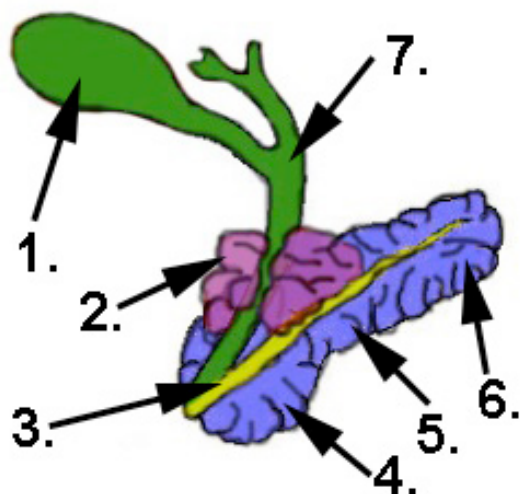


Pankreas (engl. Pancreases)

Anatomie

Die **Bauchspeicheldrüse** ist eine etwa 80g schwere, 14 bis 18 cm lange Drüse und liegt im Oberbauch zwischen Dünndarm und Milz. Sie liegt eigentlich nicht innerhalb der Bauchhöhle, sondern sehr weit hinten direkt vor der Wirbelsäule. Sie ist daher auch nicht wie viele andere Organe des Magen-Darm-Trakts mit der die Bauchhöhle auskleidende Haut (Peritoneum = Bauchfell) überzogen ist. Aufgrund ihres Aussehens wird die gesamte Drüse in Kopf (Caput), Körper (Corpus) und Schwanz (Cauda) unterteilt.



Darstellung Pankreas und Gallenblase

1. Gallenblase (grün)
2. Bauchspeicheldrüsen- tumor (lila)
3. Bauchspeicheldrüsengang (gelb)
4. Pankreaskopf (blau)
5. Pankreaskörper (Copus pancreaticus) (blau)
6. Pankreasschwanz (blau)
7. Gallengang (Ductus cysticus) (grün)

Hauptaufgabe der **Bauchspeicheldrüse** ist die Produktion von Verdauungsenzymen und Verdauungshormonen.

Die Hormone der Bauchspeicheldrüse werden direkt ins Blut abgegeben (sogenannte endokrine Sekretion). Unter Enzymen versteht man Eiweiße, die aktiv in der Lage sind, Nahrungsmittel zu zerlegen und sie für die Nahrungsaufnahme über die Schleimhaut des Darms vorzubereiten. Die Hormone der Bauchspeicheldrüse werden direkt ins Blut abgegeben (sogenannte endokrine Sekretion). Über einen speziellen, längs durch die gesamte Drüse ziehenden Ausführgang, den Bauchspeicheldrüsengang (lat. ductus pancreaticus) gelangen die Enzyme an ihren Wirkort im Dünndarm. Da die gebildeten Enzyme der Zerkleinerung von Nahrungsbestandteilen dienen, handelt es sich um sehr aggressive Substanzen. Die Bauchspeicheldrüse verfügt daher über effektive Schutzmechanismen vor Selbstverdauung: Eiweißspaltende Enzyme (Peptidasen) wie **Trypsin** und **Chymotrypsin** werden in Form von inaktiven Vorstufen gebildet. Die Umwandlung in „biologisch aktive Scheren“ erfolgt im Dünndarm (mittels eines Enzyms namens Enterokinase, das kleine Bruchstücke von der Trypsinvorstufe Trypsinogen abschneidet, so dass funktionsfähiges Trypsin entsteht. Dieses ist zugleich der Aktivator für die anderen Hormone. Außerdem bildet die Bauchspeicheldrüse Stärke spaltende Enzyme (**Amylasen**), Fett spaltende Enzyme (**Lipasen**) sowie Nukleinsäure spaltende Enzyme (**Ribonukleinasen**; diese dienen dem Verdau von Zellkernbestandteilen).

Alle genannten Enzyme funktionieren aber nur dann optimal, wenn in ihrer Umgebung ein nicht zu hoher Säuregehalt herrscht (= pH 8). Da die Nahrung aber gerade aus dem mittels Salzsäure vorverdauenden **Magen** stammt, muss die Salzsäure vorher unschädlich gemacht (neutralisiert) werden. Dazu werden die Enzyme mit 1-2 Litern einer wässrigen, bicarbonatreichen (=neutralisierend wirkenden) Flüssigkeit, dem Bauchspeichel, in den Dünndarm abgegeben.

Für diese sogenannte exokrine Funktion ist der größte Anteil der Bauchspeicheldrüse zuständig. Unter exokriner Funktion versteht man die Produktion der Enzyme für den Verdauungstrakt.

Das gesamte Gewebe der Bauchspeicheldrüse ist - wie auch viele andere Drüsen, z.B. die Schilddrüse - in Lappen gegliedert, die

durch Bindegewebe voneinander getrennt sind. Innerhalb der Bindegewebsstraßen liegen die die Bauchspeicheldrüse mit Blut versorgenden Gefäße, Nerven und Lymphgefäße.

Zuständig für die Enzymproduktion sind spezialisierte Zellen, die Drüsenendstücke (Azini). Diese geben die Enzyme in innerhalb der Bauchspeicheldrüse verlaufende Ausführungsgänge ab, die letztlich alle in einen großen, gemeinsamen Ausführungsgang, den ductus pancreaticus (siehe oben) münden.

Das Besondere dieser vielen kleinen Ausführungsgänge ist, dass sie außerdem noch eine weitere Funktion haben: Sie sind für die Neutralisation der Magensäure durch Bildung des Bauchspeichels zuständig.

Dagegen ist der hormonproduzierende (endokrine) Anteil der Bauchspeicheldrüse nur klein. Er wird auch als Inselorgan bezeichnet: Die Anordnung dieser Zellen in Gruppen, die diffus verstreut in der gesamten Drüse zu finden sind, erinnert unter dem Mikroskop, an Inseln. Am häufigsten sind die etwa 1 Million Inseln im hinteren Teil (dem so genannten Schwanz) zu finden. Das wichtigste (und mit einem Anteil von über 80% auch am meisten gebildete) Hormon ist das Insulin. Seine Aufgabe besteht darin, die Aufnahme von Zucker (Glucose; Abbauprodukt von kohlehydratreicher Nahrung) in die Körperzellen zu ermöglichen und auf diese Weise den Blutzuckerspiegel zu senken. Bei Fehlen oder Mangel dieses Hormons kommt es zur Zuckerkrankheit (Diabetes mellitus): Das Blut wird mit nicht verwertetem Zucker übersättigt.

Die **Insulin** produzierenden Zellen werden als **B-Zellen** bezeichnet. **A-Zellen** hingegen produzieren ein gegensätzlich wirkendes Hormon, das **Glukagon**. Liegt die letzte Mahlzeit länger zurück, sorgt es für die Abgabe von Zucker aus den Vorräten der Leber. So wird jederzeit die ausreichende Versorgung der inneren Organe gewährleistet (v.a. des Gehirns, das zwingend auf Zucker angewiesen ist und nicht auf andere Nahrungsbestandteile zurückgreifen kann).

Nur ein sehr geringer Anteil der Hormonbildung entfällt auf jene Botenstoffe, die speziell für die Regulation der Bauchspeicheldrüse selbst produziert werden: Das hemmend auf Insulin- und Glukagonproduktion wirkende Hormon der **D-Zellen**, **Somatostatin**, sowie das den Verdauungsenzyme produzierenden (exokrinen) Teil hemmende **Pankreatische Polypeptid** (PP).

Auch für die Regulation der Enzymausschüttung sind eigens für diesen Zweck gebildete Hormone sowie das vegetative Nervensystem zuständig. (Dieser Anteil des Nervensystems wird auch als autonomes, d.h. selbstständiges Nervensystem bezeichnet, da es die unbewusst im Körper ablaufenden Vorgänge steuert.) Gemeinsam kurbeln der Parasympathikus genannte Anteil des autonomen Nervensystems und das Hormon **Cholecystokinin** (kurz CCK) die Enzymproduktion an. Sekretin stimuliert ebenfalls als Hormon die Abgabe (=Sekretion) von Wasser und Bicarbonat durch die Zellen der Bauchspeicheldrüsengänge.

Sowohl **Sekretin** als auch **Cholezystokinin** werden von spezialisierten Zellen, den sog. **S-Zellen** und **I-Zellen**, gebildet. Diese sind eingestreut zwischen die Oberflächenzellen im gesamten Magen-Darm-Trakt (vor allem im Dünndarm) zu finden und werden gemeinsam auch als enteroendokrine Zellen bezeichnet (=gr. enteron = Darm, entsprechend dem Hauptwirkorgan dieser Hormone).

Durch dieses komplexe Zusammenspiel verschiedener Regulationsmechanismen wird die gesamte Verdauung und der Zuckerhaushalt des Körpers durch sich selbst kontrollierende Mechanismen reguliert. Dieses Prinzip findet man an verschiedenen Stellen des Körpers, wie z.B. bei der **Schilddrüse**.

Erkrankungen

Zu den häufigsten Erkrankungen der Bauchspeicheldrüse gehören Entzündungen (Pankreatitis), genetisch bedingte Funktionsstörungen (Mukoviszidose, cystische Fibrose) und Stoffwechselstörungen wie der im Volksmund als Zuckerkrankheit bekannte Diabetes mellitus. Letzterer ist die häufigste hormonelle Störung überhaupt.

Mukoviszidose (cystischen Fibrose)

Diese mit einer Häufigkeit von durchschnittlich einer Neuerkrankung pro 2000 Geburten auftretende Erkrankung wird autosomal

rezessiv vererbt (d.h. beide Elternteile müssen das defekte Gen weitergeben, auch wenn sie selbst gesund sind). Ursache ist der **Defekt eines (Chlorid-) Ionenkanals**, der in den wichtigsten Drüsen unseres Körpers vorkommt (in den Schweißdrüsen, Bronchialdrüsen (Drüsen der Lungengänge), in Leber, Darm und in der Bauchspeicheldrüse, aber auch Geschlechtsorganen wie dem Hoden). Streng genommen ist es der echte Auslöser das **Gen auf Chromosom 17**, das für diesen Ionenkanal codiert. Dieses Gen heißt CFTR Gen (engl. cystic fibrosis transmembrane conductance regulator). Folge ist eine Erhöhung des (Chlorid enthaltenden) Kochsalz- Gehalts im Schweiß sowie die Bildung von zähem, eingedicktem Schleim in vielen Drüsen des Körpers, der in der Lunge zu Atemnot, Husten und ständig wiederkehrenden (rezidivierenden) Lungenentzündungen (Pneumonien) führt. Auch in der Bauchspeicheldrüse kann der Schleim nicht richtig abfließen und wird als Kompensationsversuch des Körpers von bindegewebigen Blasen umschlossen. Dabei wird das gesamte Organ auf lange Sicht zerstört und vernarbt (Fibrose). Die Folgen reichen von Verdauungsproblemen (Maldigestion) bis hin zu **Diabetes mellitus** (Zuckerkrankheit, s.u.) aufgrund der Schädigung Insulin produzierender Zellen.

Pankreatitis

Akute Entzündung der Bauchspeicheldrüse (**Pankreatitis**): Bezeichnung für eine Gruppe von Erkrankungen mit unterschiedlichen Auslösern, die auch tödlich enden können. Verantwortlich für die milden Verlaufsformen sind meist Viren oder Bakterien. Zu nicht-infektiösen Ursachen zählen Alkoholmissbrauch und Verengung (Obstruktion) der Gallenwege. Diese zeigen einen schwereren Verlauf. Die Beschwerden sind durch die Freisetzung der aggressiven Bauchspeicheldrüsenenzyme bedingt: Es kommt zum Selbstverdauung des Organs und umliegender Strukturen. Folge ist eine schwer beherrschbare, sich im ganzen Körper ausbreitende Entzündungsreaktion mit Gefahr eines Kreislaufschocks. Anfängliches Hauptsymptom sind plötzlich einsetzende, gürtelförmige Bauchschmerzen, die in den Rücken ausstrahlen können. Des Weiteren sind im Blut vermehrt Enzyme der Bauchspeicheldrüse nachweisbar.

Diabetes mellitus (Zuckerkrankheit)

Unterschieden werden ein seltenerer **Diabetes mellitus Typ I / 1** und ein häufigerer **Diabetes mellitus Typ II / 2**. Durch ein Zusammenspiel von genetischen Faktoren, Umwelteinflüssen und einer Überreaktion des Immunsystems gegen eigene Zellen des Inselorgans (s. oben) werden im Laufe der Erkrankung sämtliche Insulin bildenden Zellen zerstört. Bemerkbar wird der Diabetes Typ I durch die Folgen des vermehrten Zuckergehalts in Blut und Urin. Betroffene trinken viel zur Verdünnung (Polydipsie) und scheiden vermehrt den zuckerreichen Urin aus (Polyurie und Glucosurie). Allgemeine Schwäche und Antriebsverlust resultieren aus der Minderversorgung der Körperzellen mit Zucker. Es kommt zur Veränderung des Stoffwechsels, der sich versucht, der Minderversorgung anzupassen (kataboler Stoffwechsel). Trotzdem verlieren Betroffene an Gewicht und neigen zu Unterzuckerung mit der Gefahr des lebensbedrohlichen diabetischen Komas. Deshalb muss im Rahmen der Behandlung des **Diabetes mellitus** Typ I das fehlende Insulin durch nicht-körpereigenes ersetzt werden. Früher wurde Schweine-Insulin verwendet; heute kann man Humaninsulin gentechnisch gewinnen.

Beim **Diabetes Typ II** sind noch Insulin produzierende B-Zellen vorhanden. Das gebildete Hormon ist aber nicht wirksam genug (= periphere Insulinresistenz). Die Ursache dafür ist nicht geklärt. Zudem wird das Hormon nicht mehr in ausreichender Menge gebildet, um den erhöhten Bedarf zu decken. Erschwerend wirkt auch die Bildung eines abnormen Eiweißmoleküls namens Amylin, das sich um die hormonproduzierenden Zellen in der Bauchspeicheldrüse ablagert (als sog. Amyloid). Das Problem dabei ist die Abschwächung der Wirkung des Insulins durch Amylin. Mit zunehmendem Alter steigt die Amylinbildung an.

Spätkomplikationen des **Diabetes mellitus** sind v.a. durch Ablagerungen an den Gefäßwänden (Atherosklerose) bedingt: Es kommt zu Durchblutungsstörungen der Extremitäten (in schweren Fällen muss das betroffene Bein amputiert werden), zu Taubheitsgefühlen und Kribbeln (Sensibilitätsstörungen = Polyneuropathie) und in schweren Fällen zur Erblindung (Retinopathia diabetica).

Bauchspeicheldrüsenkrebs / Pankreaskarzinom

Beim Bauchspeicheldrüsenkrebs handelt es sich um eine der bösartigsten Tumorarten überhaupt. Dieser Tumortyp wächst lange symptomlos und setzt frühzeitig Tochtergeschwülste (Metastasen). Durch diese Kombination sind die vollständigen Heilungsaussichten des Bauchspeicheldrüsenkrebs sehr begrenzt