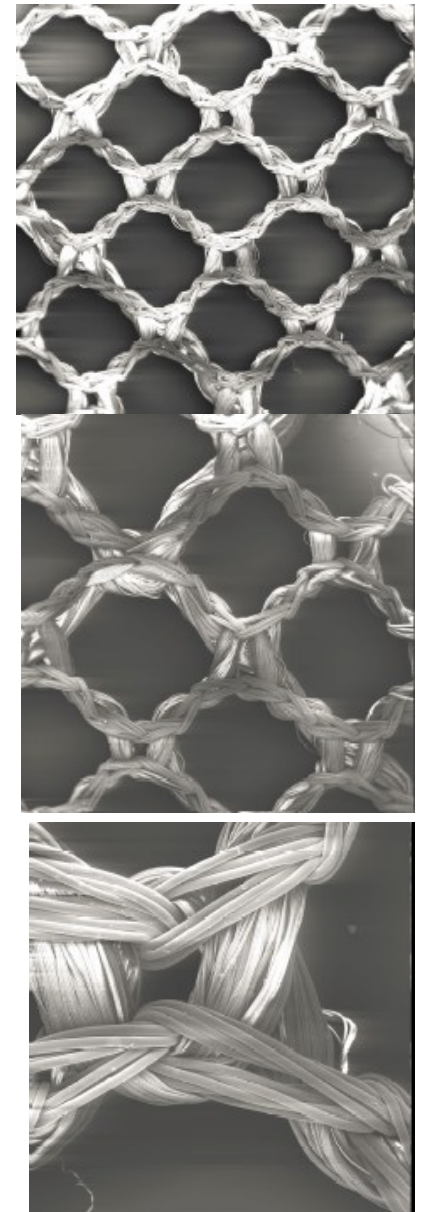
# Herniennetze

## PLA Netze (VICRYL Netz)

- Alternative zu nicht resorbierbaren Netzen
- Vorteilhafte Zelladhäsion von Wirtszellen und Abbau der Netze
- Wenige Infektionen aber erhöhte Rezidiven
  - (Zufriedenstellende kurzfristige Lösung für infizierten Hernien)

## PP Netze (VYPRO Netz)

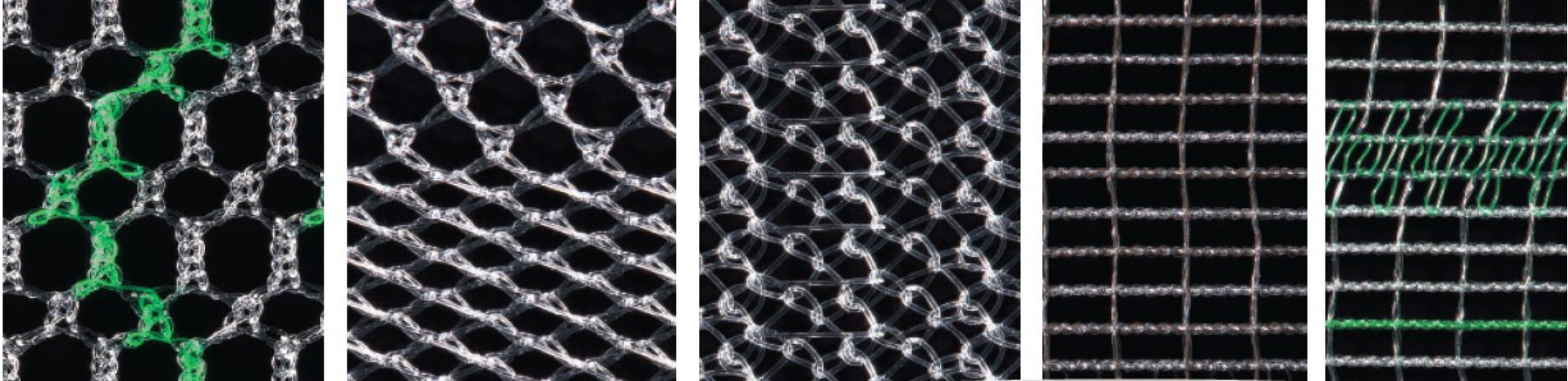
- Meist eingesetztes Material aufgrund seiner Stabilität und Inertheit.
- Produktvielfalt aus Monofil mit unterschiedlichen Porengrößen, Dicke, Elastizitäten und Schrumpf
- Anfänglich wurden die Netze gewebt, aber später zu einer Gewirke geändert, um ein Herauslösen der Schnittkanten des Gitters zu verhindern.
- Monofilamente sind bevorzugt.
- Alle implantierten Netze zeigten eine erhöhte Steifigkeit der Bauchwand. Leichtgewichtige Netze führen zu weniger Beschränkungen der Abdominalwand-konformität, während sie eine angemessenere Festigkeit für die Reparatur der ventralen Hernie bereitstellen.



# Herniennetze

## PVDF Netze

- PVDF-Monofilament – ein synthetisches „Garn“ aus Polyvinylidenfluorid und seit 1995 bekannt als überlegenes Nahtmaterial
- Der Durchmesser : 0,085 - 0,165 mm.
- ein extrem alterungsbeständiger thermoplastischer Fluorkunststoff mit angepasster Elastizität,
- Reißfest und biokompatibel
- seit 2003 findet es erfolgreich in textilen Implantaten

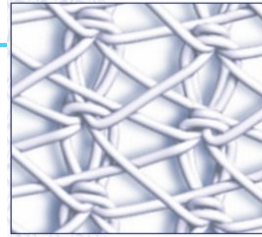


# Herniennetze

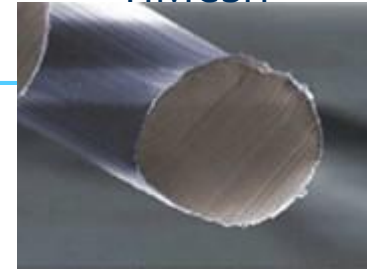
Prolene



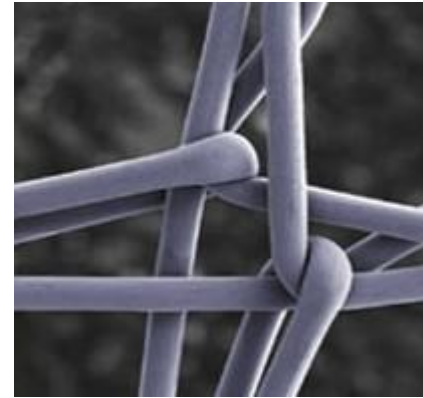
Atrium



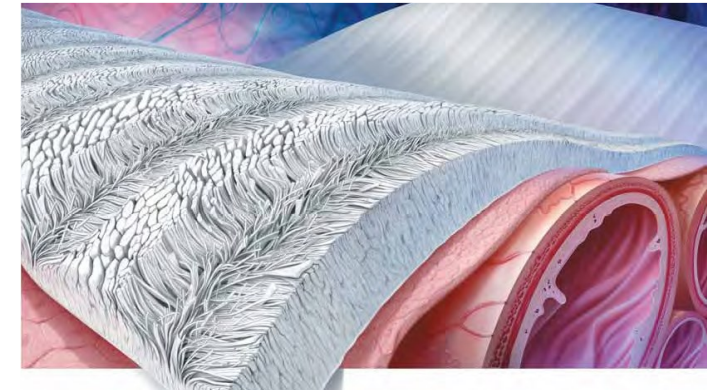
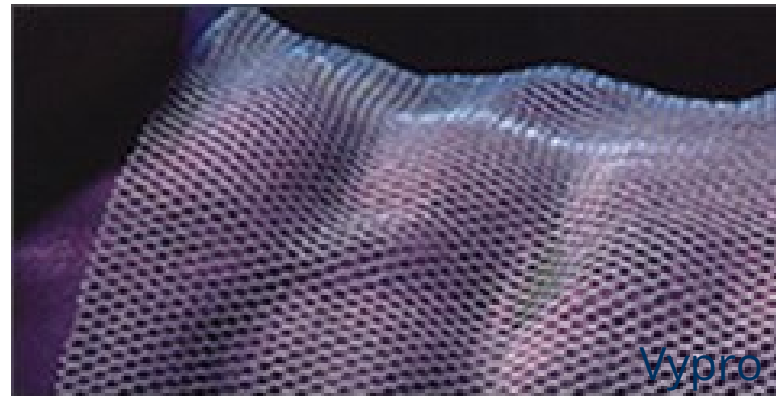
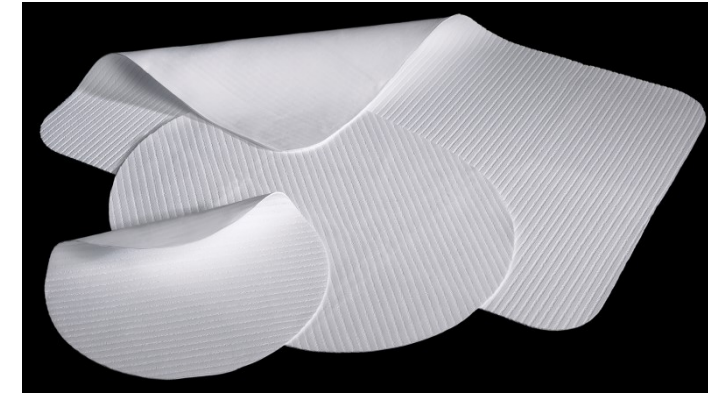
TiMesh



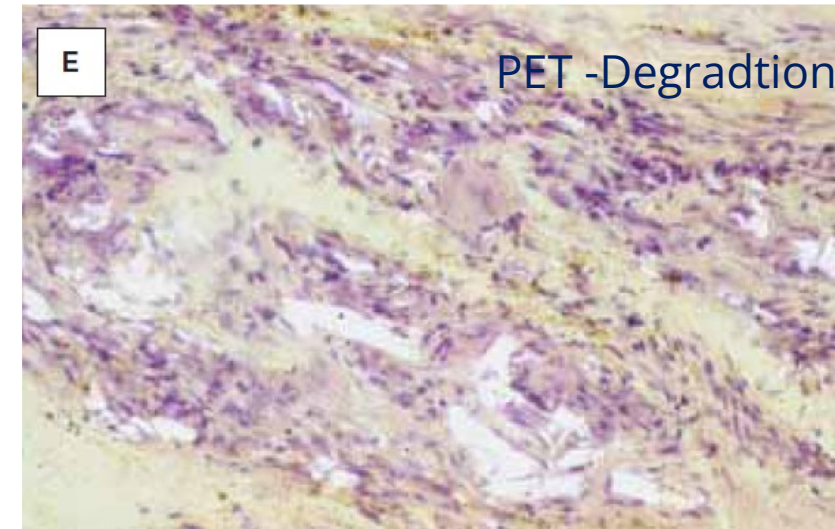
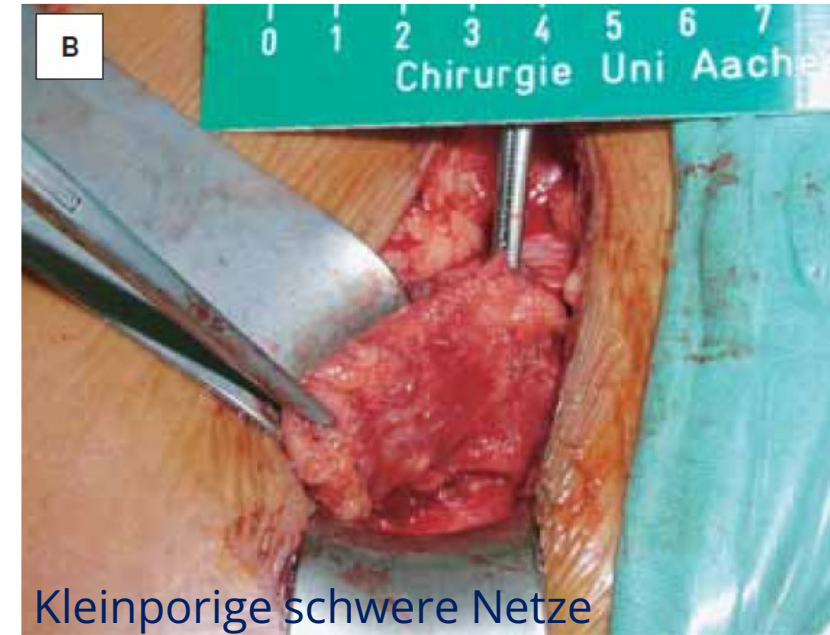
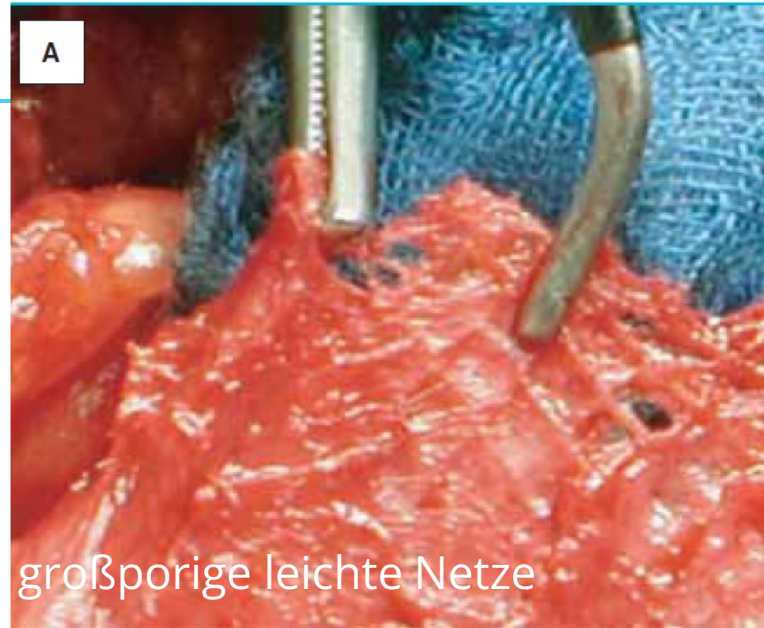
UltraPro



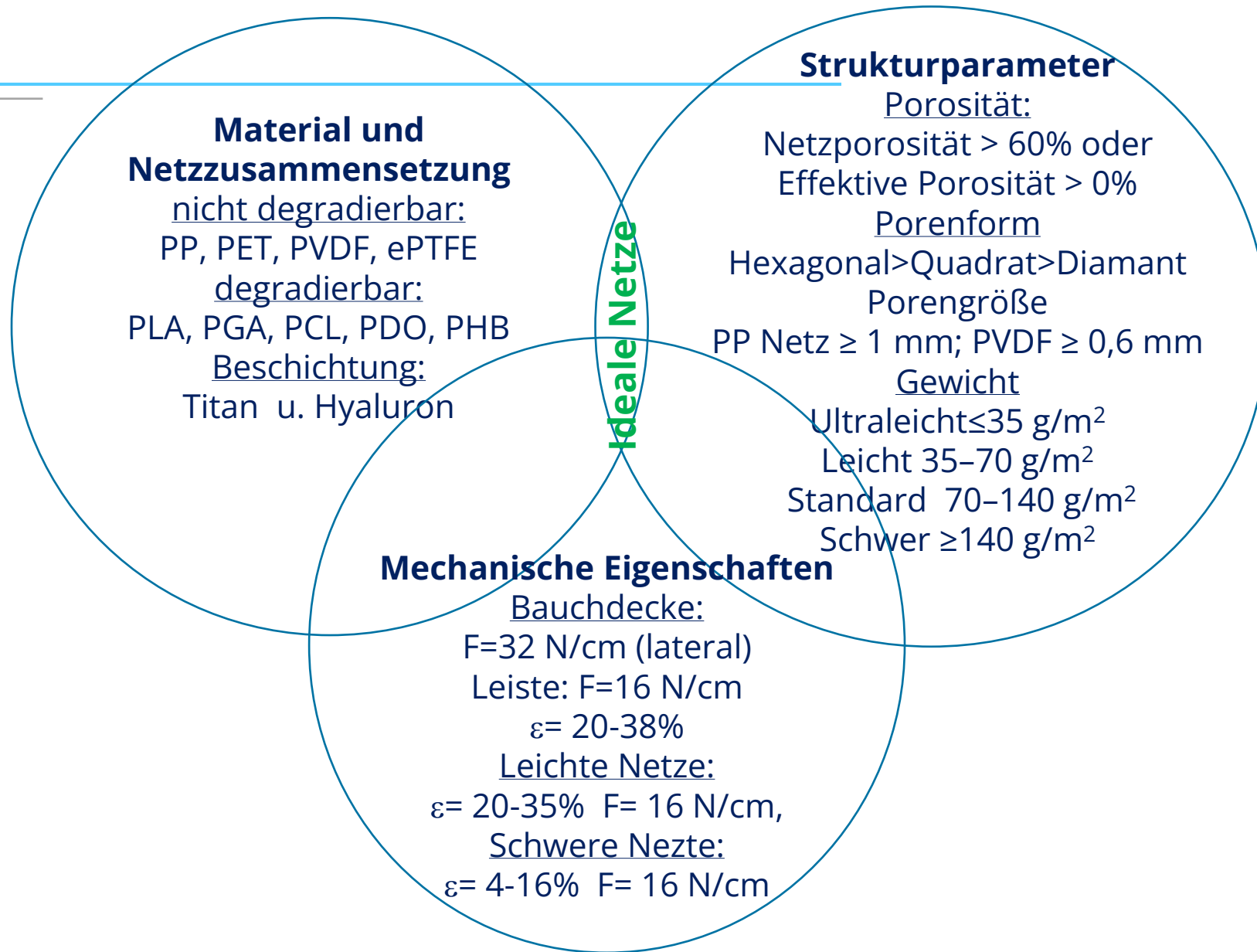
DualMesh



# Herniennetze



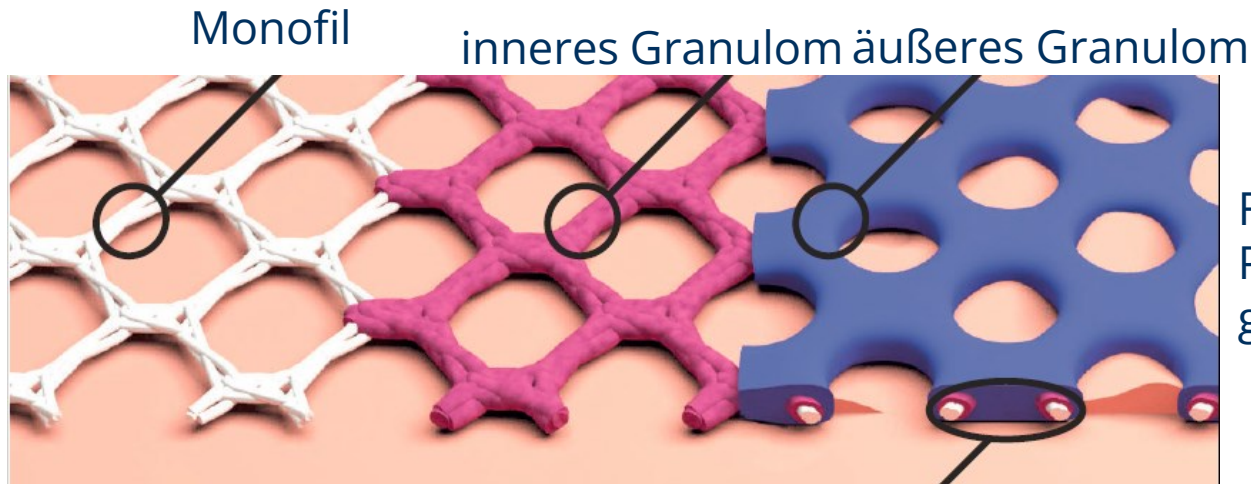
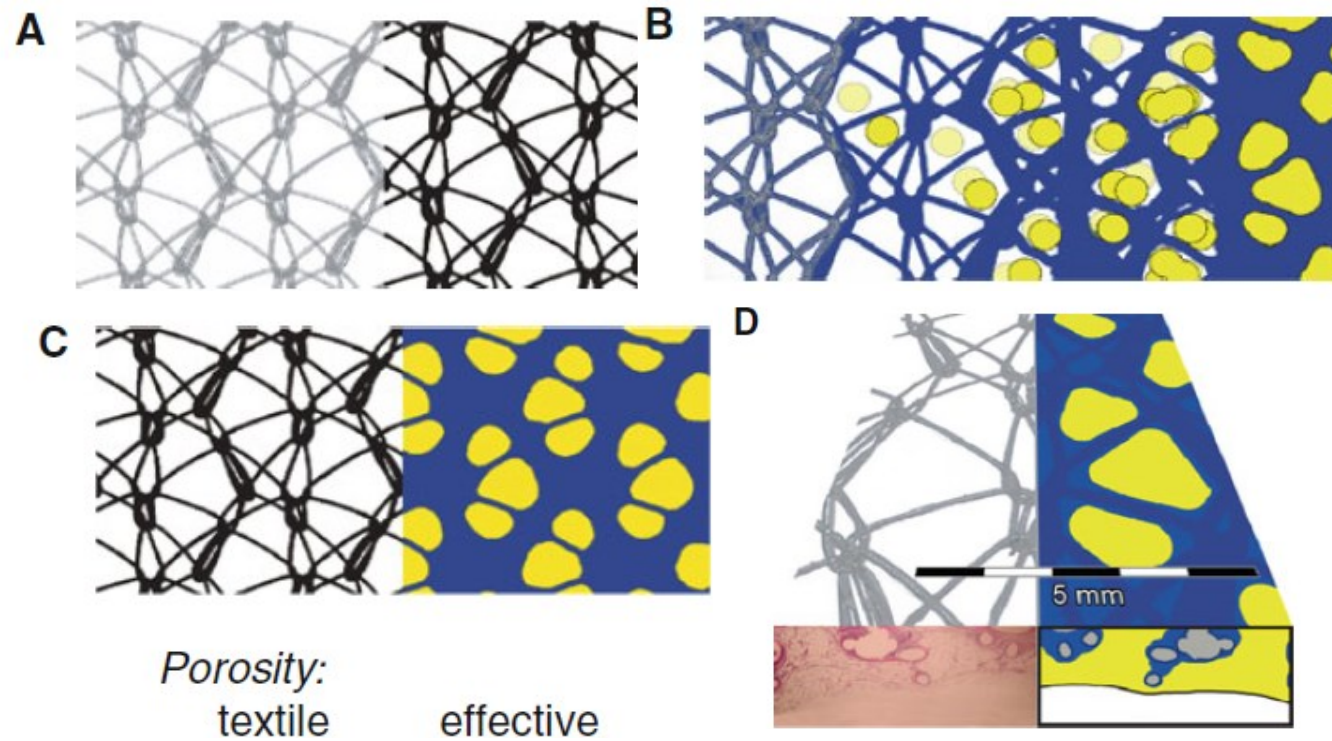
# Herniennetze



# Herniennetze

## Porosität

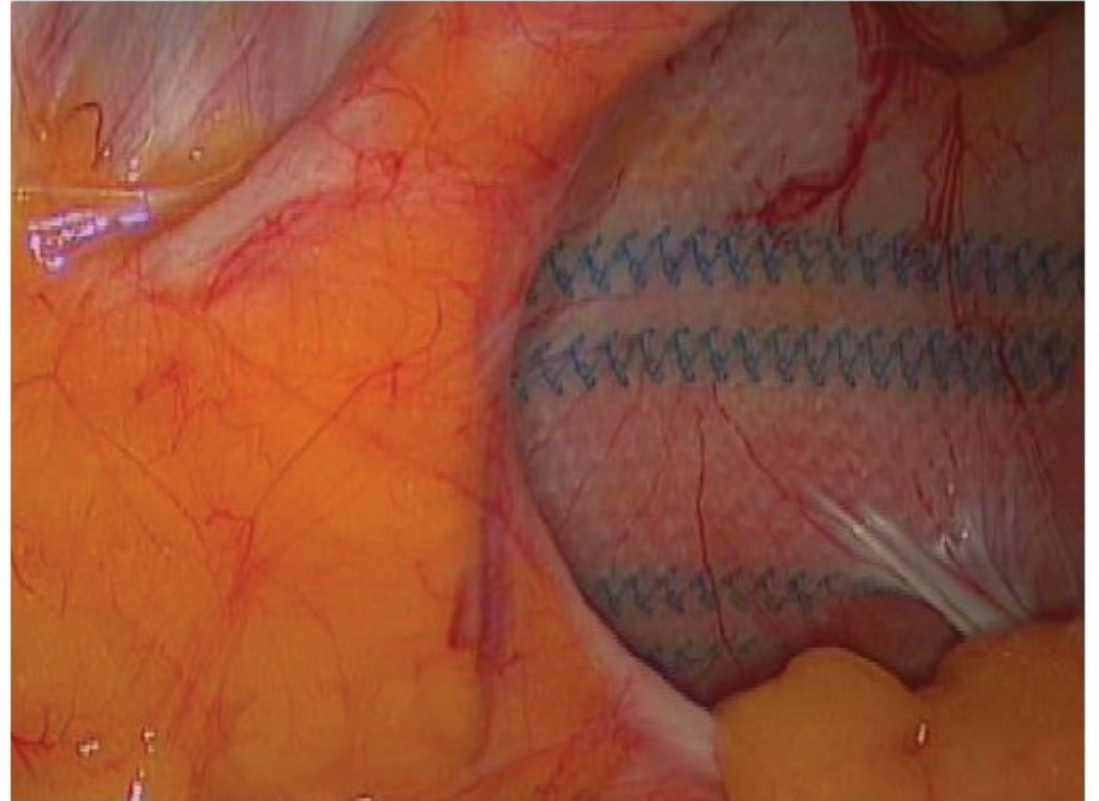
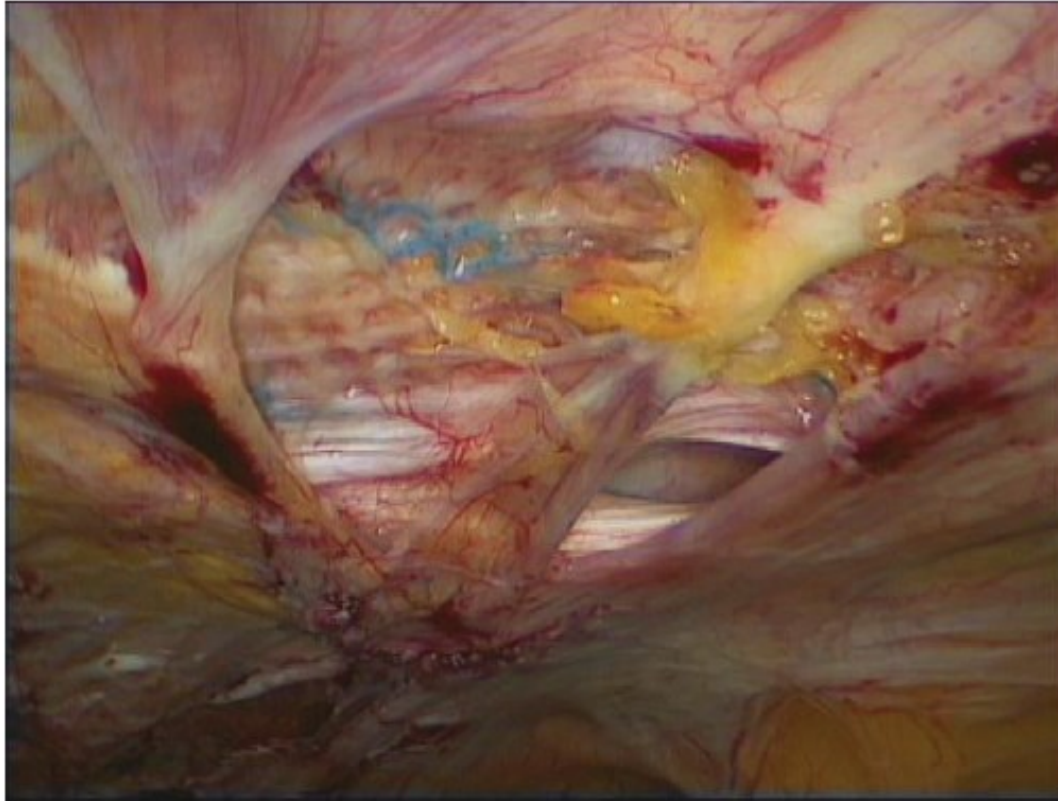
- A) Porosität von großporigen Netzen
- B) „Gute“ Poren (gelb): ist nicht von Filament und Granulom bedeckt
- C) Poren der Netze: 68%;  
Effektive Poren: 42 %
- D) Großporiges Netz mit „guten“ Poren



Fadenabstand < 1,0 mm  
Pore durch Narbengewebe  
geschlossen („Bridging“)

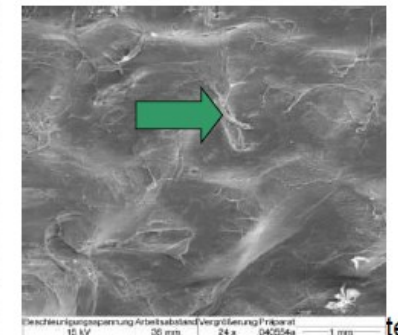
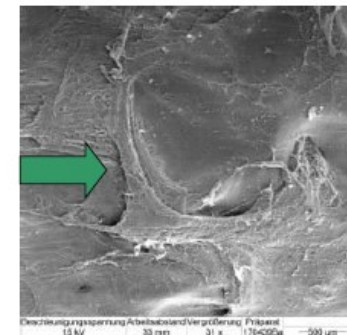
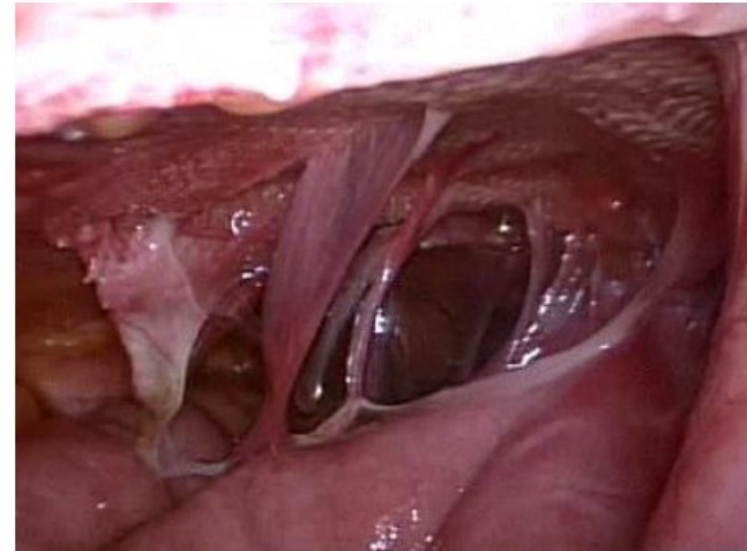
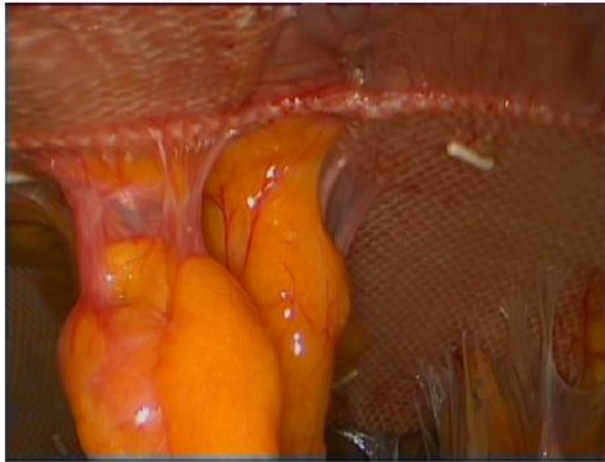
# Herniennetze

## Ungelöste Problem: Rezidive



# Herniennetze

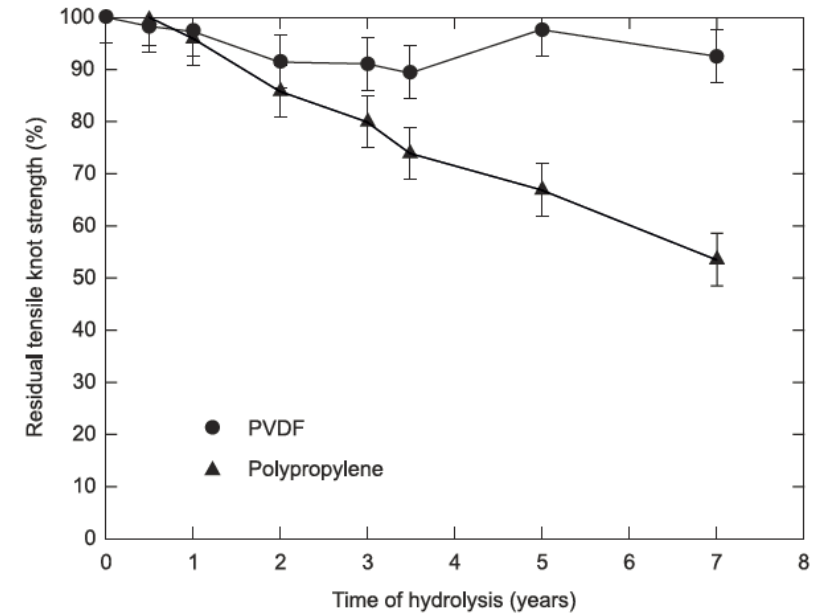
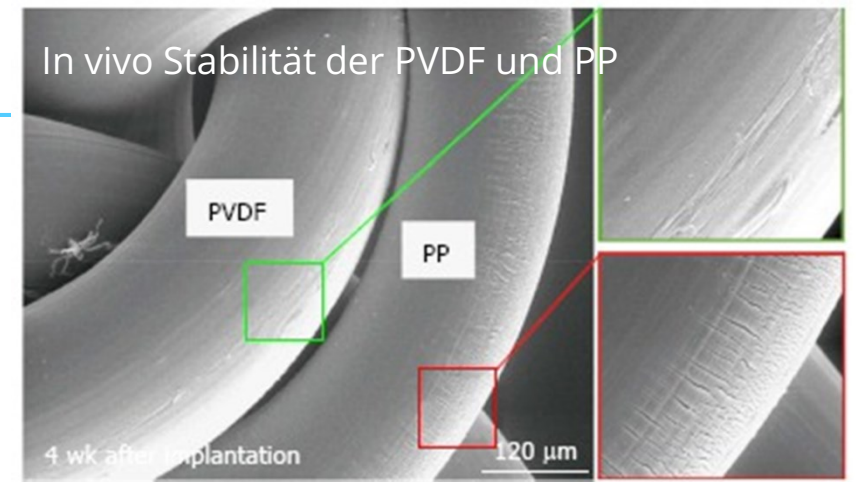
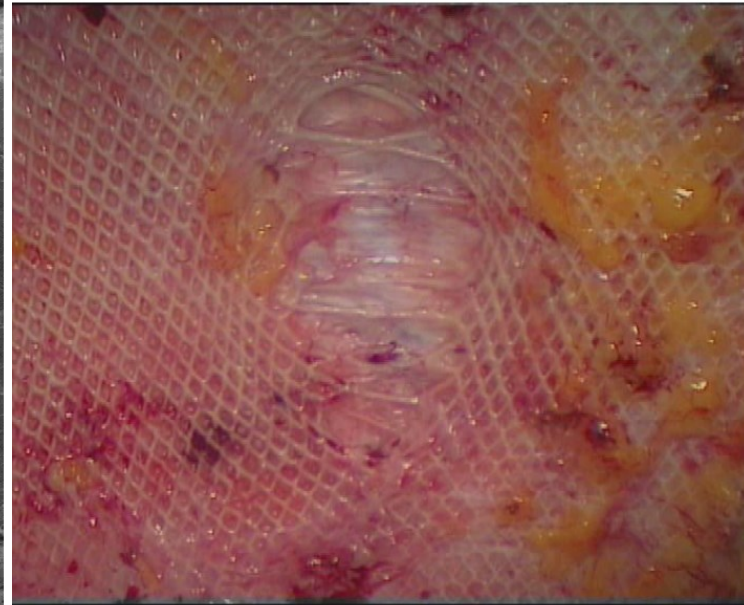
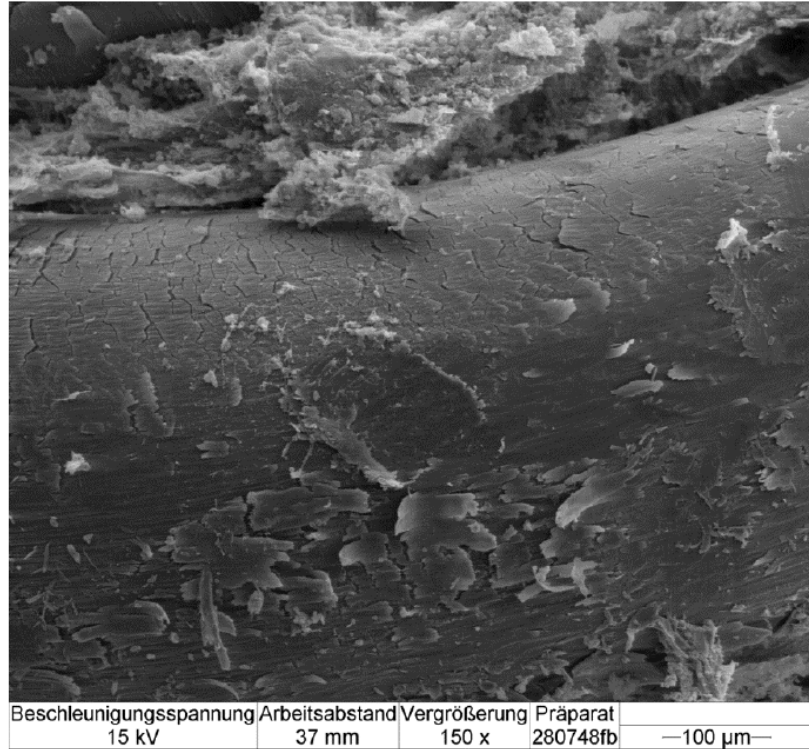
## Ungelöste Problem: intraabdominelle Verwachsungen



Proceed (REM) – 14 Mo.

# Herniennetze

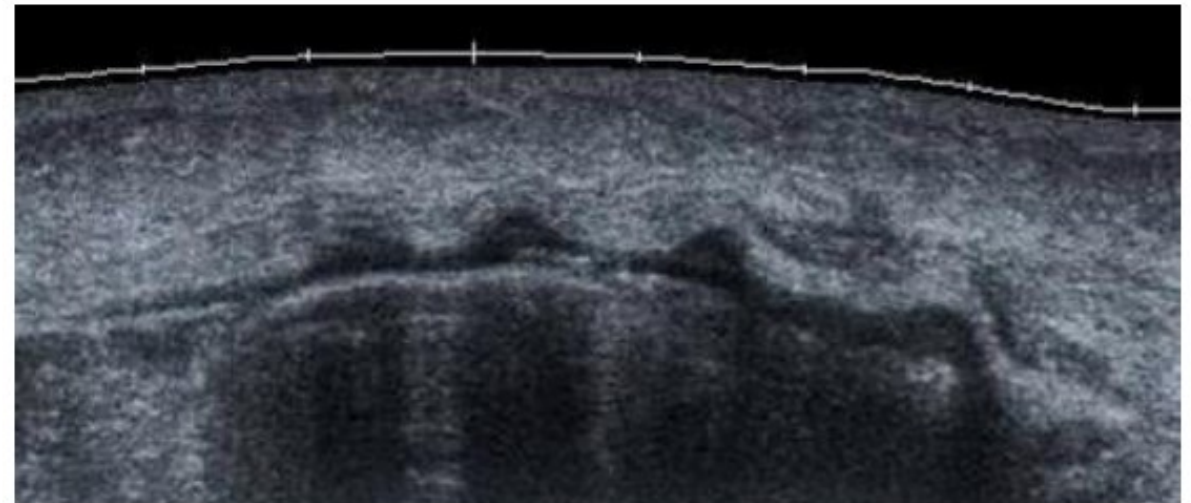
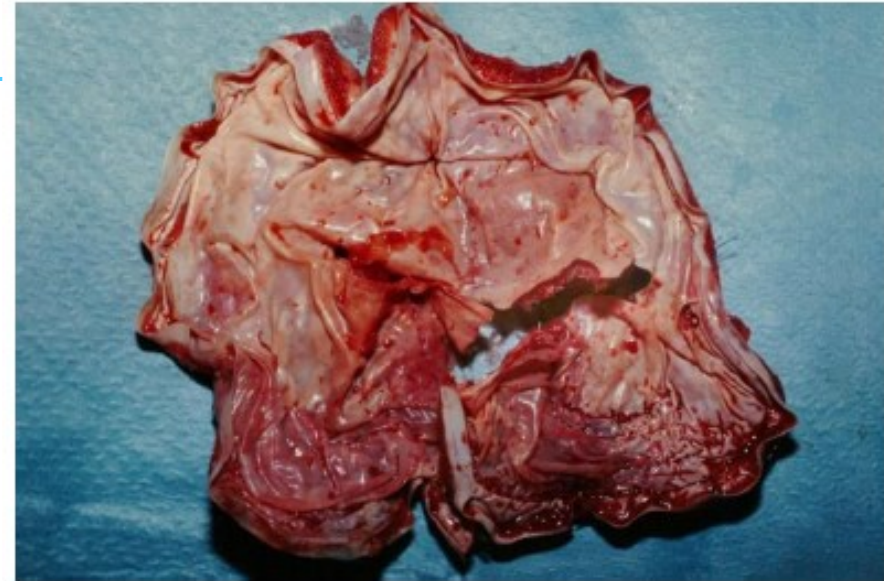
## Ungelöste Problem: Materialversagen



**FIG. 5.** The residual tensile strength of PVDF and polypropylene sutures during the 7 years of exposure to hydrolytic conditions is illustrated.

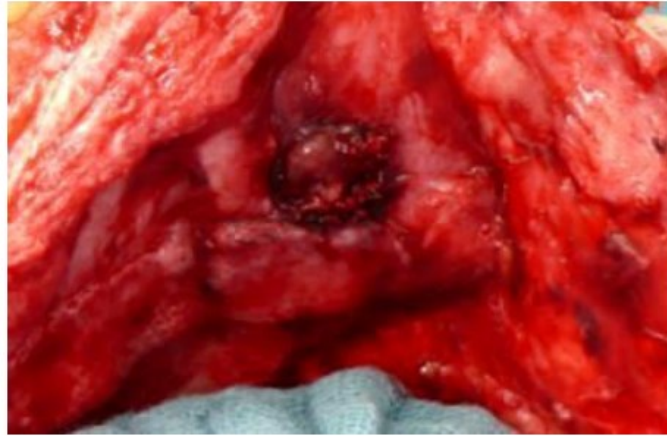
# Herniennetze

## Ungelöste Problem: Materialversagen



# Herniennetze

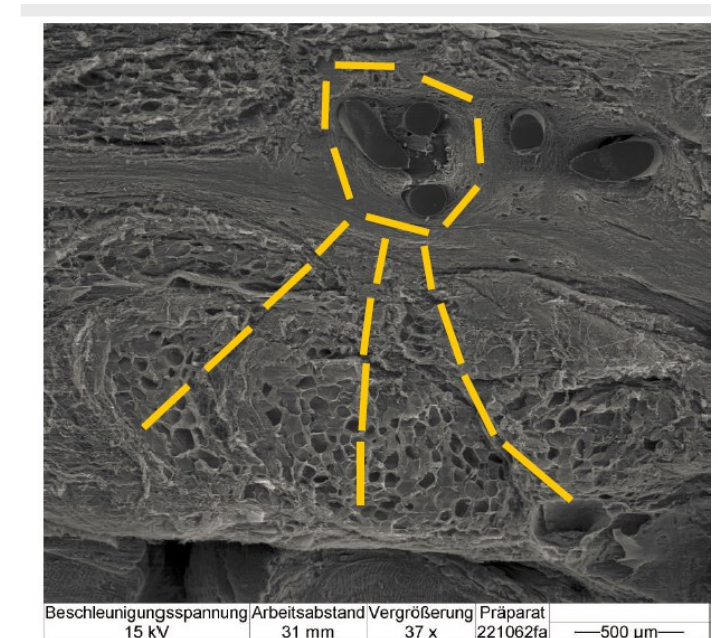
## Ungelöste Problem: primäre und sekundäre Infektionen



# Herniennetze

## Ideales Netz:

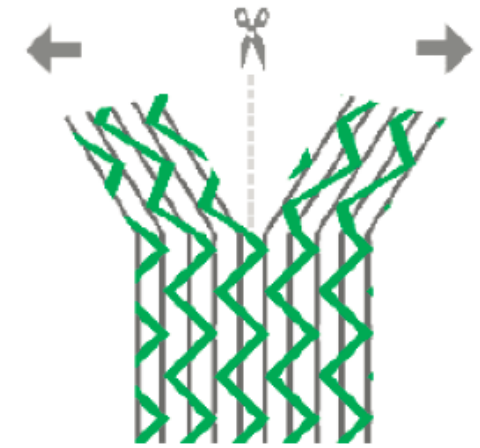
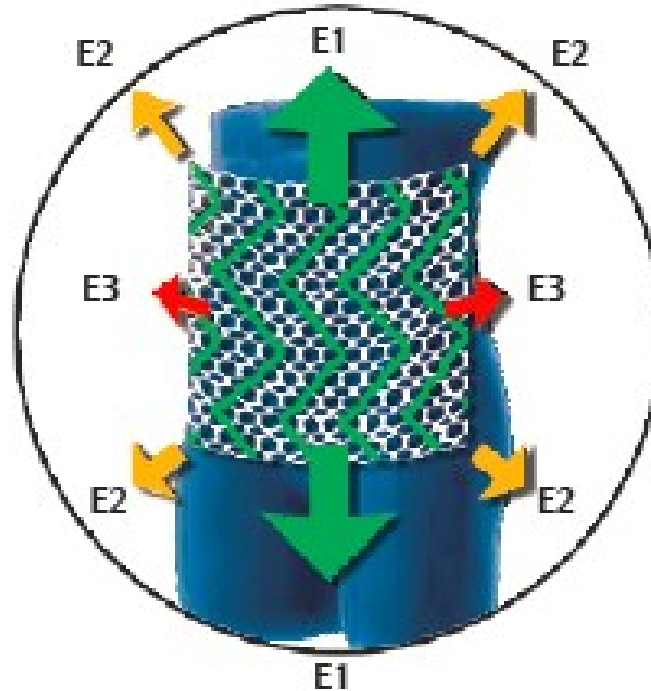
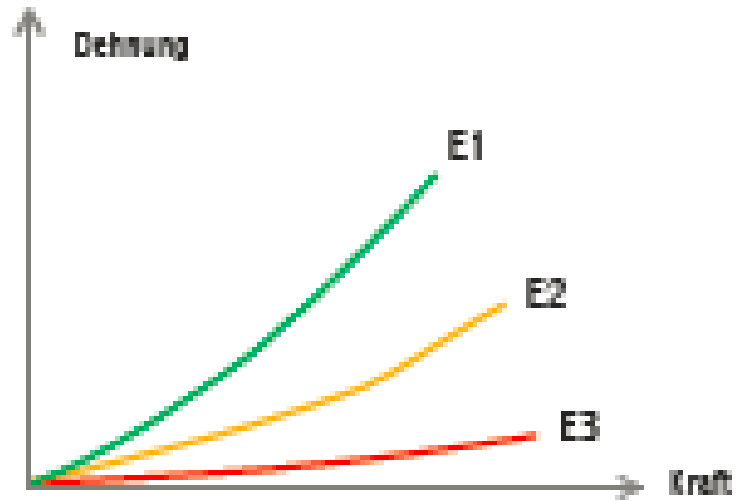
- Elastizität bei intraoperativer Anwendung
- (Shape-Memory: „Aktivierung“ der definitiven Form nach der Operation)
- Resistenz gegen primäre und sekundäre Kontamination
- Funktionsfläche
- Geordnete Förderung / Koordinierung der Neofaszienbildung
- Langzeitige Resorption, z.B. nach 3 Jahren



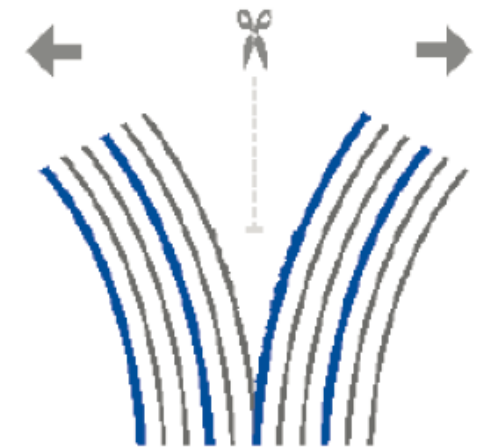
# Herniennetze

Elastizität

$E1 > E2 > E3$

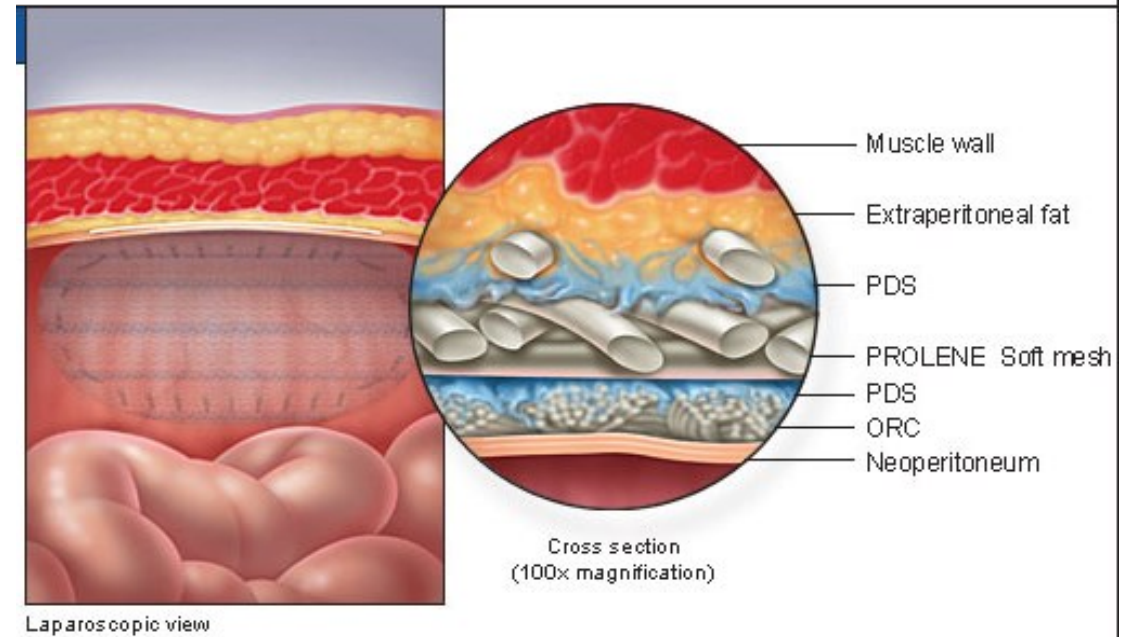
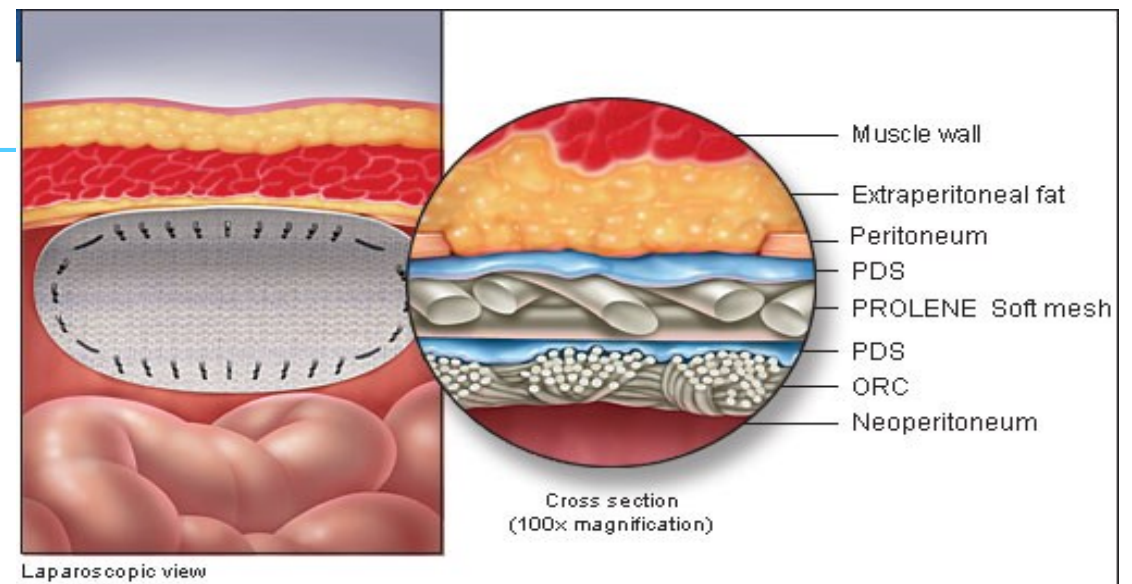
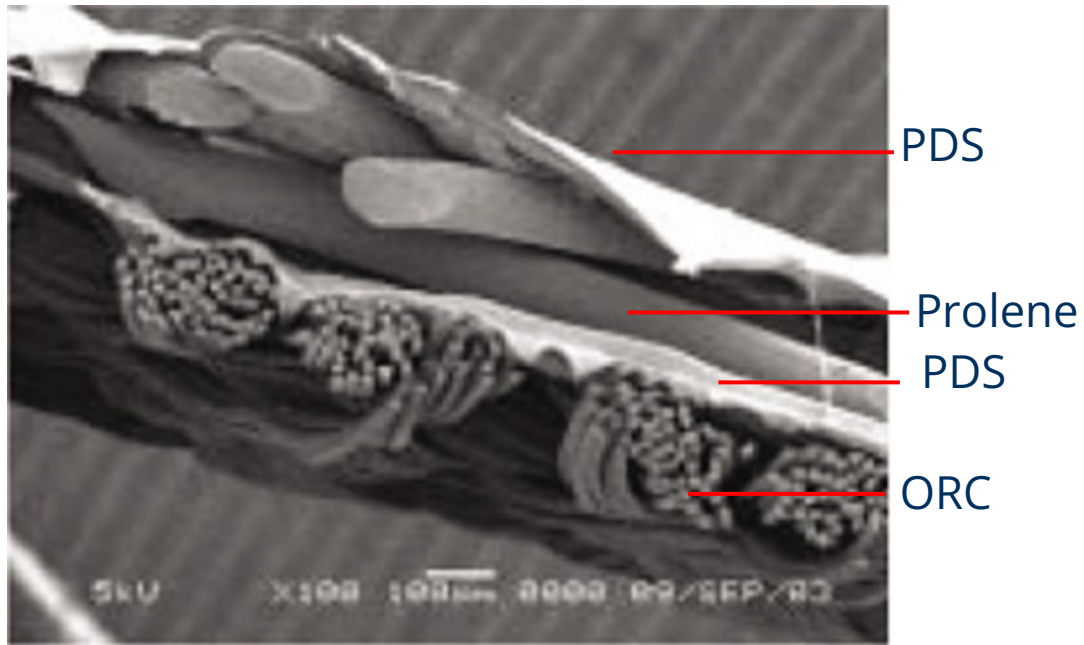


DynaMesh®



konventionelles Netz

# Herniennetze



Tag 14 ist ORC (oxidierte Regeneratcellulose) absorbiert

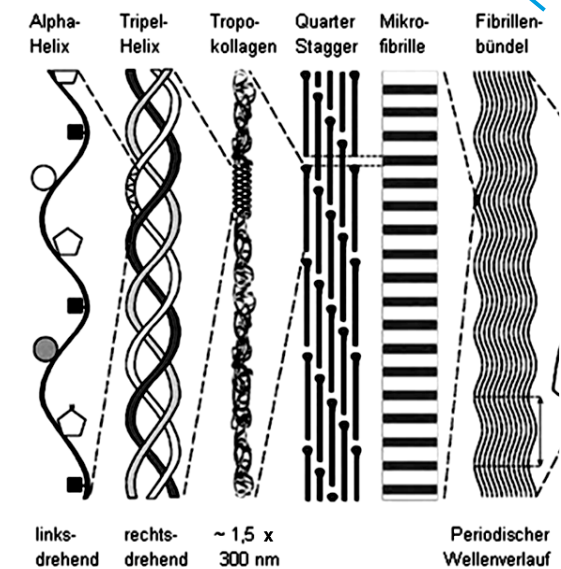
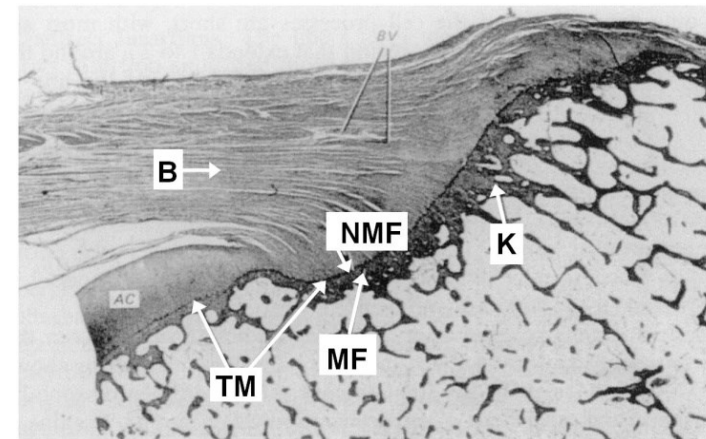
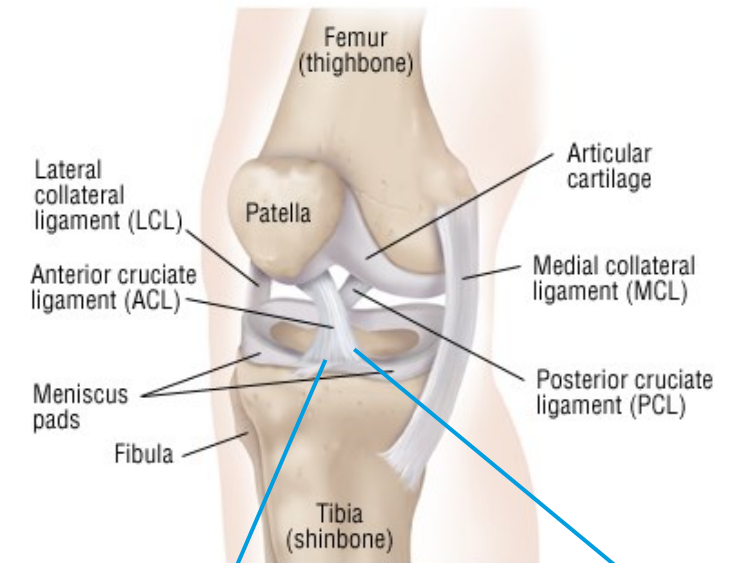
---

# 4.5 Sehnen- und Bänderimplantate

# Kreuzbandimplantat

## Aufbau der Kreuzbänder

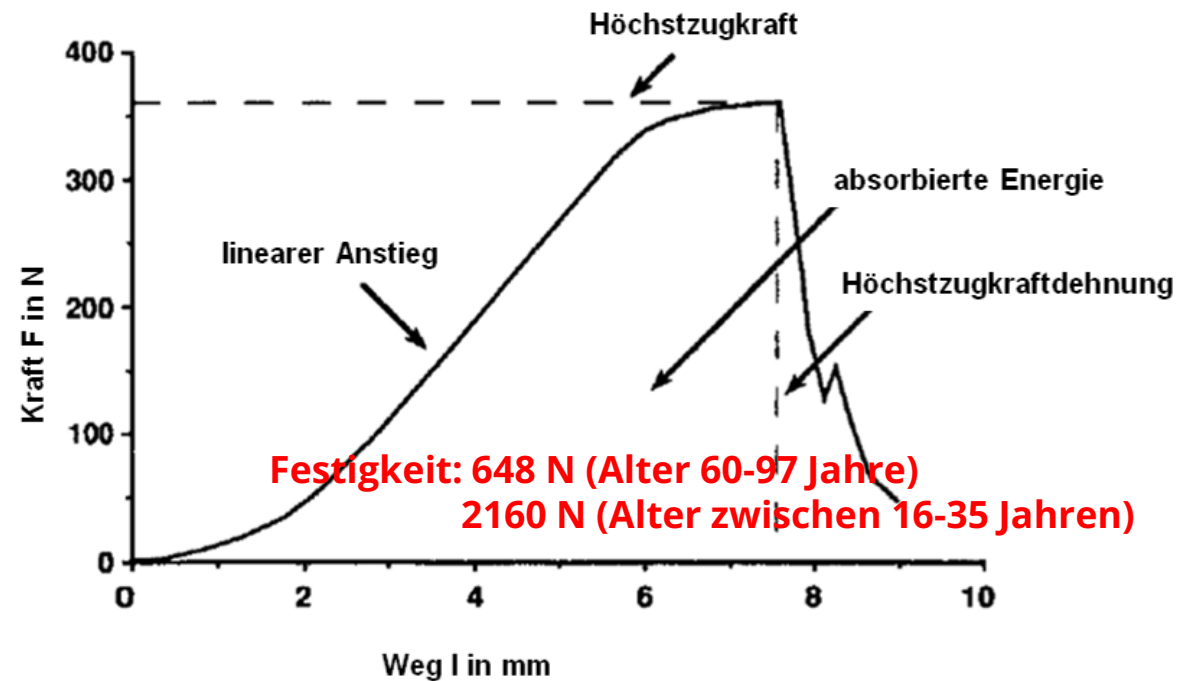
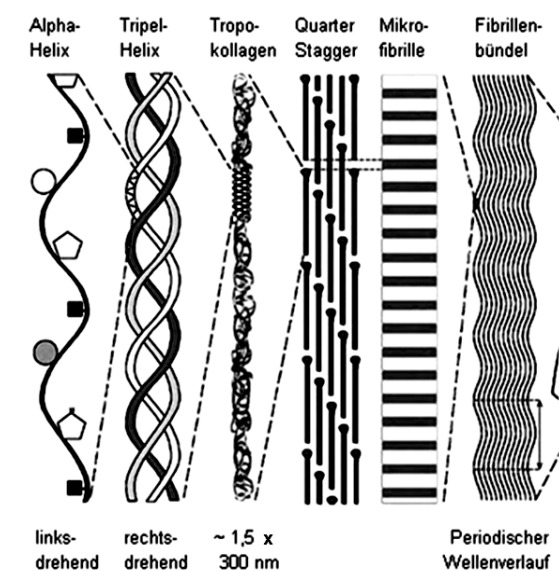
- Die Kreuzbänder stabilisieren das Kniegelenk bei Beugung und Beschleunigung in jede Richtung.
  - in Interaktion mit Menisken, den Seitenbändern und der umgebenden Muskulatur
- Besteht aus straffen kollagenen Faserzügen
- Kollagenfaserbündel liegen parallel zueinander und sind locker durch Bindegewebe miteinander verbunden.
- Am Knochenansatz verändern die Kreuzbänder ihre Faseranordnung in Richtung der Knochenhaut
- Vorderes Kreuzband: L=31-38 mm, B=7-12 mm
- Hinteres Kreuzband: L=30-38 mm, B=10-13 mm



# Kreuzbandimplantat

## Mechanische Eigenschaften

- flacher Kurvenbeginn: Dehnung der Wellenstruktur ohne einen Anstieg der intraligamentären Kräfte.
- linearer Kraftanstieg aufgrund der Steifigkeit des Bandes
  - Elastisches Verhalten der parallel ausgerichteten Fibrillenstruktur
- Irreversible Strukturdeformationen bei einer weiteren Dehnung und schließlich zur Ruptur
- Weiterer Anstieg der Kraft bis zum Höchstzugkraft denn
  - einzelnen Fibrillen reißen nicht gleichzeitig,
- Das ACL ist mit 46 % die am häufigsten verletzte ligamentäre Struktur des Kniegelenkes und sehr häufig (bis zu 96 %) durch Sportunfälle verursacht.



# Kreuzbandimplantat

---

## Biomechanische Funktion

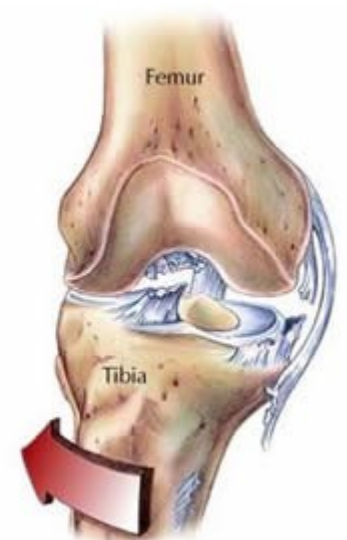
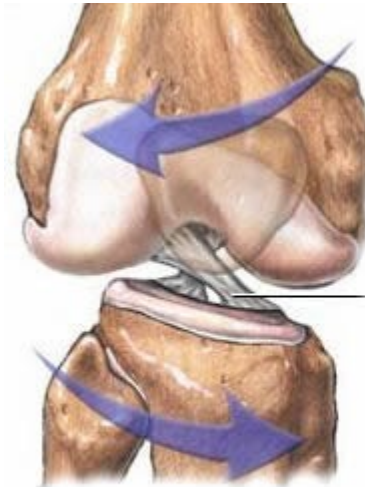
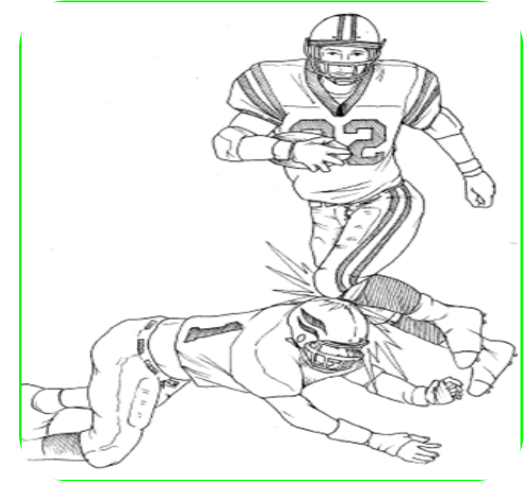
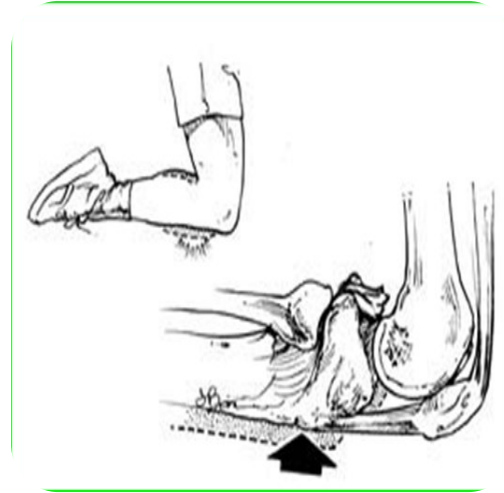
### **VKB**

- Verhindert ventrale Translation der Tibia
- Begrenzt Innenrotation des Unterschenkels
- Wichtig bei Stopp-, Dreh- und Landebewegungen
- Bedeutend für dynamische Stabilität

### **HKB**

- Verhindert dorsale Translation der Tibia
- Stabilisiert das Knie besonders in Flexion
- Relevant bei Treppenabstieg und Bergabgehen
- Unterstützt Führung der Roll-Gleit-Bewegung

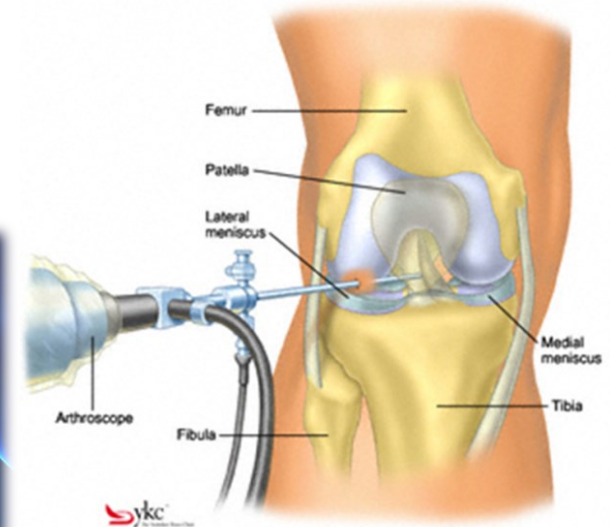
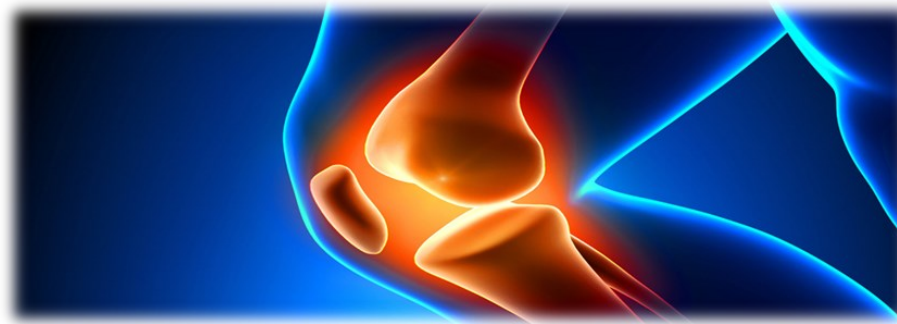
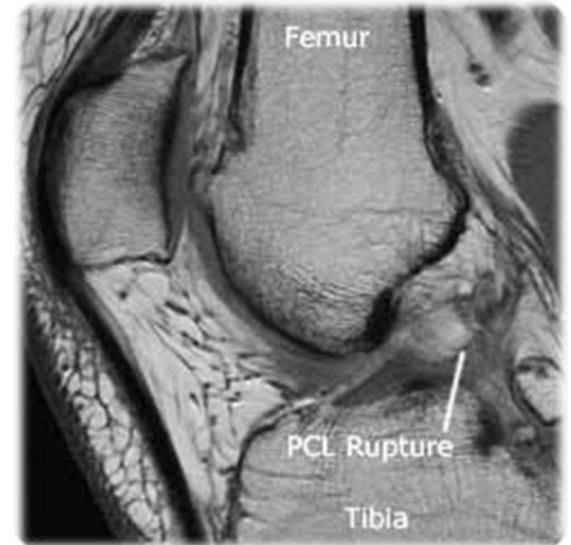
# Kreuzbandimplantat



# Kreuzbandimplantat

Mögliche **Bandverletzungen** und entsprechende **Behandlungsmethoden**:

- leichte Überdehnung, geringfügige Verletzungen  
PECH-Behandlung: (Pause, Eis, Compression, Hochlagerung)
- starke Zerrung, Teilriss → Ruhestellung (Gipsschiene)
- Ruptur (Riss) → operative Versorgung
  - Neufixierung durch Naht (**Reparieren statt nur Rekonstruieren!**)
    - völlige oder weitgehende Wiederherstellung der Funktion
    - jedoch Narbengewebe → anderes K/D-Verhalten → Spätfolgen
  - Implantat → Bandersatz



# Kreuzbandimplantat

## Naht des Kreuzbandes

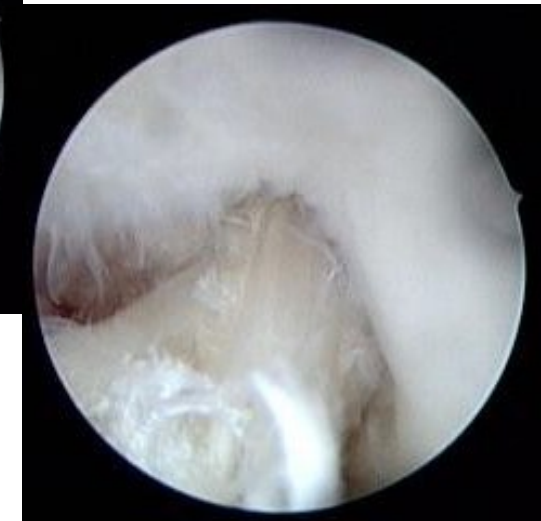
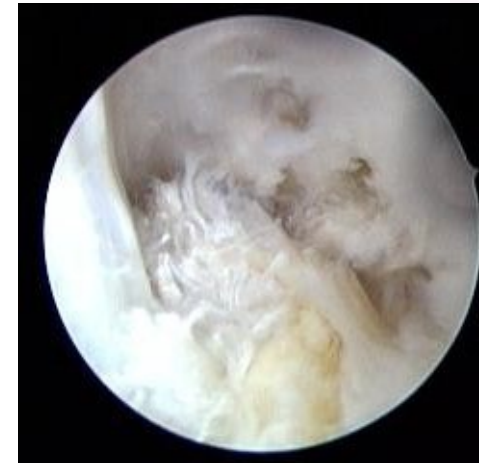
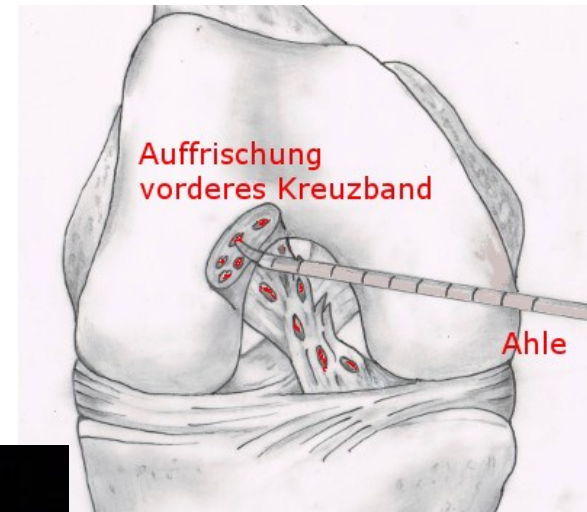
- Refixation des Kreuzbandes bei Teilrupturen und knöchernem Abriss des Kreuzbandes (< 50% des Banddurchmessers)
- Relativ frische Kreuzbandverletzung (nicht älter als 3 bis 6 Wochen)
- Geeignet für junge Patienten (<25 Jahre)
- Anfrischen der Bereich des knöchernen Ansatzes mit kleinen Bohrlöchern
- Anlegung und Befestigung gerissener Fasern in speziellen Nahttechniken wieder an diese Stelle (sog. healing response)

### Vorteil:

- Erhaltung des ursprünglichen Kreuzband mit allen Nervenendigungen,
- Somit Unterstützung der Koordination beim Gehen

### Nachteil:

Anfällig gegenüber frühen, postoperativen Belastungen als die Kreuzbandrekonstruktion



# Kreuzbandimplantat

## Autograft

### Vorteile:

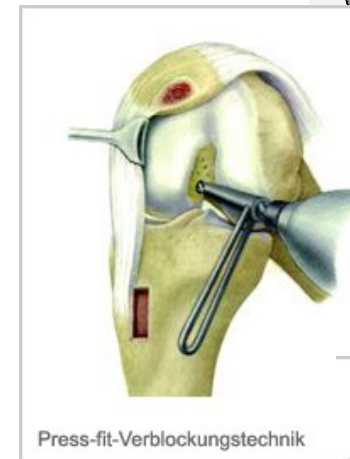
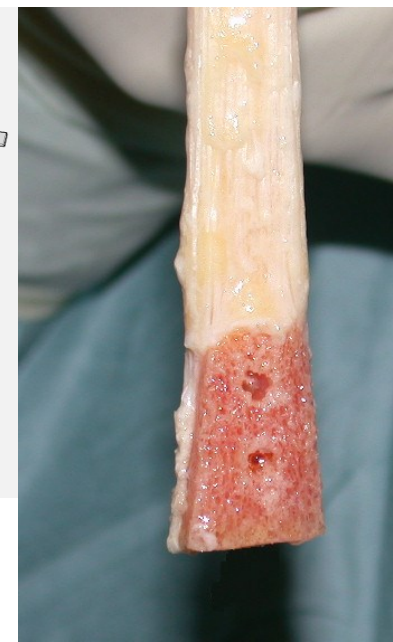
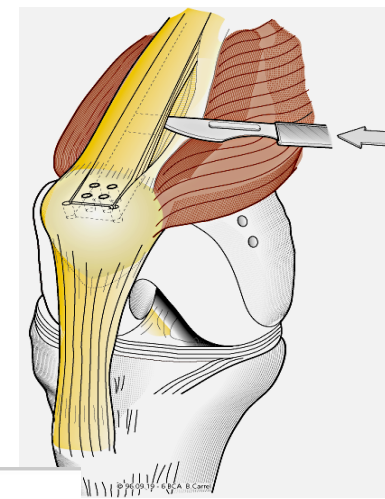
- keine Abstoßung, da autologes Gewebe
- Ausreichende biomechanische Stabilität und Festigkeit erreichbar

### Nachteile

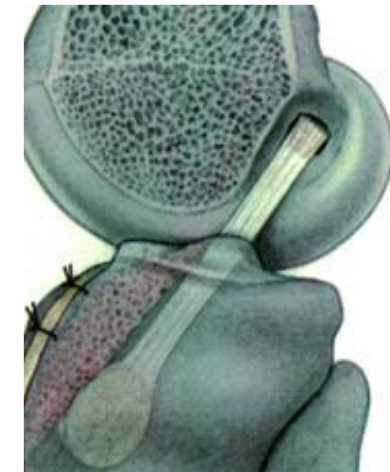
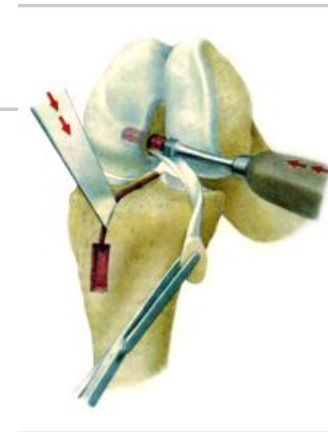
- begrenzte Verfügbarkeit
- Entnahmemorbidity
- zu geringe Elastizität
- schmerzhafter Eingriff
- Hohe Entnahmemorbidity
- Bewegungseinschränkungen

### Patellarsehne (BTB)

- + sehr hohe Festigkeit
- + gute Zugänglichkeit
- + schnelle Einheilung in Knochenblöcke
- + kein Fremdmaterial, keine Probleme bei erneuten Operationen
- + anatomische Positionierung der Ansätze am Oberschenkel und Unterschenkel



Press-fit-Verblockungstechnik



# Kreuzbandimplantat

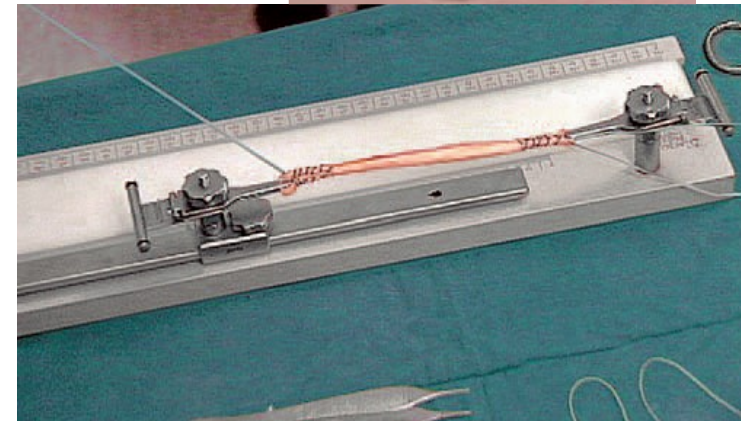
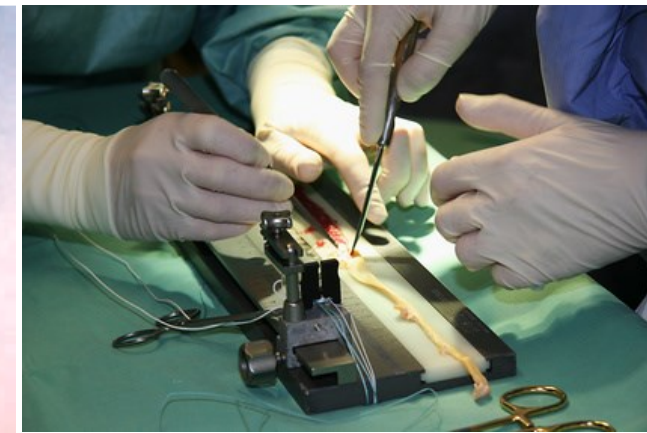
## Autograft

### *Quadrizepssehne*

- + hohe Festigkeit
- + geringere Bewegungseinschränkung als bei Patellarsehne
- Postoperativer Muskelschwund im Oberschenkelmuskel

### *Semitendinosussehne*

- + als Vierfach-Transplantat hohe Festigkeit
- + geringe Entnahmemorbidity
- + günstige Elastizität
- anspruchsvolle, aufwendige und schwierige Transplantationstechnik
- langsames Einheilen in Knochen durch unzureichende Integration

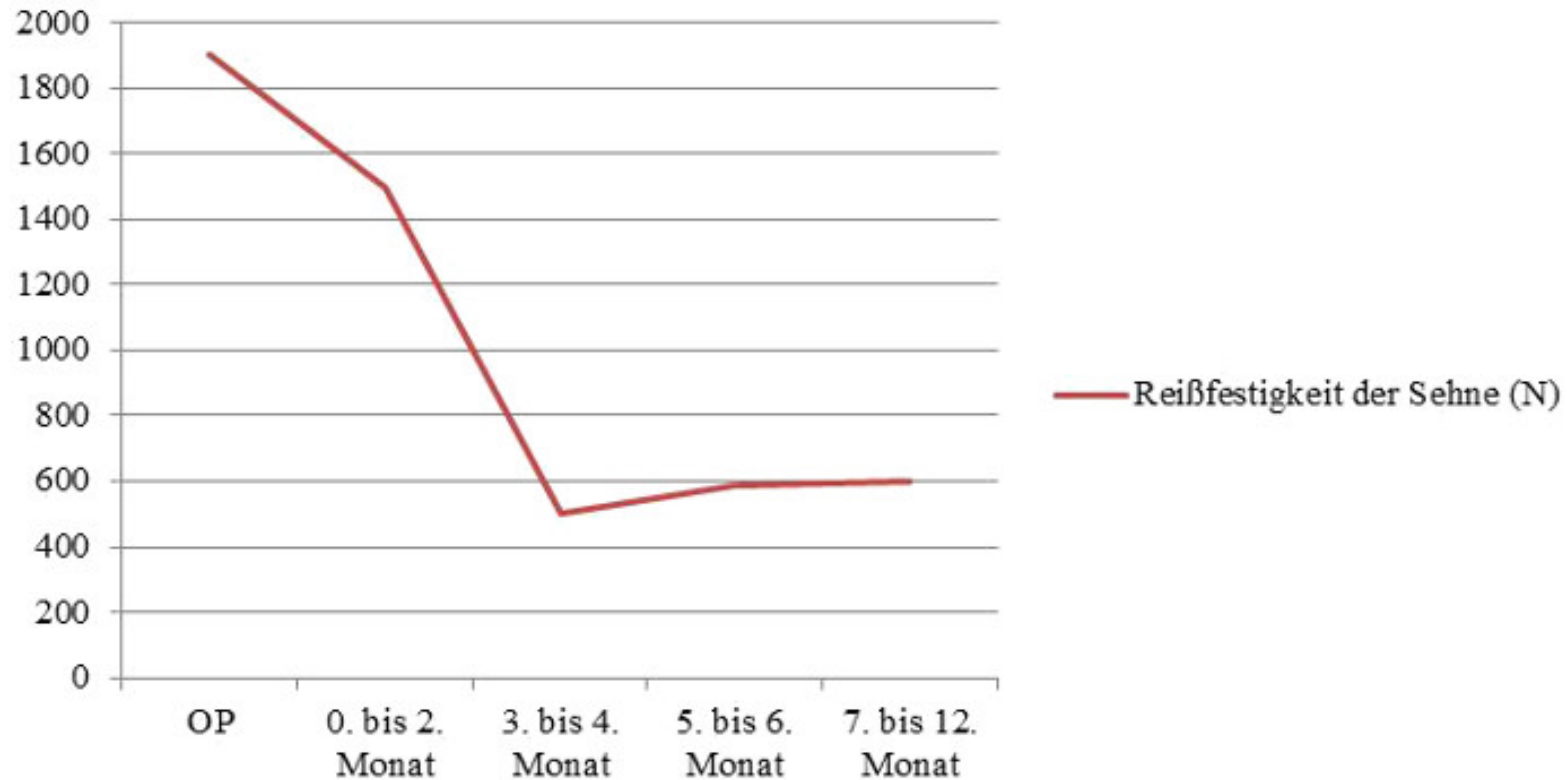


<https://www.arthrex.com/de/knie/fixierung-von-acl-weichgewebetransplantaten>

# Kreuzbandimplantat

## Heilungsphase

### Reißfestigkeit der Sehne (N)



# Kreuzbandimplantat

## Synthetic graft

### *Vorteile*

- Unbegrenzte Verfügbarkeit
- Beliebige Dimensionierung möglich
- kein Verlust von körpereigenem Gewebe

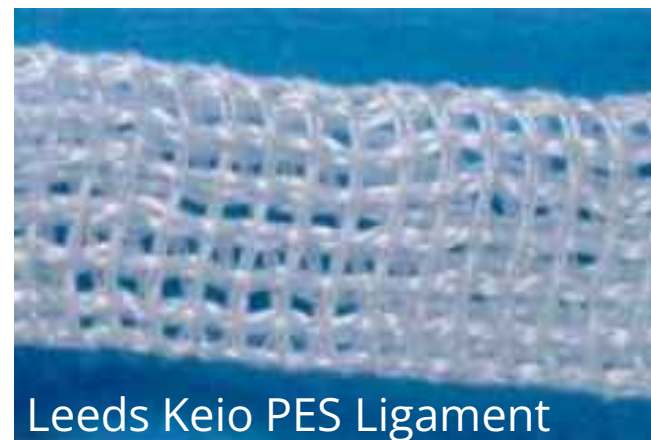
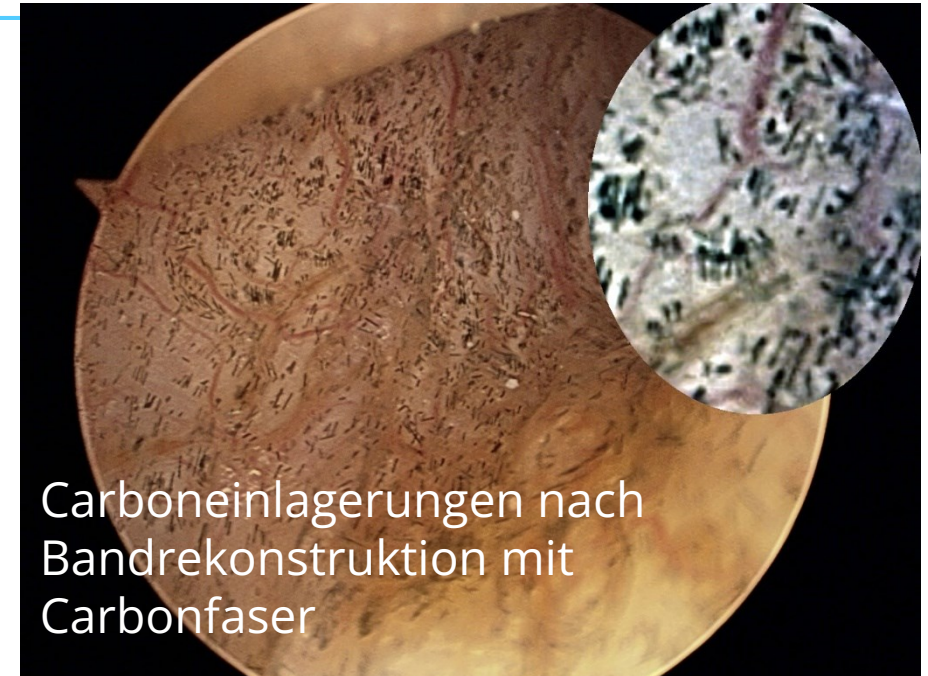
### *Nachteile*

- Eingeschränkte biomechanische Stabilität
- mögliche Immunreaktion auf Implantatmaterial  
speziell bei nicht resorbierbaren Implantaten:
  - materialbedingte Kriechvorgänge
  - Materialabrieb und -ermüdung



carbon (Johnson & Johnson), Carbon &PET (Surgicraft), Leeds-Keio polyester (Neoligaments), Dacron (Stryker-Meadox), bovine glutaraldehyde-fixed xenograft tendon (Xenotech), and Gore-Tex polytetrafluoroethylene (WL Gore).

# Kreuzbandimplantat



# Kreuzbandimplantat

	Advantages	Disadvantages	Ultimate tensile strength (N)	Stiffness (N/mm)	Elongation at break (%)
<b>Gore-Tex®</b>	High strength and fatigue life, limited particulate debris	Lack of tissue ingrowth, fraying at bone tunnels, chronic effusions, ultimate longevity	5300	322	9
<b>Dacron®</b>	High strength, supported collagenous ingrowth	Stress-shielding of collagenous in-growth, rupture of the femoral or tibial insertion, rupture of the central body, elongation	3631	420	18.7
<b>Carbon fiber</b>	Synthetic material	Particulate matter, foreign body response in synovium	660	$230 \times 10^9$	1
<b>LAD</b>	Protects graft during maturation	Inflammatory reaction, high complication rate	1730	56	22

Natürliche Bänder

1730

182

# Kreuzbandimplantat

---

## Materialien

- **C-Fasern**

  - nicht mehr auf dem Markt

- **Polytetrafluorethylen (PTFE) und Perfluorethylenpropylen (FEP)**

  - werden nicht mehr eingesetzt

- **Polyethylenterephthalat (PET)**

  - nur noch vereinzelt klinisch eingesetzt

- **Hochmodul-Polyethylene (HMW-PE)**

  - z. B. DYNEEMA SK60, DSM, ...

- **Polylactid (PLA) bzw. dessen Copolymere**

  - → Augmentationsplastik

    - temporäre Augmentation: "Ligament Augmentation Device" (LAD)

# Kreuzbandimplantat

---

## Textile Prozesse:

Weben, Wirken, Flechten

## Gewebe:

- Kettfäden übernehmen Last
- Elastizität gleich Materialelastizität → Verdrillung der Prothese

## Gewirk:

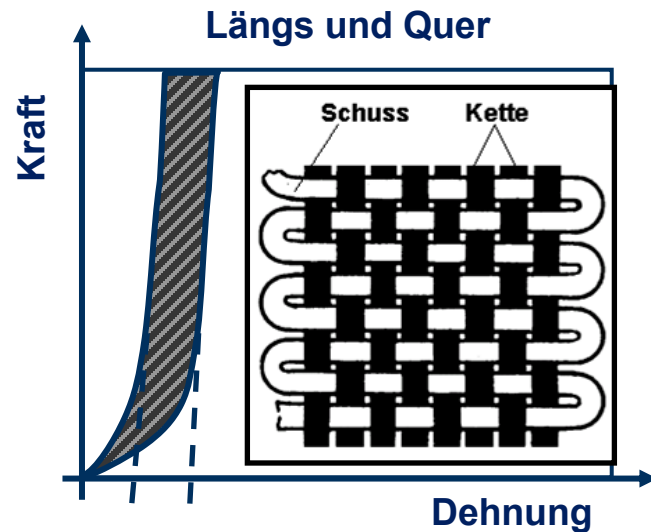
- Maschenware aus Kettsystem
- gewisse Elastizität durch Masche

## Geflecht:

- qualitativ ähnlichen, progressiven Kraft-Dehnungs-Verlauf
- Geflechtsdehnung über den Flechtwinkel bestimmbar

# Kreuzbandimplantat

## Gewebe und Geflecht

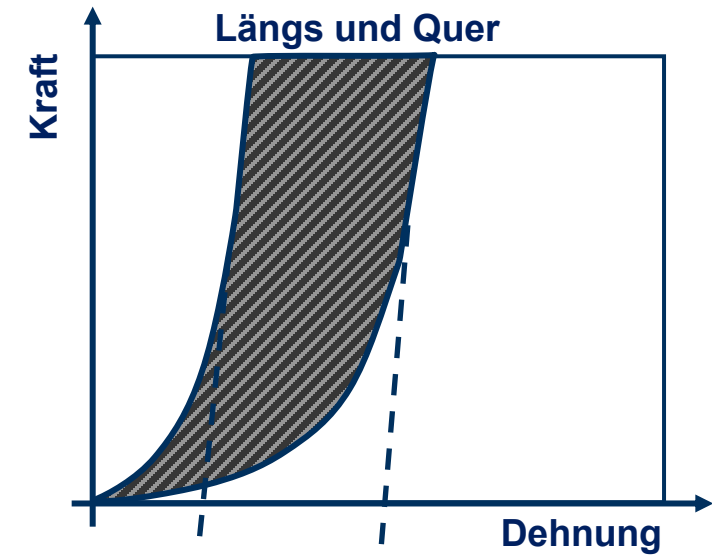
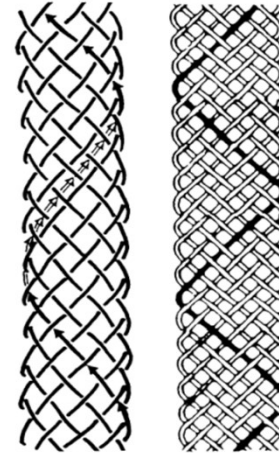


### Vorteil:

- dicht
- unporös bis mikroporös
- glatt bis Velours
- einfache Technik

### Nachteil:

- dicht
- steif, unflexibel
- geringe Dehnfähigkeit
- Ausfransen der Schnittkanten

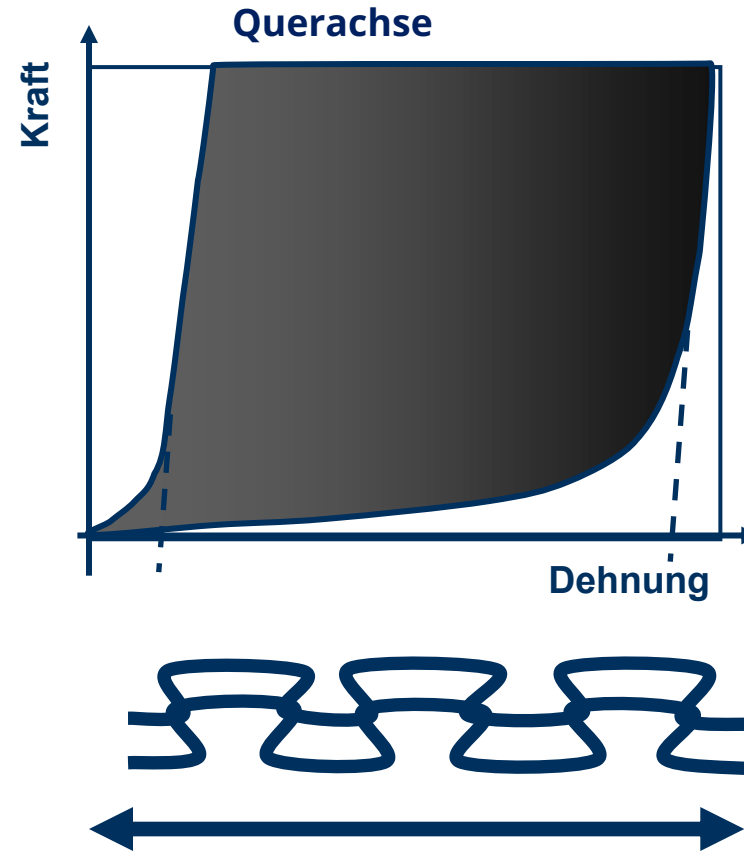
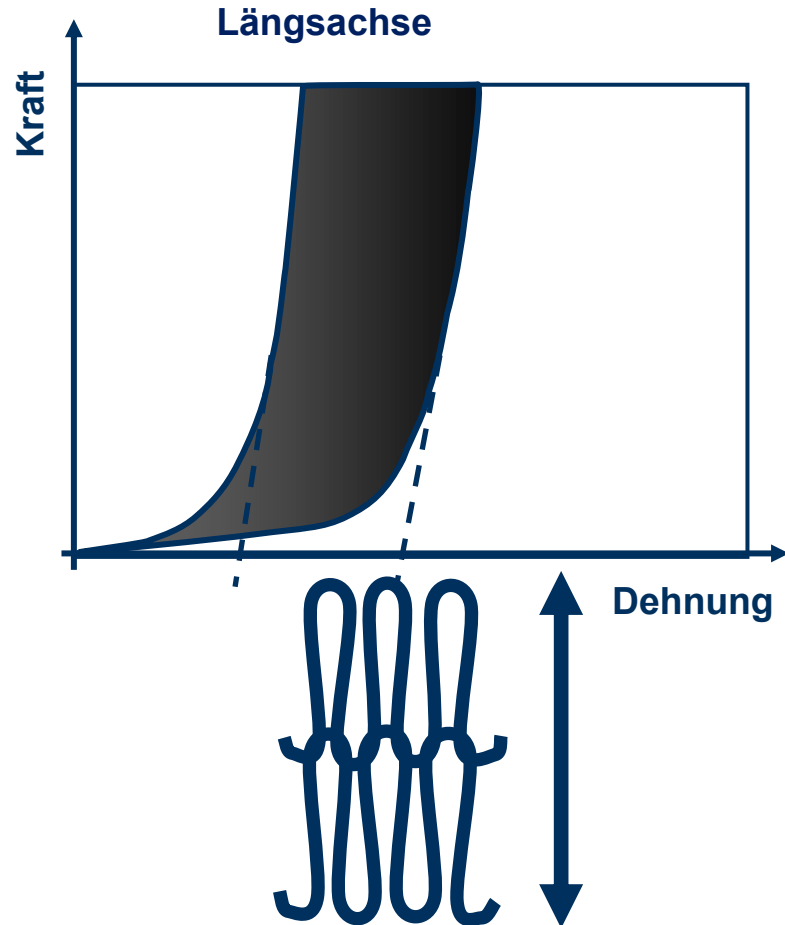


### Vorteile:

- hohe Kraftübertragung möglich
- Faserorientierung einstellbar
- flexibel bis steif
- dehnfähig bis nicht dehnfähig
- einfache Technik

# Kreuzbandimplantat

## Gestrick

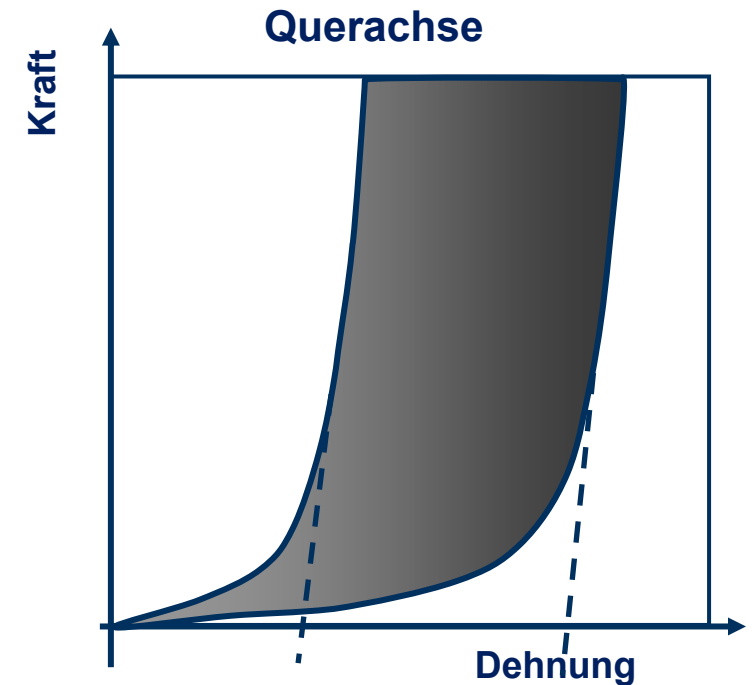
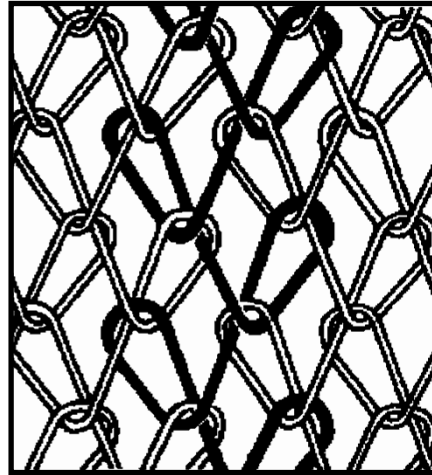
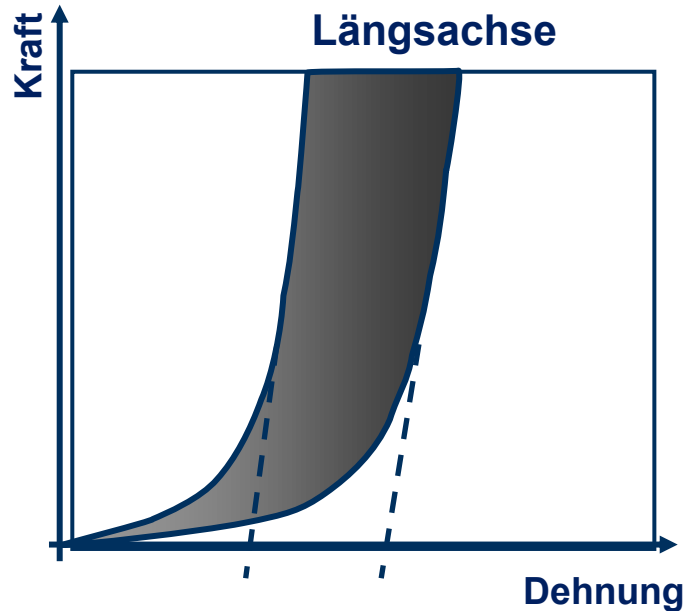


- relativ langsamer Prozess
- hohe Musterungsmöglichkeit
- Einzelnadelauswahl
- Maschenreihe aus einem Faden
- lässt sich auftrennen

Strukturdehnbarkeit der Masche in Längs- und Querrichtung

# Kreuzbandimplantat

## Gewirke



### Vorteil:

- hohe und geringe Dehnbarkeit
- hohe und mittlere Porosität
- ausfransstabil
- glatt bis Velours
- stabile Struktur

### Nachteil:

aufwendige und empfindliche Technik

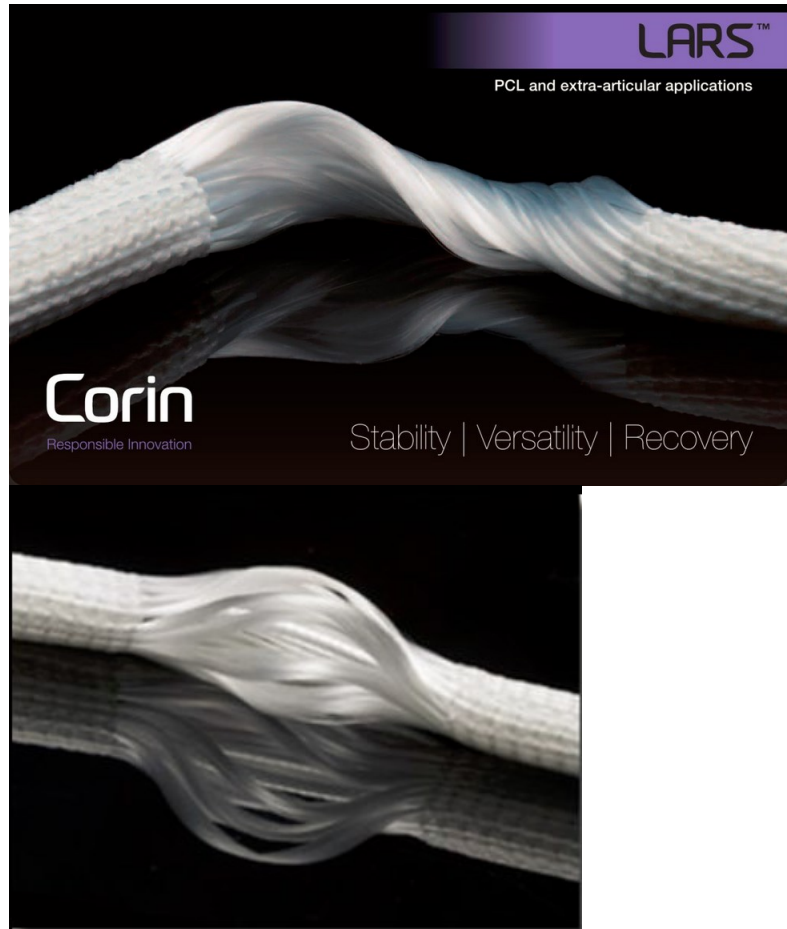
# Kreuzbandimplantat

## Resorbierbare Augmentationsimplantate

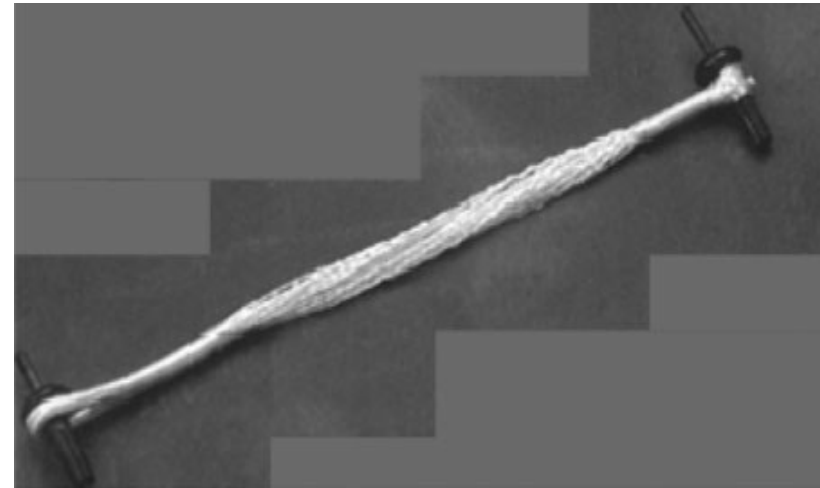
Produkt	Hersteller	Material	Konstruktion
Vicryl (PGA / PLLA)	Ethicon, Somerville, New Jersey, USA	Polyglactin 910	Gewebe
PDS (Poly-dioxanon Suture)	Ethicon, Somerville, New Jersey, USA	Poly(p-dioxanon)	Gewebe

- Bandgewebe 3 mm bis 15 mm breit
- Anfangsfestigkeit von 70 N pro mm Bandbreite
- 40 % der Anfangsreißkraft sind bei Vicryl nach 20 Tagen
- 40 % bei PDS nach 40 Tagen
- nach 3 bzw. 6 Monaten vollständig resorbiert

# Kreuzbandimplantat



Neue Bänderaugmentatio- und -rekonstruktionen (LARS) graft.



active biosynthetic composite (ABC) PET Graft

# Kreuzbandimplantat

## Internal Bracing - Sicherheitsgurt-Prinzip

die Bandstümpfe werden wieder angenähert zusätzlich wird ein hochfestes FiberTape (künstliches Band) mitverankert

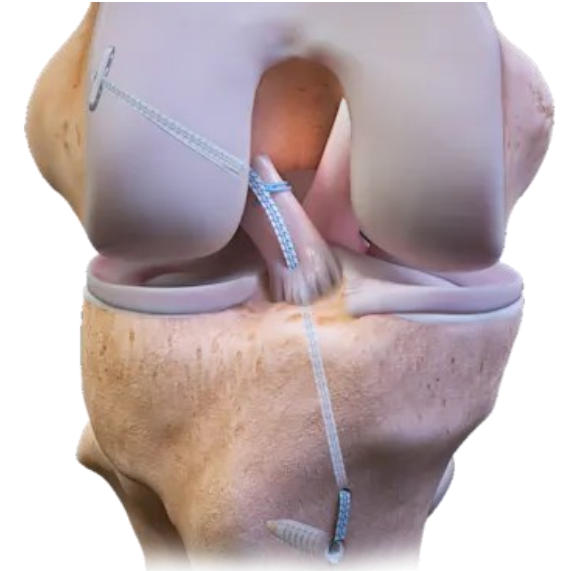
### **Sicherheitsgurt**

- schützt das heilende Band vor Überlastung
- erlaubt frühe Bewegung ohne dass alles wieder reißt

## **BEAR-Technik (Bridge-Enhanced ACL Repair)**

ein spezieller mit Eigenblut getränkter Kollagen-Schwamm zwischen die VKB-Stümpfe

- ersetzt das fehlende Fibrin-Gerüst
- schützt vor Synovia
- erlaubt Zellen einzuwandern

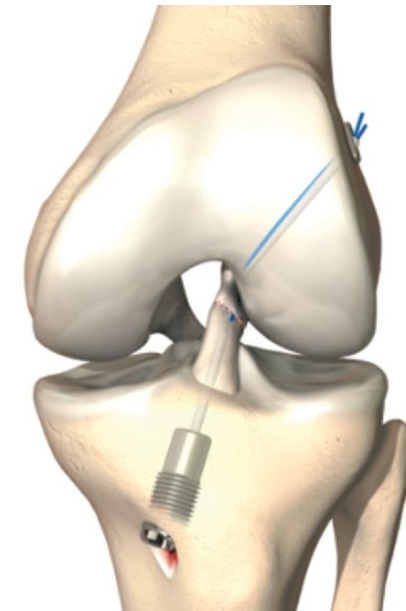


<https://www.youtube.com/watch?v=k3g-CagCrZM>

# Kreuzbandimplantat

## Dynamische Intraligamentäre Stabilisation

- Wiederherstellung der Sensormotorischen Eigenschaften der VKB
- Die Lösung: die Selbstheilung
- Kurzfristig stabilisiert und entlastet das verletzte Knie mechanisch durch PE Faden
- gleichzeitig erlaubt die Federung genügend Spielraum für die dynamische Anpassung an unterschiedliche Belastungen
- Mittelfristig ermöglicht Ligamys das Zusammenwachsen oder Vernarben des gerissenen Kreuzbandes, wodurch die Chance auf Wiedergewinnung der ursprünglichen Funktionalität besteht



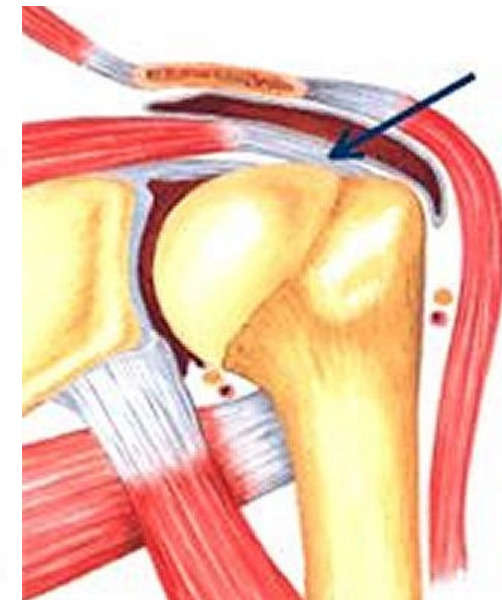
# Sehnenimplantat

## Funktion

- Übertragung der Kraft des Muskelzuges auf die Skelettteile (Knochen)
- ihre Elastizität bedingte Federwirkung
- Kurzfristiges Speichern der Bewegungsenergie und auch wieder Freisetzung für eine energieeffiziente Bewegungsabläufe z. B Achillessehne



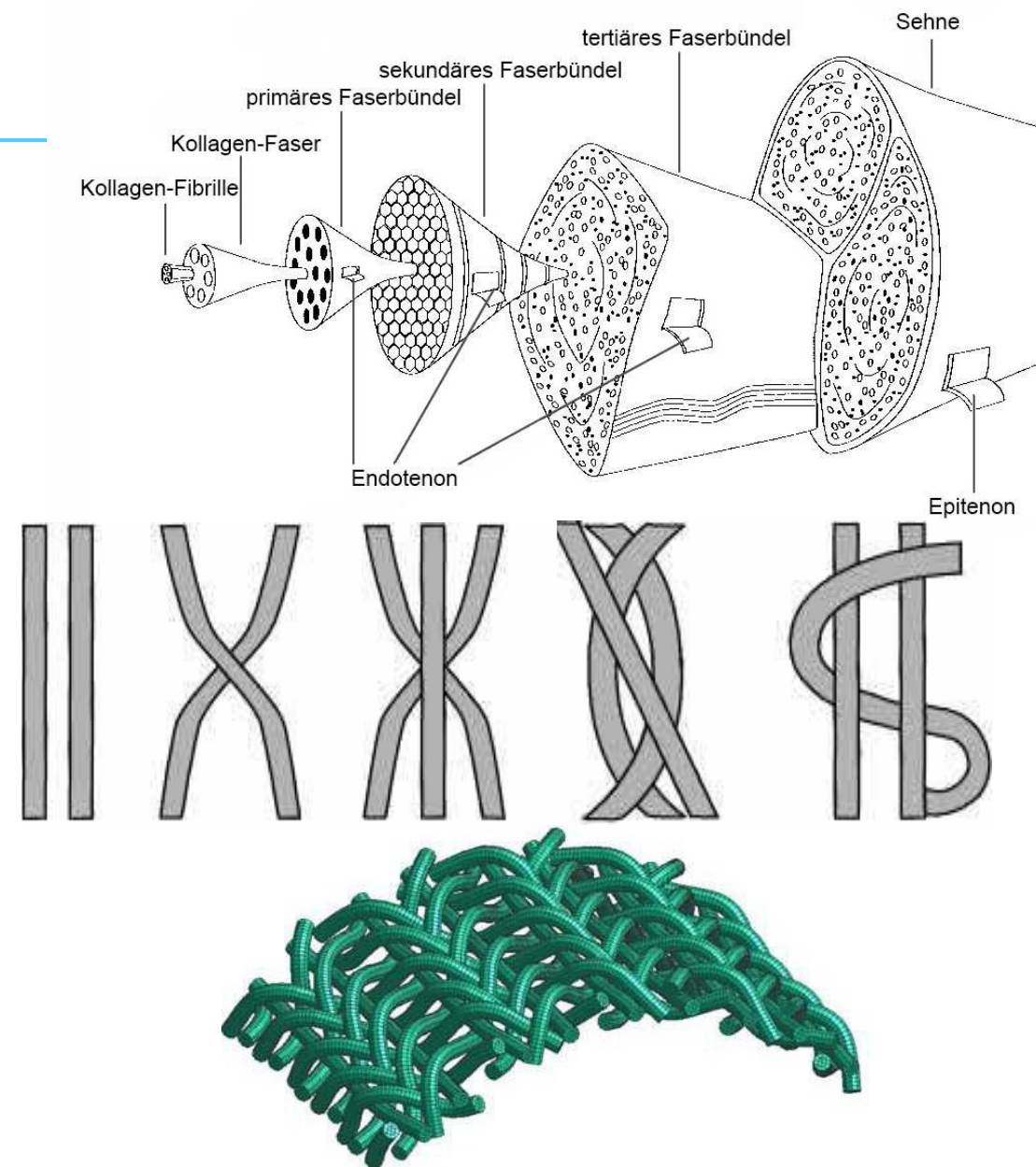
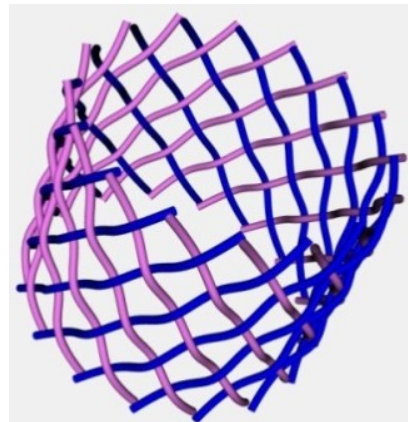
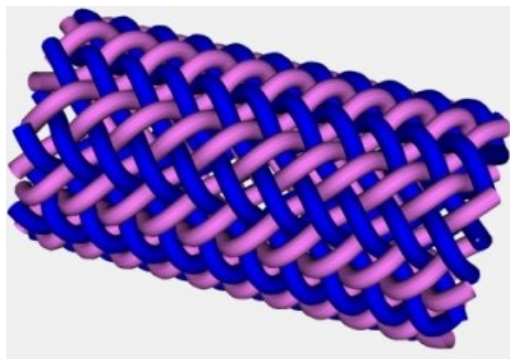
©geo



# Sehnenimplantat

## Aufbau

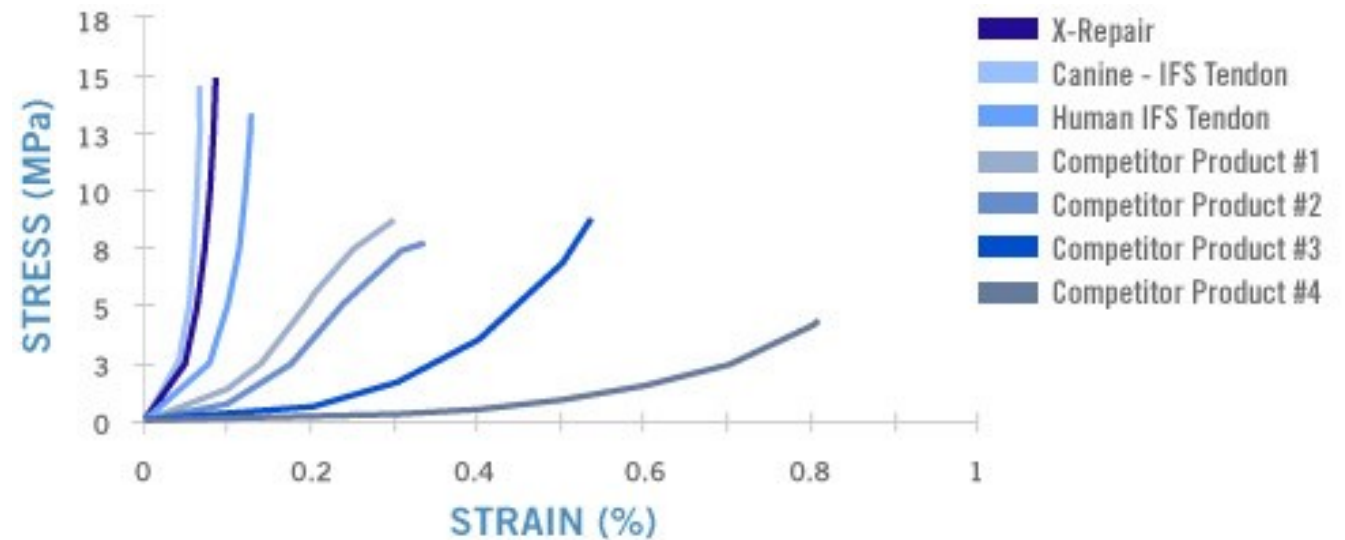
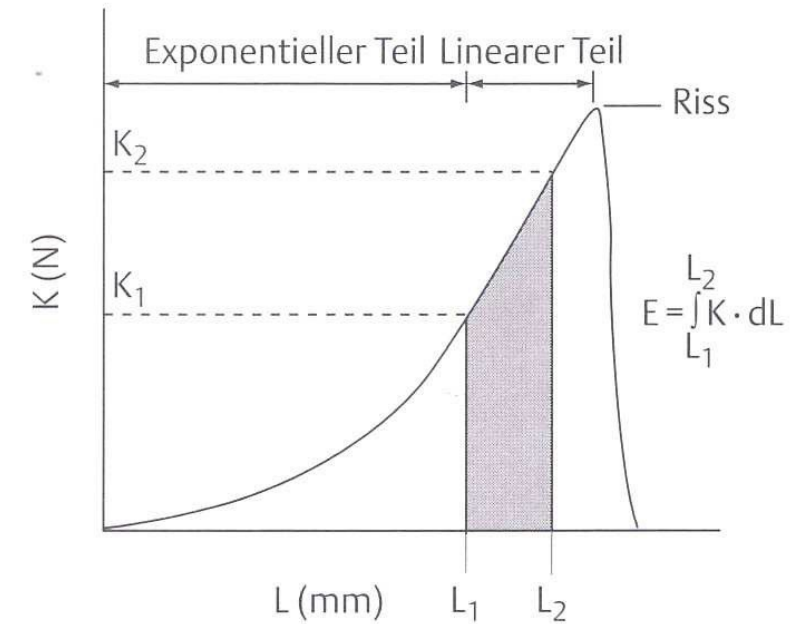
- ein zellarmes, faserreiches Bindegewebe
- bestehen zu 60% aus Wasser
- Trockenanteile :  
65-80% Kollagen (hauptsächlich Typ 1),  
1-2% Elastin und  
1-2% Proteoglycan



# Sehnenimplantat

## Biomechanische Eigenschaften

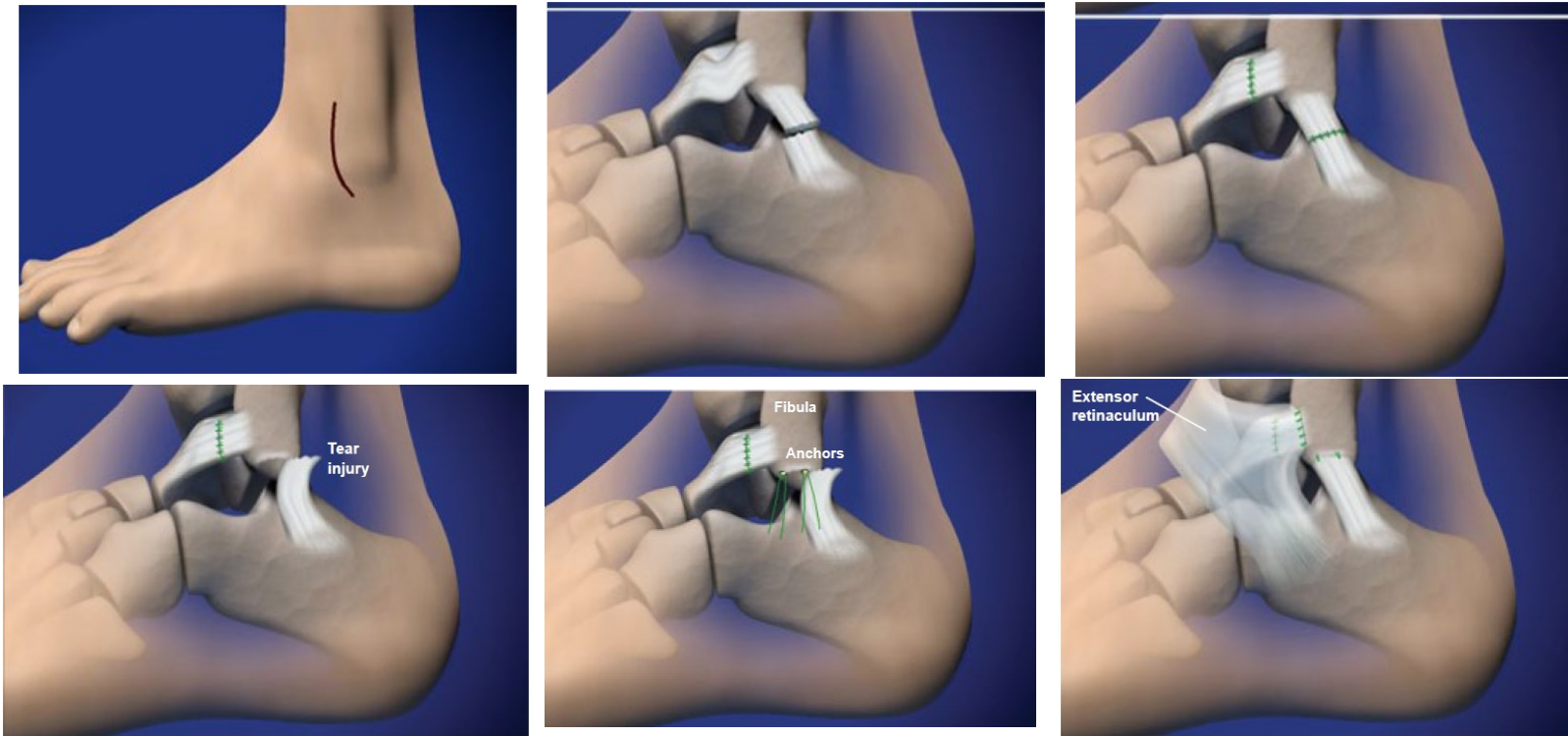
- große Unterschiede bei mechanischen Eigenschaften
- Elastizitätsmodul: 500 - 1850MPa.
- Zugfestigkeit: 50 - 125MPa und
- die Bruchdehnung: 10 - 60 %.



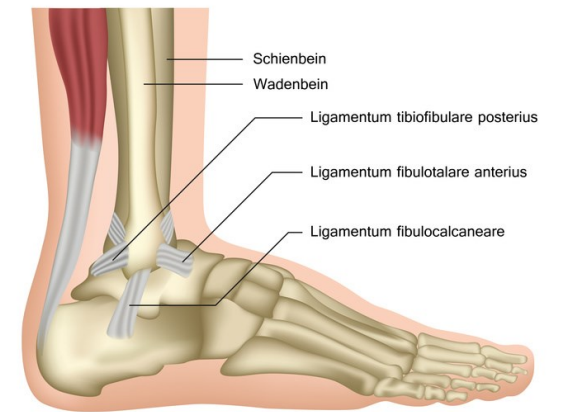
# Sehnenimplantat

## Ruptur der Musculus tibialis anterior (Sprunggelenksehne)

- Konservative Therapie
- Operative Therapie



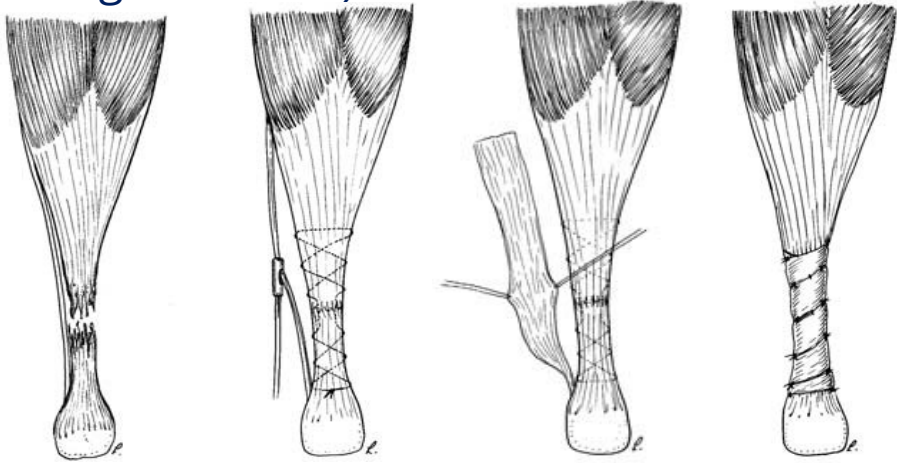
Das Sprunggelenk



# Sehnenimplantat

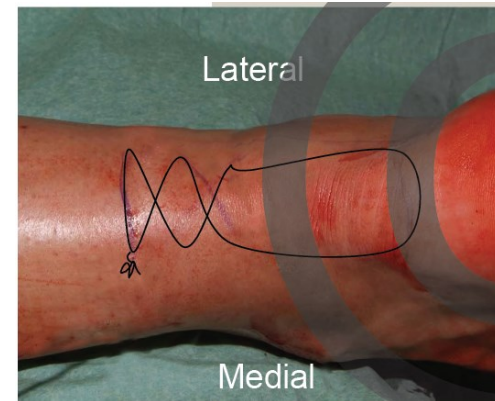
## Ruptur der Achillessehne

- Kräftigste Zugsehne (400 kPa statische, 500-930 kPa dynamische Last)
- Funktion: Plantarflexion, Rückfußinversion, Stabilisierung Rückfuß beim Aufsetzen
- Seltene Verletzungen der Sehne
- Konservative Therapie
- Operative Therapie (Sehnenaugmentation)



## PDS-Kordel

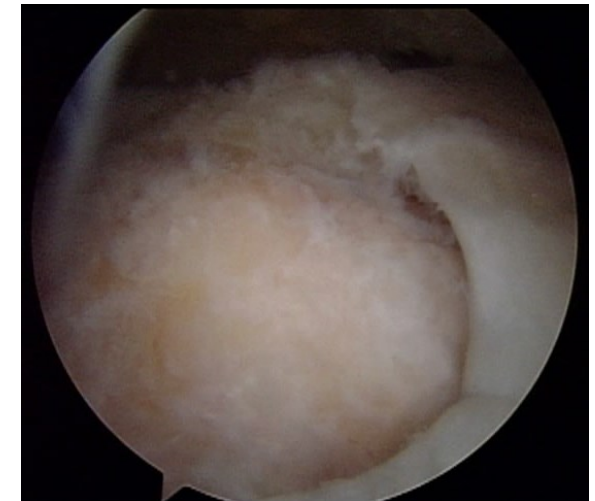
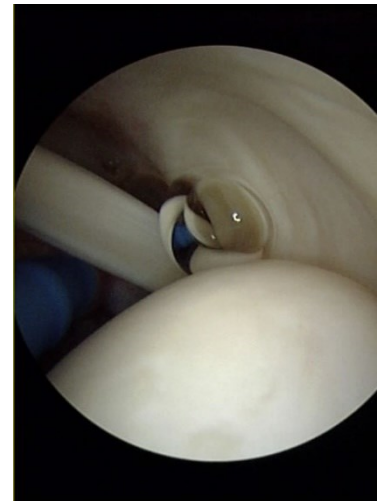
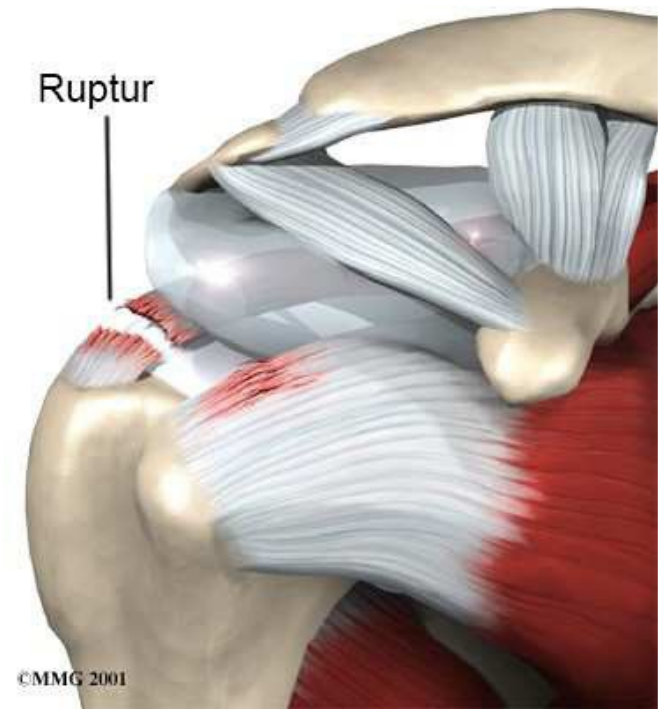
- bestehen aus Polydioxanon-Filamenttgarne
- rund geflochten
- Durchmesser von 0,7 mm bis 2,0 mm
- im Anfangsstadium 100% der Zugbelastung durch die langsame Resorption
- nach 42 Tagen noch 60 % ursprünglicher Reißfestigkeit
- der komplette Reißkraftverlust nach 70 Tagen
- Vollständige Abbau 182–238 Tage.



# Sehnenimplantat

## Ruptur der Supraspinatussehne (Rotatorenmanschettenriss)

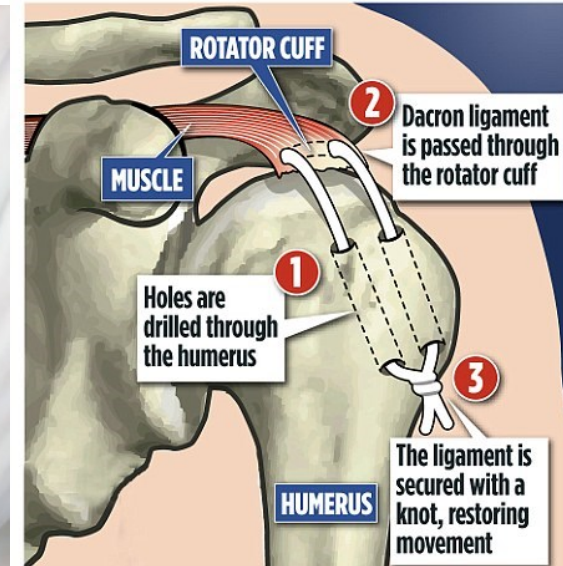
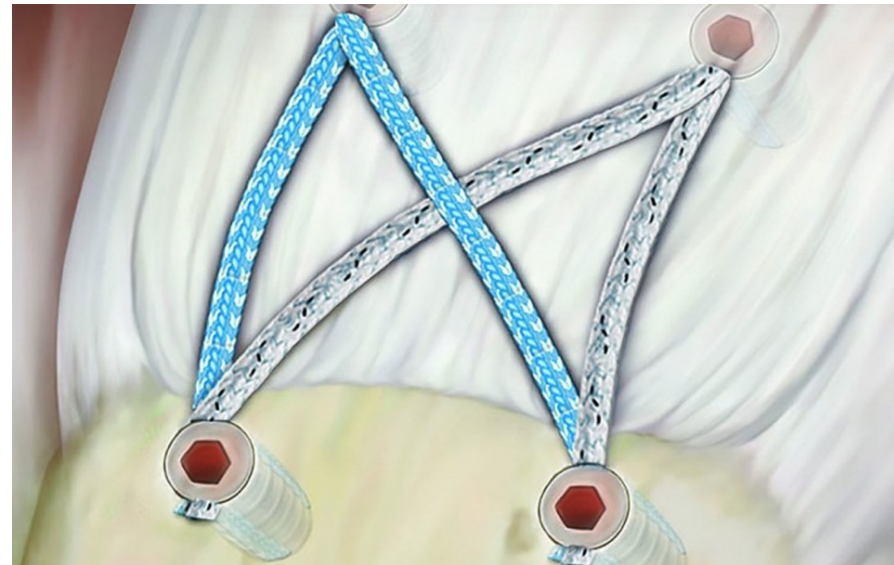
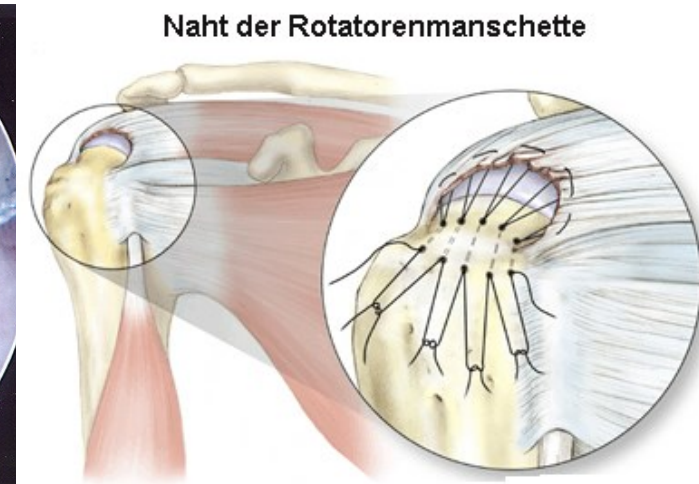
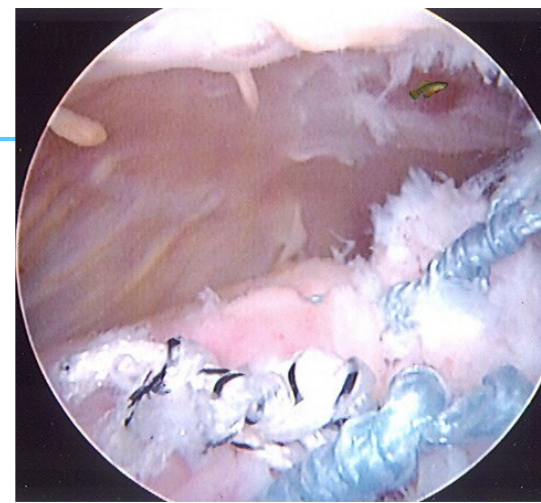
- Supraspinatussehne ist eine Gleitsehne
- Verläuft oberhalb des Humeruskopfes
  - ein Widerlager für den Humeruskopf
- Strukturell hat sich an die Drucklast angepasst
- Funktion: Abduktion, Außenrotation,
- Depression des Humeruskopfes, Zentrierung und Kapselung
- bei Rotatorenmanschettriss ist meistens die Supraspinatussehne
- Grund: durch eine Verletzung oder in Folge einer Abnutzung (Degeneration) der geschwächten Sehne.



# Sehnenimplantat

## Ruptur der Supraspinatussehne (Rotatorenmanschettenriss)

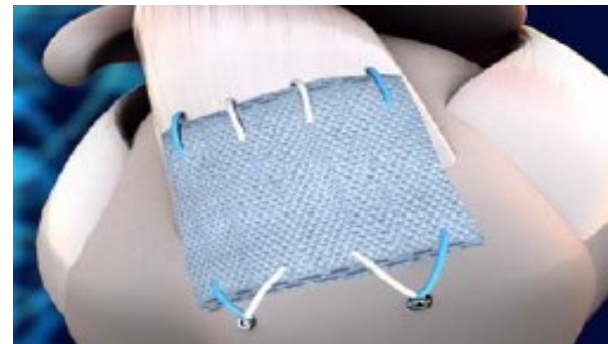
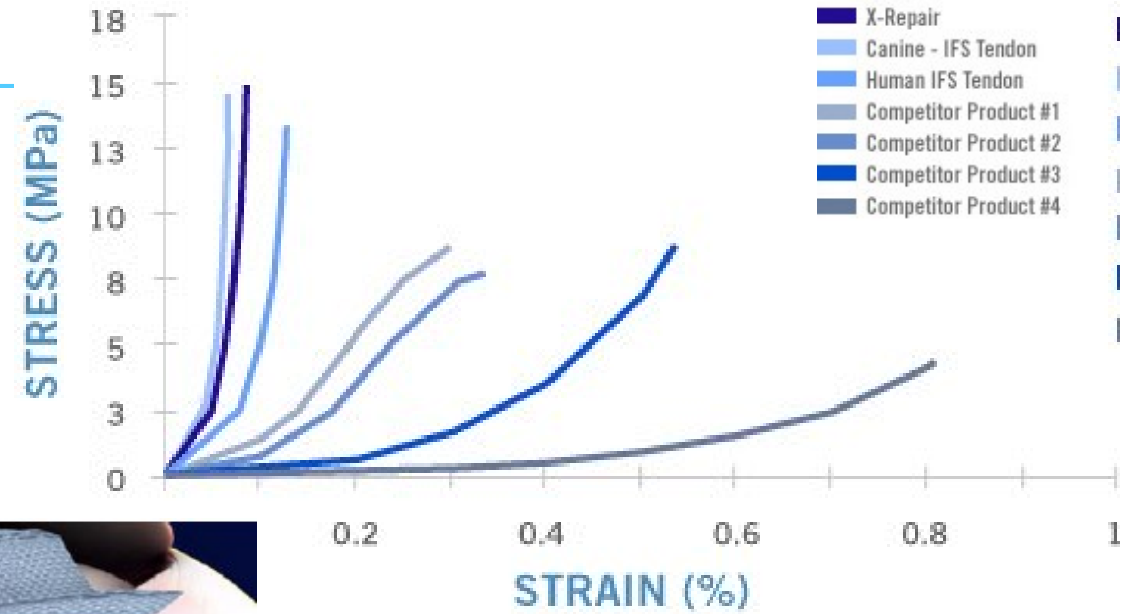
- Konservative Methode
- Operative Methode
- Arthroskopie oder offenes OP
  - Abhängig von Art und Größe des Risses
- Komplette Ruptur
- > 65 Jahre



# Sehnenimplantat

## X-Repair

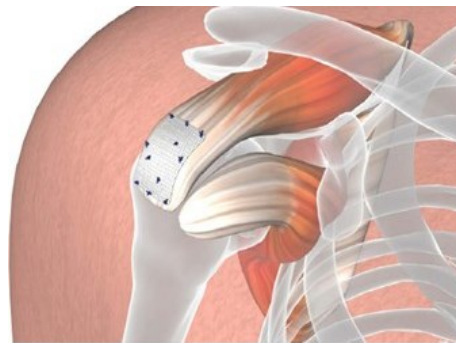
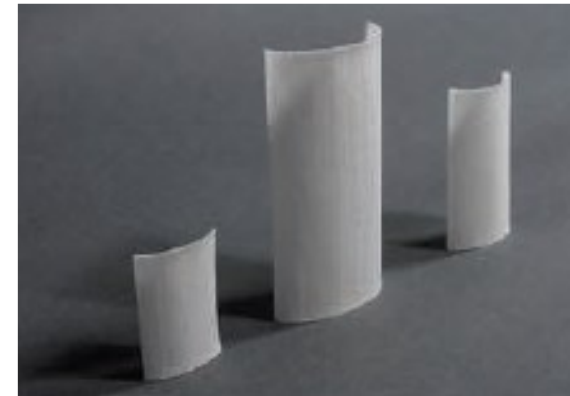
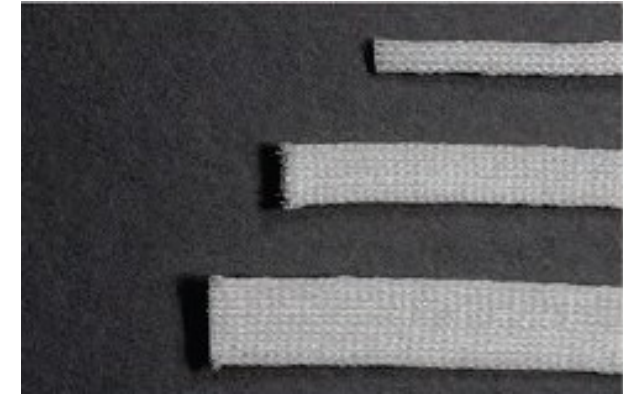
- langsamresorbierbares Poly-L-Laktid Gewebe
- Elastizitätsmodul: 500 MPa.
- Zugfestigkeit: 2500 N bei 2,5 cm und
- Nahrückhaltevermögen 550 N bei 2.5 cm



# Sehnenimplantat

## Artelon

- Polycaprolakton basierte Polyurethan mit Harnstoff
- Nicht resorbierbare PUR (geringe Molekulargewicht) in die umgebenden Gewebe integriert
- 90% der Zugfestigkeit nach 1 Jahr
- 80% der Zugfestigkeit nach 2 Jahren
- 50% der Zugfestigkeit nach 4 Jahren

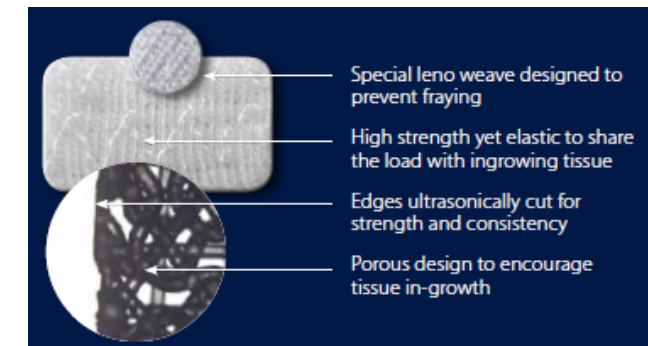


\* Market clearance in the EU and US  
\*\* Market clearance in the EU

# Sehnenimplantat

## BIOFIBER

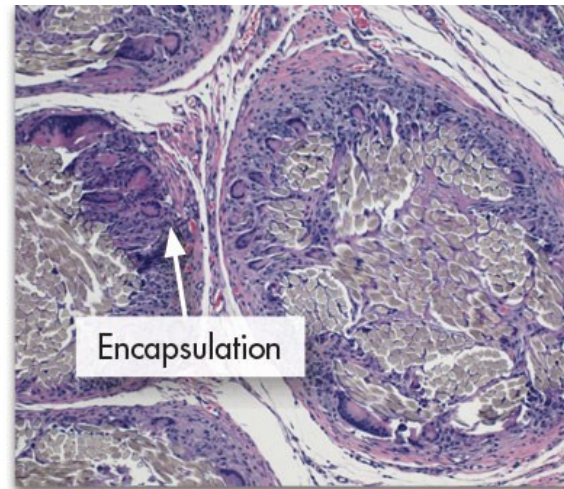
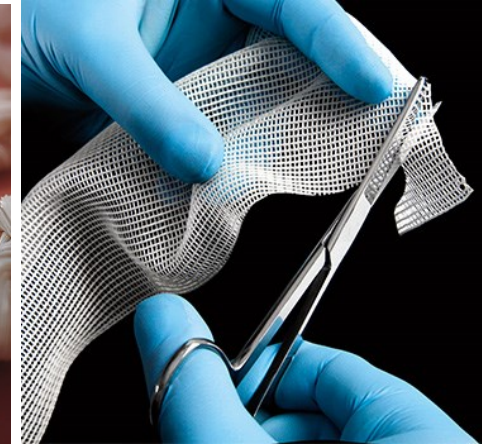
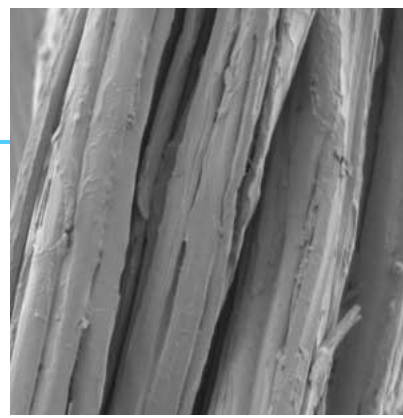
- Poly-4-hydroxybutyrate (P4HB) Abstandsgewirk
- Hydrolytische und enzymatische Degradation
- 50 % der Zugfestigkeit nach 12 Wochen
- Vollständig resorbierbar 12-18 Monate
- Hohe Nahrückhaltevermögen
- Dochteffekt gegenüber Blut
- Hohe Regeneration durch Kollagenbeschichtung



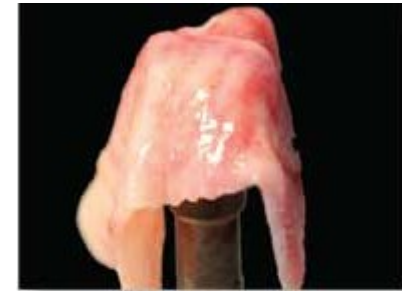
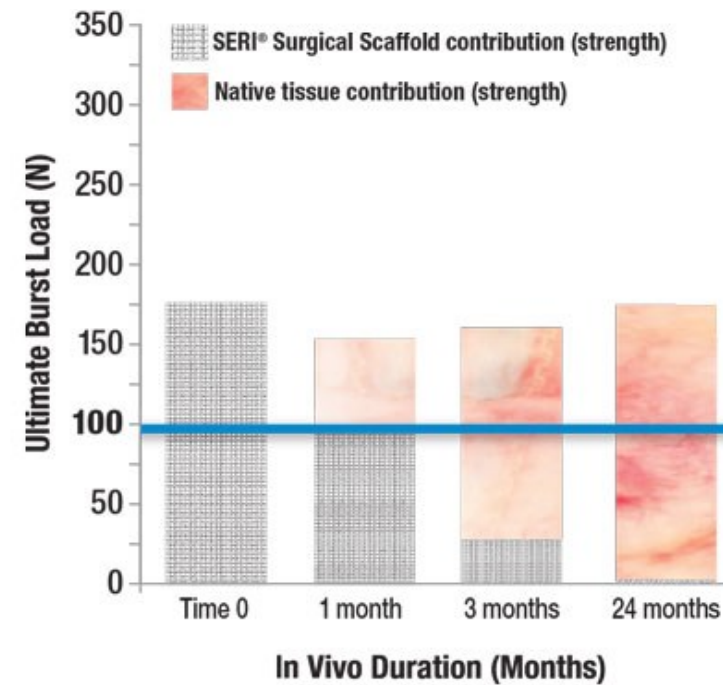
# Sehnenimplantat

## SERI

- Gewirk aus Seidengarn
- > 95 % Fibroin (Protein)
- Porenfläche: 10 mm<sup>2</sup>
- Schneidbar ohne auszufransen
- Gute Geweberegeneration mit Vaskularisierung



H & E Stain 2LM-10× 100 μm



SERI® Surgical Scaffold and well-vascularized tissue ingrowth at 12 months<sup>1</sup>

# Kontrollfragen

---

- Welche 4 wichtigsten Funktionen haben die faserbasierten Implantate in der medizinischen Anwendung?
- Welche Anforderungen werden für die Gefäßprothesen gestellt.
- Erläutern Sie bitte die Eigenschaften einer gewebten Gefäßprothese. Unter welche Indikation werden die gewebten Gefäßprothesen eingesetzt?
- Nennen Sie bitte die Maschinen und Bindungstechniken, die für die Realisierung von a) glatte röhrenförmigen b) bifurkalen c) doppelvelourigen gewebten Gefäßprothesen angesetzt werden?
- Welche Eigenschaften hat eine gewirkte Gefäßprothese? Welche Wirktechnologie wird für die Herstellung angewandt?
- Nach welchen Parametern wird ein ideales Netz definiert? Erklären Sie anhand der gewünschten Parameter ein ideales Netz.
- Welche Vor- und Nachteile haben die synthetischen Kreuzbandimplantate?
- Wie wird die Heilung der Achillessehne durch die Argumentation mit einem resorbierbaren Nahtmaterial (z. B. PDS-Kordel) realisiert?