

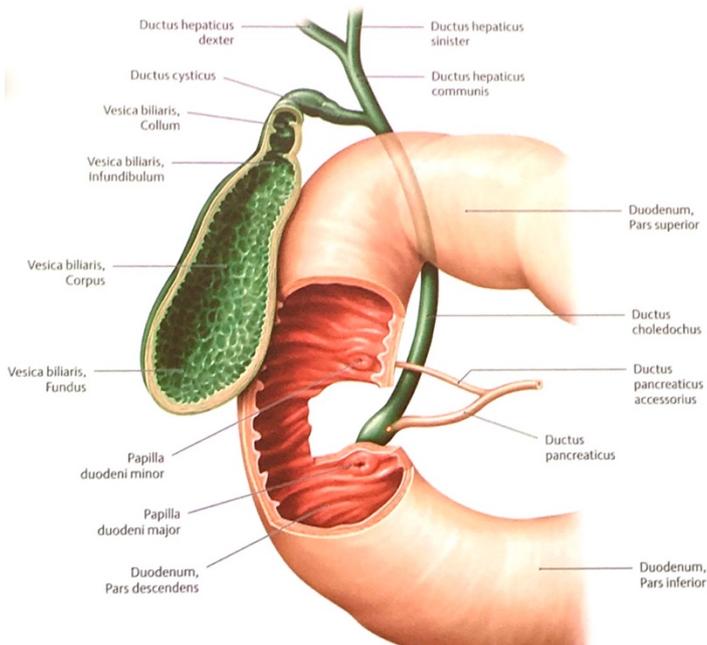
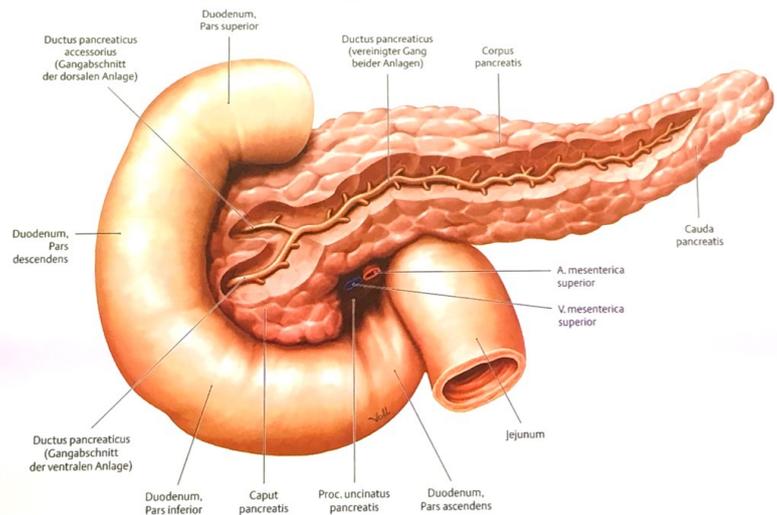
PANKREAS

ANATOMIE | PHYSIOLOGIE | PATHOLOGIE

Grundlagen

Die Pankreas (Bauchspeicheldrüse) ist eine **exokrine und endokrine** Drüse, welche retroperitoneal zwischen Duodenum (Pankreaskopf) und Milz (Pankreasschwanz) liegt. Ihre Ausführungsgänge münden in das Duodenum. Unterteilen lässt sich die Pankreas in einen Kopf (**Caput pancreatis**), Körper (**Corbus pancreatis**) und Schwanz (**Cauda pancreatis**).

Länge: 13-18cm
Gewicht: 70-80g



Der Hauptausführungsgang **ductus pancreaticus major** durchzieht das gesamte Organ und hat einen Durchmesser von etwa 2mm. Er mündet zusammen mit dem Ductus choledochus (aus der Gallenblase) in die **Papilla duodeni major** im absteigenden Teil des Duodenums. Bei etwa 40% der Menschen teilt sich der ductus pancreaticus major vor der Einmündung des ductus choledochus noch auf und es entsteht ein zweiter Pankreas-Ausführungsgang, der ductus pancreaticus accessorius. Dieser endet in der Papilla duodeni minor, oberhalb der größeren Papilla duodeni major.

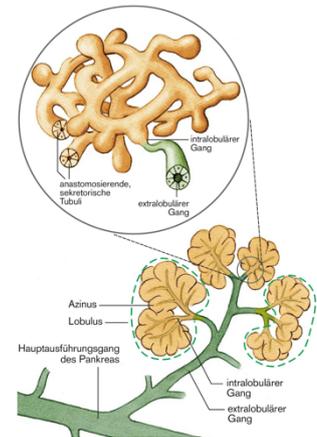
Exokriner Teil

Das Verdauungssekret (Bauchspeichel), bestehend aus **Bikarbonat** und **Enzymen**, wird im exokrinen Teil produziert. Es handelt sich um eine rein seröse Drüse mit einer Leistung von 1.5-2 Liter pro Tag und macht etwa 98% des Pankreasgewichts aus. Der Chymus ist durch die HCL des Magens sehr sauer, was zu einer unzureichenden Funktion der Verdauungsenzyme führt (Enzyme sind pH-Milieu abhängig). Die Neutralisation durch das Bikarbonat ist somit von entscheidender Bedeutung und führt bei fehlen zu einer Verdauungsinsuffizienz (siehe Pathologie).

Histologisch kann man den Exokrinen Teil in Läppchen (**Lobuli**; grün umkreist) unterteilen. Die Lobuli bestehen aus zahlreichen **Azini** (braun), von welchen aus Schaltstücke wegführen, die sich zu einem intralobulären Ausführgang vereinen.

Azinus-Zellen: Produzieren verschiedene *Verdauungsenzyme* (Proteinsynthese und -sekretion). Enthalten **Zymogengranula** (Vorstufen von Enzymen).

Schaltstücke und intralobuläre Ausführgänge: Ort der *Bikarbonat-* (HCO_3^-) und *Wassersekretion*, die Ausführgänge bestehen aus einschichtigem zylindrischem Epithel.



Bauchspeichel

Besteht aus:

- Enzyme
 - Endopeptidasen, z.B. **Trypsin**: Spaltung von Proteinen
 - Exopeptidasen
 - Lipidspaltende Enzyme, z.B. **Lipase**: Verdauung von Fett
 - Kohlenhydratspaltende Enzyme, z.B. **α -Amylase**: Spaltung von Kohlenhydrat
 - Ribonukleasen
- Bikarbonat

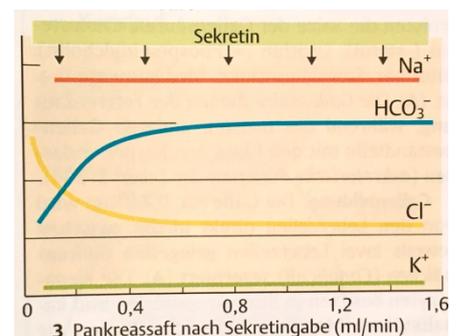
→ Der Bauchspeichel hat etwa einen ph-Wert von 8

Die Steuerung der Pankreassaft-Sekretion erfolgt neben dem N. vagus auch über die Hormone Cholezystokinin und Sekretin.

- **Cholezystokinin** (CCK) steigert die Synthese von Verdauungsenzymen und Pepsinogen. Ist das „Sättigungshormon im ZNS“
- **Sekretin** steigert die Bikarbonatsekretion der Ausführgänge

Die Bildung des Bauchspeichels erfolgt in zwei Schritten. Der *erste* findet in den Azini statt, hier entsteht eine dem Blutplasma ähnliche Flüssigkeit, welche die Proenzyme enthält. Der *zweite* Schritt findet in den Ausführgängen (genauer: Gangepithelzellen) statt. Hier wird dem Primärsekret HCO_3^- beigemischt.

Die Zusammensetzung des Bauchspeichels entspricht am Anfang der des Blutplasmas (siehe *Allgemein*) und verändert sich dann durch Zugabe des Bikarbonats, wie auf dem Bild rechts ersichtlich.



Verdauungsenzyme

Die oben genannten Enzyme werden als **Proenzyme** (Vorstufen) sezerniert (z.B. Trypsinogen) und erst im Duodenum aktiviert. Die Brunner-Drüsen im Duodenum sezernieren die **Enteropeptidase** und beginnt so eine Kettenreaktion: Die Enteropeptidase wandelt das Trypsinogen um (Trypsinogen -> Trypsin), dieses aktiviert dann die anderen Proteasen.

Die **α -Amylase** spaltet *Stärke* und *Glykogen*, die entstehenden Stoffe können vom Dünndarm weiter abgebaut werden.

Das wichtigste Enzym der Fettsplaltung ist die Lipase.

Endokriner Teil

Besteht aus den Langerhans-Inseln, deren Hauptfunktion in der endokrinen **Regulation des Glukosestoffwechsels** liegt. Sie liegen **verstreut** im exokrinen Gewebe. Dies geschieht durch die Hormone **Insulin** und **Glukagon** (Antagonisten). Dieser Teil der Pankreas macht nur etwa 2% der Gesamtmasse aus.

Langerhans-Inseln

- Zellansammlung von 2000-3000 endokrine Zellen
- Durchmesser 0.1 – 0.4mm
- Anzahl: 1 Million Stück
- Zelltypen:
 - 70% **B-Zellen**: Sie sezernieren **Insulin**, was zu einem *Abfall* des Blut-Glukose-Spiegels führt. Nachweis über Antikörperfärbung
 - 20% **A-Zellen**: Sie sezernieren **Glukagon**, was zu einem *Anstieg* des Blut-Glukose-Spiegels durch Abbau von Glykogen führt
 - 5% D-Zellen (Somatostatin → hemmt Insulin und Glukagon Sekretion)

Insulin und Glukagon sind Antagonisten (Gegenspieler; gegensätzliche Wirkung)

Blutversorgung

Arteriell wird die Pankreas von der **A. gastroduodenalis (14)** (Zweig der A. hepatica communis; 15), der **A. mesenterica superior (9)** und der **A. splenica (4)** versorgt.

Venös fließt das Blut aus den dichten Kapillarnetzen des endokrinen Teils in die V. splenica und schließlich in die V. portae.

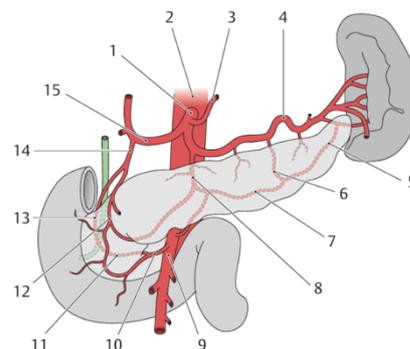


Abb. 14.23 Arterielle Versorgung des Pankreas. Ansicht von ventral.

- | | |
|-----------------------------------|--|
| 1 Truncus coeliacus | 10 A. pancreaticoduodenalis inferior, R. anterior |
| 2 Aorta abdominalis | 11 A. pancreaticoduodenalis inferior, R. posterior |
| 3 A. gastrica sinistra | 12 A. pancreaticoduodenalis superior anterior |
| 4 A. splenica mit Rr. pancreatici | 13 A. pancreaticoduodenalis superior posterior |
| 5 A. caudae pancreatis | 14 A. gastroduodenalis |
| 6 A. pancreatica magna | 15 A. hepatica communis |
| 7 A. pancreatica inferior | |
| 8 A. pancreatica dorsalis | |
| 9 A. mesenterica superior | |

Krankheiten

Mukoviszidose

Erinnerung: Ist eine Erbkrankheit, die alle exokrinen Drüsen betrifft. Hierbei ist der Chlorid-Kanal in den Ausführungsgängen nicht vorhanden. Somit kann das Sekret nicht mehr ausreichend ionisiert werden. Die Folge ist muköses (zähes) Sekret, die Funktionsfähigkeit der Drüsen ist deutlich beschränkt. Mukoviszidose ist bisher nicht heilbar.

In Bezug auf die Pankreas sorgt eine Mukoviszidose für eine unzureichende Bikarbonatsekretion (durch Fehlfunktion des CFTR-Kanals), was zu einem pH-Milieu im Dünndarm führt, welches für die Verdauungsenzyme zu sauer ist. Folge: Verdauungsinsuffizienz (Maldigestion).

Pankreatitis

Akut tritt die Pankreatitis auf, wenn es zu einer *vorzeitigen intrapankreatischen Aktivierung der Verdauungsenzyme* kommt. Ausgelöst wird dies durch Alkoholabusus, Gallensteineinklemmung, Schock, Toxine oder auch Genmutationen. Die verfrühte Aktivierung führt zu einer Schädigung des Pankreasepithels („Selbstverdauung“) und schließlich zu einer Entzündung. Leitsymptome sind Hyperglykämie und Schock. Bei der leichten Form (Bild oben) kommt es zu kalkspritzerartigen Fettgewebnekrosen, dagegen entstehen bei der schweren Form (Bild unten) große zusammenhängende Nekrosen und Einblutungen.



Die Gründe, warum die Proenzyme bereits intrapankreatisch aktiviert werden sind noch nicht vollständig geklärt. Man vermutet, dass es mit dem intraduktalen Druck zusammenhängt, der beim Verschließen der Gänge ansteigt.

Chronische Pankreatitis:

- Ist ein entzündlicher Prozess
- Häufigste *Ursache*: **Alkoholabusus** >80 g/Tag
- Führt zu verminderter $\text{HCO}_3^-/\text{H}_2\text{O}$ Sekretion und somit Bildung von **Proteinpröpfen** (verschließen die Ausführungsgänge), da der Bauchspeichel dickflüssiger wird. An diese Proteinpröpfe lagern sich Kalziumsalze an, die Gänge verstopfen noch weiter (normalerweise wird die Ausfällung von Calciumsalzen durch Citrat und Lithostatin gehemmt)
- Wie bei der akuten Pankreatitis kommt es auch hier zu einer vorzeitigen Aktivierung der Proenzyme und somit einer Selbstverdauung des Pankreasgewebes
- *Folgen*: Dauerhafter Schmerz, Mangelerscheinung und **Diabetes mellitus** (da die Langerhans-Inseln zerstört werden und somit keine Glykosesteuernden Hormone mehr sezerniert werden)
- *Komplikationen*: Kann sich zu einem Pankreaskarzinom weiterentwickeln

Duktales Adenokarzinom

Ist das häufigste Pankreaskarzinom und betrifft das **Drüsenepithel** der **exokrinen** Pankreasgänge. Nikotin- und Alkoholabusus begünstigen die Entstehung. Symptomatisch zeigt sich das Karzinom durch Ikterus (Gelbsucht), Gewichtsverlust, abdominale gürtelförmige Schmerzen und Übelkeit/Appetitlosigkeit. In 70% der Fälle ist der **Pankreaskopf** betroffen, in den restlichen 30% der Pankreasschwanz. Allgemein hat dieses Karzinom eine **sehr schlechte Prognose**, da es meist zu spät erkannt wird und dann nicht mehr operabel ist. Außerdem spricht es schlecht auf Chemotherapie und Bestrahlung an. Durch das stark infiltrierende Wachstum bildet es schnell **Metastasen**.