

Das endokrine System

Uta Biedermann

Institut für Anatomie, Anatomie I

Musterantwortbogen für die Anatomieklausuren

KlausurX. Regelsemester ...medizin am

	A	B	C	D	E
1.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
4.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6.	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
7.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

← Richtige Antwort: B

← Richtige Antwort: C,
falsche Antwort VOLLSTÄNDIG ausgemalt

← Richtige Antwort: E, zur Sicherheit nochmal
daneben geschrieben

- Die Klausur wird maschinell ausgewertet.
- Bitte einen **SCHWARZEN** Kugelschreiber oder Fineliner verwenden.
- Namen und Matrikelnummer auf dem Fragebogen eintragen.
- Richtige Antworten **ANKREUZEN**.
- Aus Versehen falsch angekreuzte Antworten **VOLLSTÄNDIG** ausmalen.
- Pro Frage ist immer nur **EINE** Antwort richtig.
- Es gibt **KEINE** Minuspunkte für falsch beantwortete Fragen.
- **45 Minuten** Bearbeitungszeit
- Frage- **UND** Antwortbogen abgeben.
- Bestehensgrenze: **60%** (mindestens 18 richtig beantwortete Fragen)

Hier **NICHT** herummalen,
dient der Identifizierung

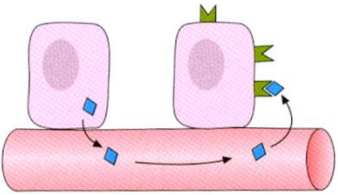
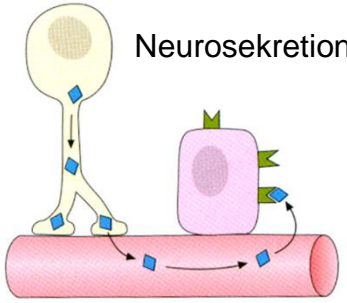
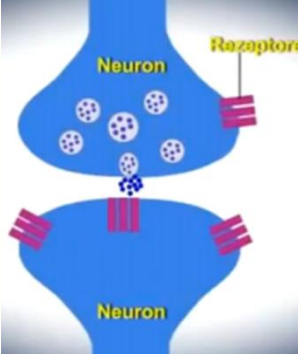
Gliederung

1. Allgemeine Funktionsprinzipien
2. Hypothalamus-Hypophysen-System
3. Schilddrüse
4. Nebenniere
5. Das endokrine Pankreas
6. Plazenta
7. Calcium- und Phosphat-SW

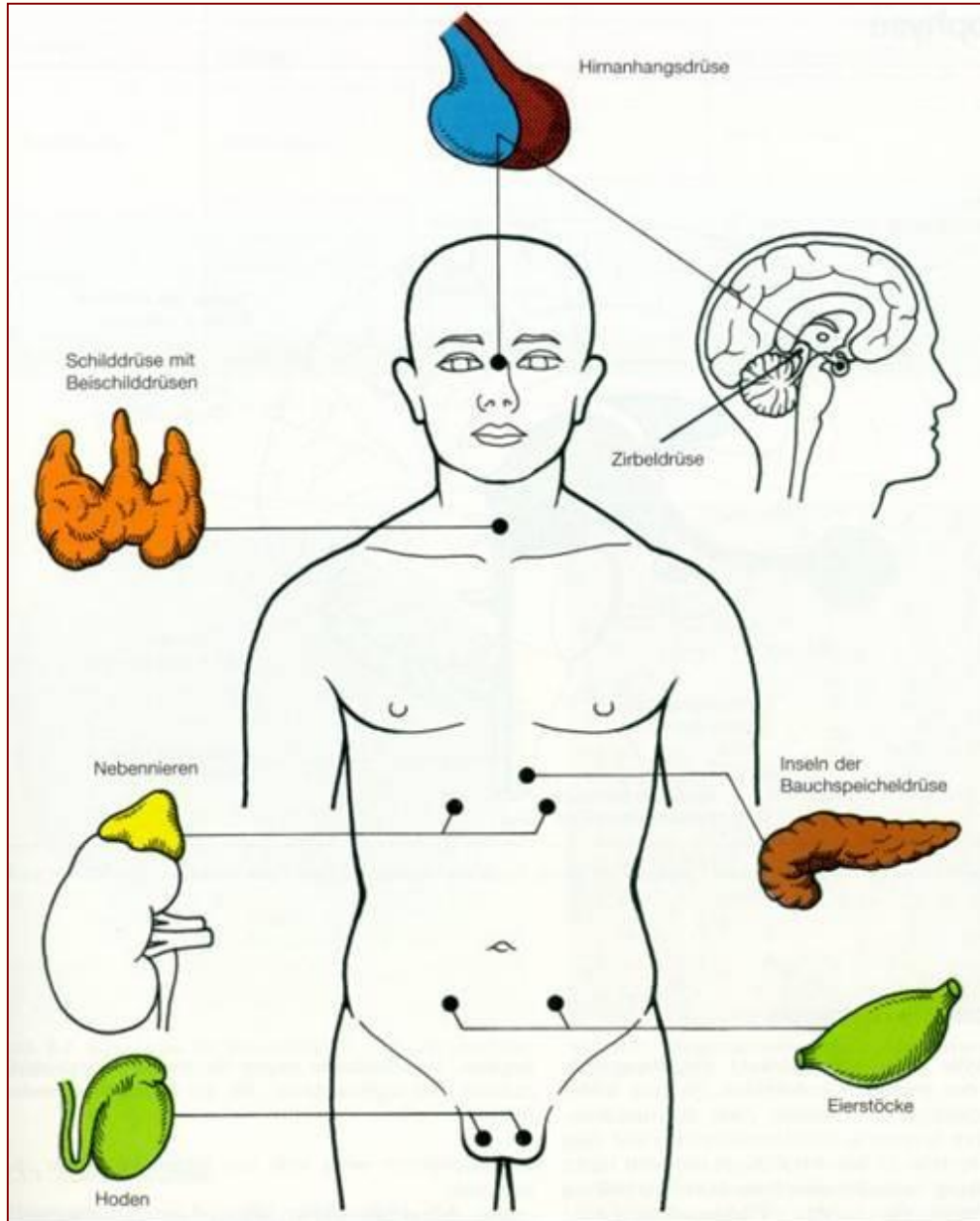


1. Allgemeine Funktionsprinzipien

1.1 Merkmale des neuroendokrinen Systems

Endokrines System	Nervensystem
<p>Informationen werden i.d.R über den ganzen Körper verstreut, beeinflussen <i>alle</i> Rezeptor-tragenden Zellen</p>	<p>Informationen werden lokal begrenzt an spezifische Zielzellen weitergegeben</p>
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>Endokrine Sekretion</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Neurosekretion</p>  </div> </div>	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>Synaptische Transmission</p> </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>
<p>langsame Informationsübertragung (Sekunden, Minuten bis Stunden)</p>	<p>schnelle Informationsweiterleitung (in Millisekunden)</p>
<p>graduelle Informationsweiterleitung – mehr oder weniger Hormon</p>	<p>Alles oder Nichts Prinzip – aktiv oder inaktiv</p>
<p>Informationen sind immer unwillkürlich</p>	<p>Informationen sind z. T. unter willkürlicher Kontrolle (z.B. Bewegungen)</p>

1.2 Hormonproduzierende Drüsen und Zellen



Endokrine Organe (selbständige Organe)

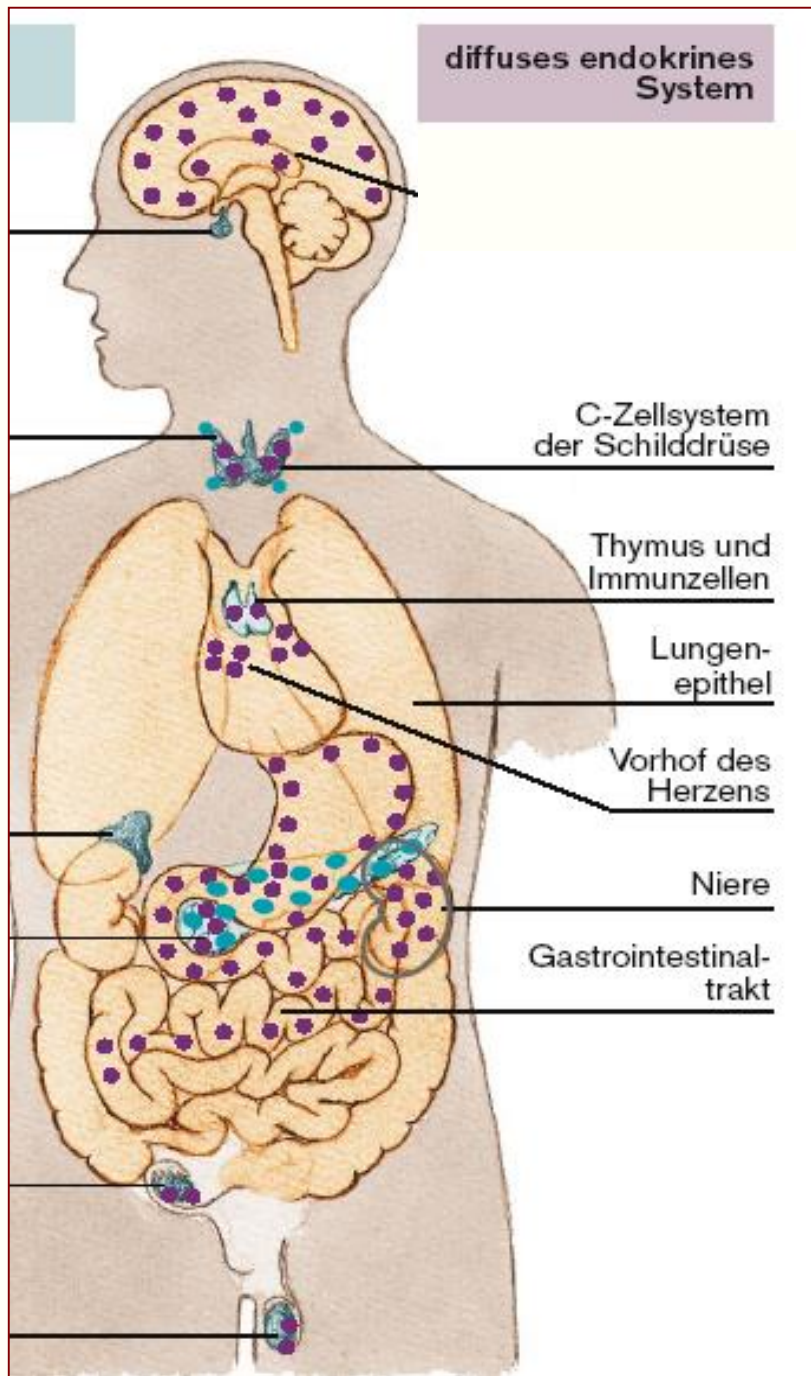
- Hypophyse, Zirbeldrüse
- Schilddrüse
- Nebenschilddrüsen
- Nebennieren

Endokrine Zellgruppen (innerhalb von Organen)

- Hypothalamus
- Langerhans-Inseln (Pankreas)
- Leydig-Zwischenzellen (Hoden)
- Follikelepithelzellen und Corpus-luteum-Zellen (Ovar)

Einzelzellen

(diffuses endokrines System)

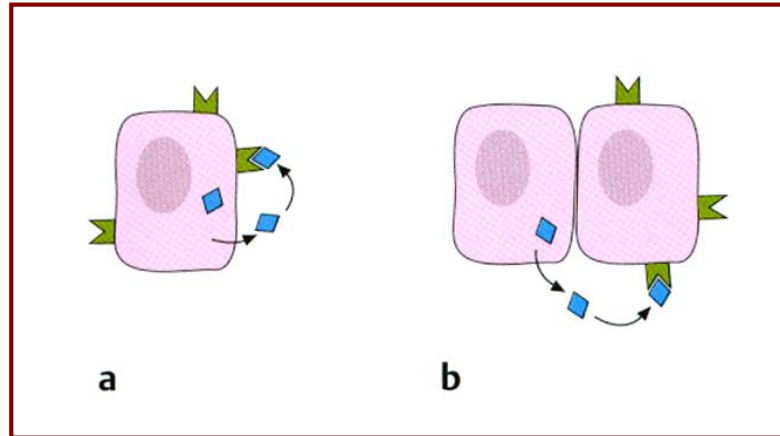


Diffuses endokrines System (DNES)

- die Gesamtheit verstreuter Einzelzellen mit endokriner Funktion im Epithelverband verschiedener Organe
- GEP-System (gastro-entero-pankreatisches endokrines System) → funktionelle Einheit mit dem Pankreas
- Gesamtzellzahl: 3 Milliarden
- = größtes endokrines Organ

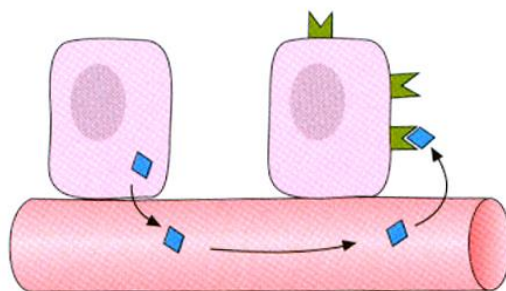
1.3 Arten der hormonvermittelten Informationsübertragung

a) Autokrine Sekretion



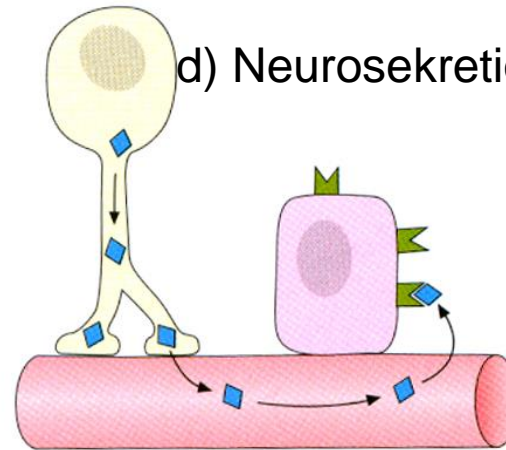
b) Parakrine Sekretion

c) Endokrine Sekretion



c

d) Neurosekretion

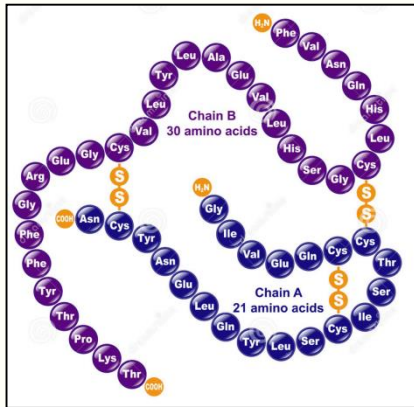


d

1.4 Hormonstoffklassen

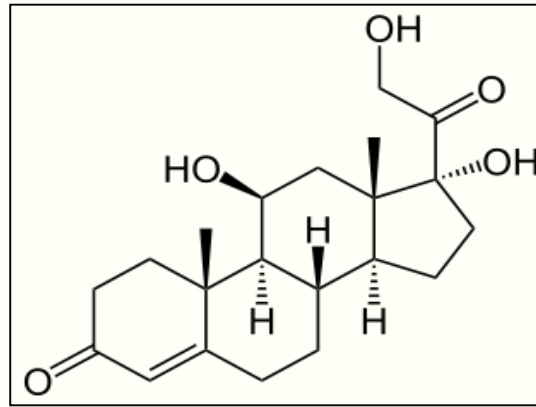
(1) Peptide/Protein

- Bsp: Insulin



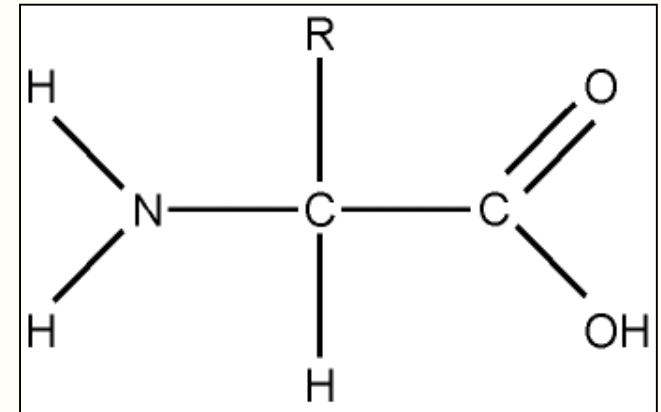
(2) Steroide

-Bsp: Cortisol



(3) Aminosäurederivate

-Bsp: Adrenalin, Thyroxin



(4) Fettsäurederivate

-Bsp.: Prostaglandine

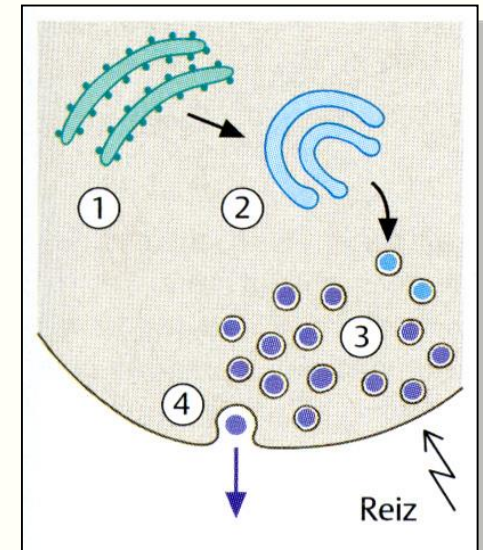
(5) Gase

-Bsp.: NO

1.5 Eigenschaften chemischer Stoffgruppen und ihr Sekretionsmodus

A - Hydrophiler Charakter: **nicht membran-gängig!**

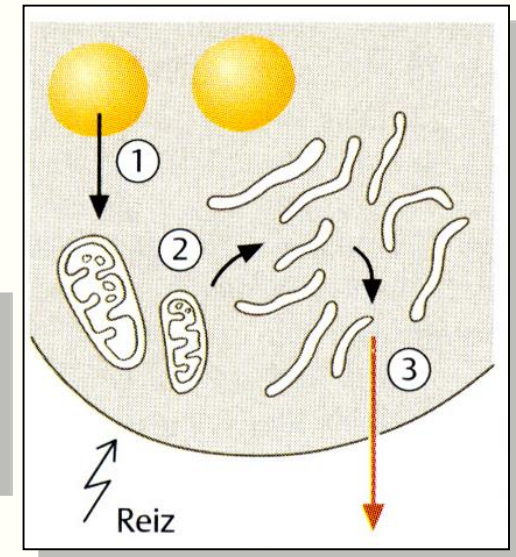
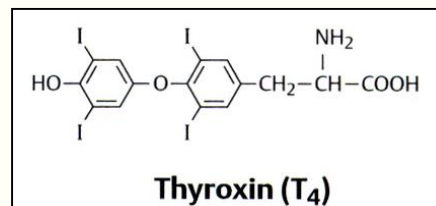
- Bsp.: Insulin, Adrenalin
- Lagerung in Sekretgranula auf Vorrat
- Freisetzung durch Exozytose auf spezifischen Reiz



B - Lipophiler Charakter: **membrangängig!**

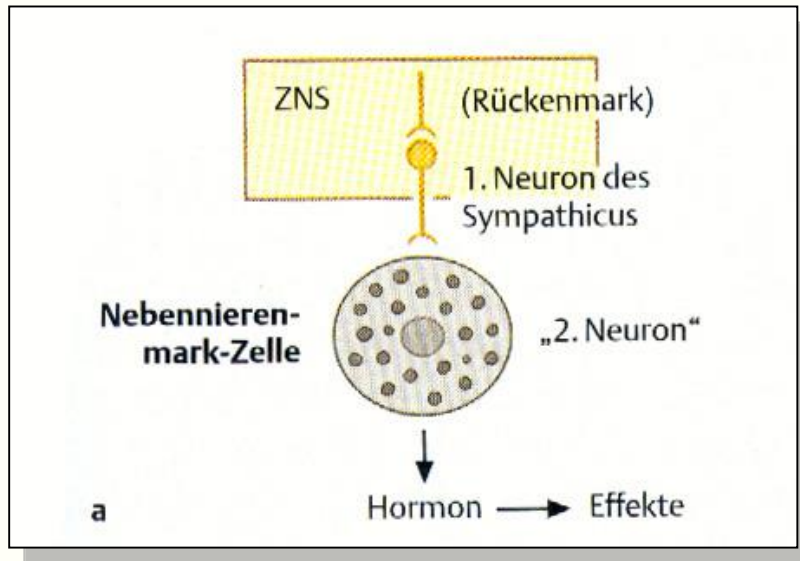
- Bsp.: Steroidhormone
- kaum Hormonvorräte in Zellen
- Synthese akut bei Bedarf
- Ausgangsstoff: Cholesterinester

- Sonderstellung:
→ Speicherung in Schilddrüsenfollikeln

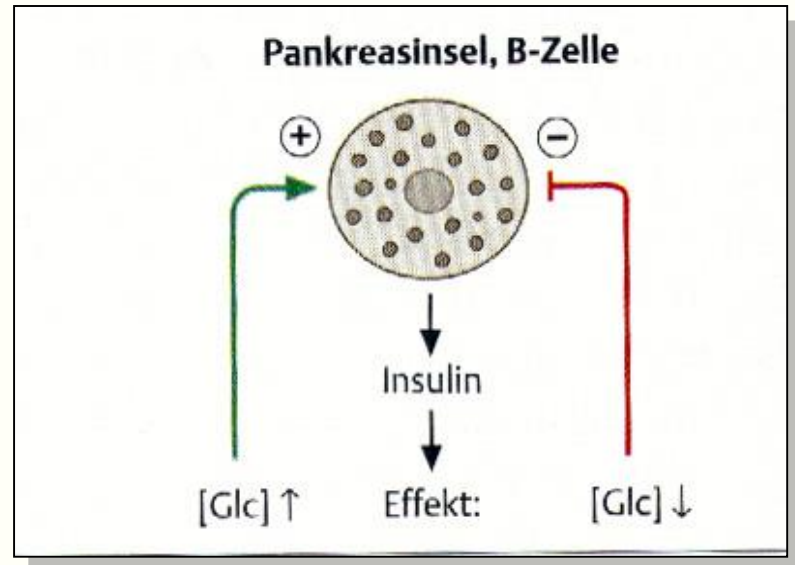


1.6 Regulation endokriner Zellen

a) Innervation

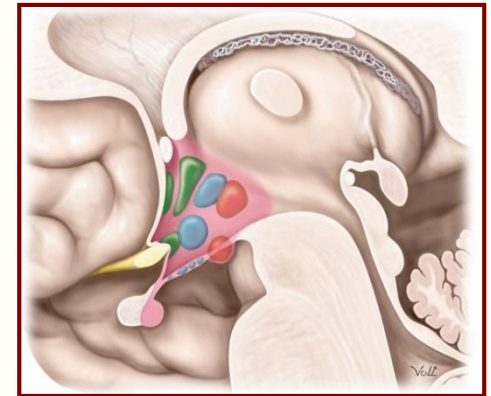
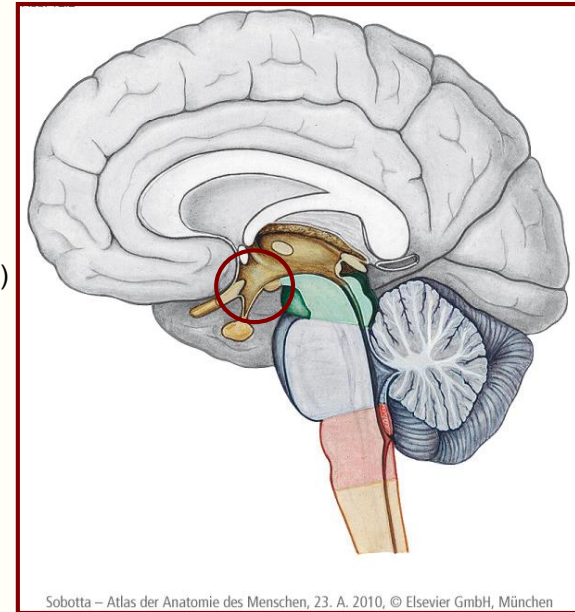
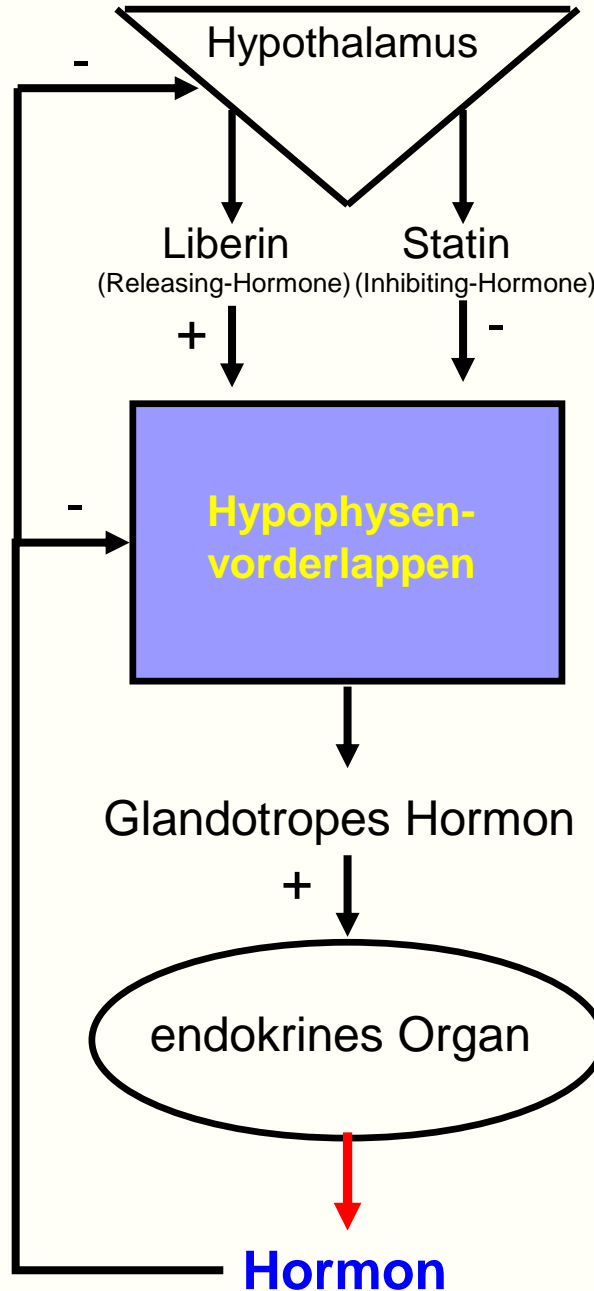


b) Einfache negative Rückkopplung



c) Regulation durch Hormone einer übergeordneten Drüse

→ Diese Achse nimmt eine zentrale Rolle im Hormonsystem des Körpers ein!



→ Der Hypothalamus gehört zum Zwischenhirn.

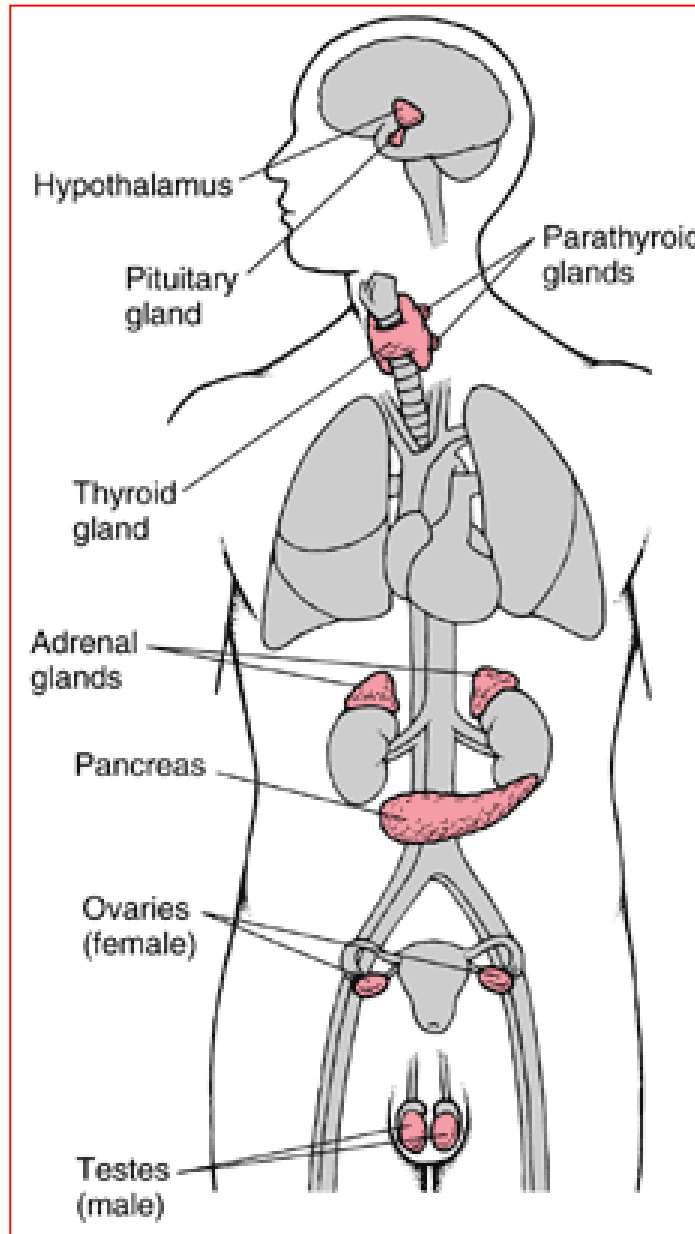
2. Das Hypothalamus- Hypophysen-System

Die wichtigsten endokrinen Drüsen

Hypothalamus
Hypophyse

Schilddrüse
Nebenschilddrüse
Nebenniere
Pankreas

Genitalorgane



Zentrale Kontrollstation

Hormone für metabolische Prozesse

Hormone für das Körperwachstum, und das Sexualverhalten

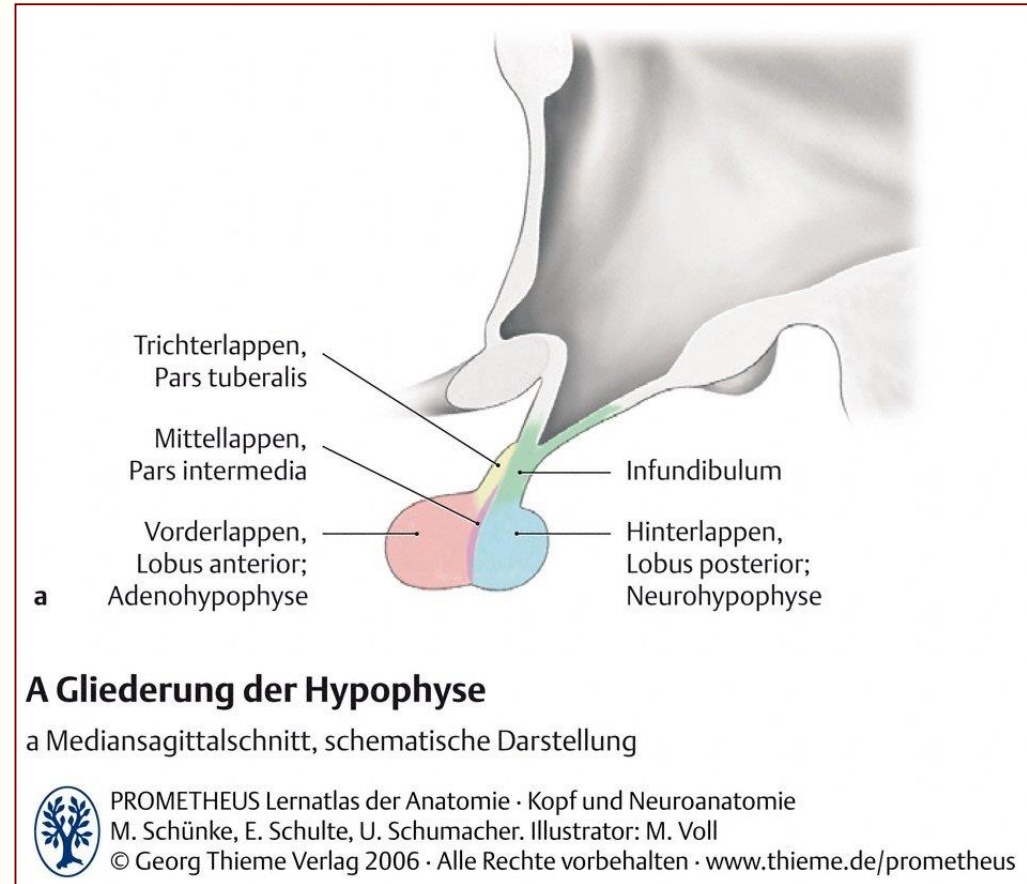
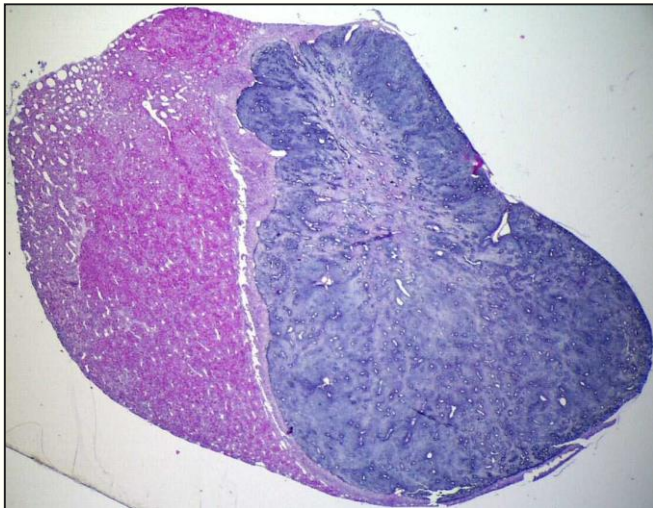
2.1 Gliederung der Hypophyse (Hirnanhangsdrüse)

- Hypophysenvorderlappen

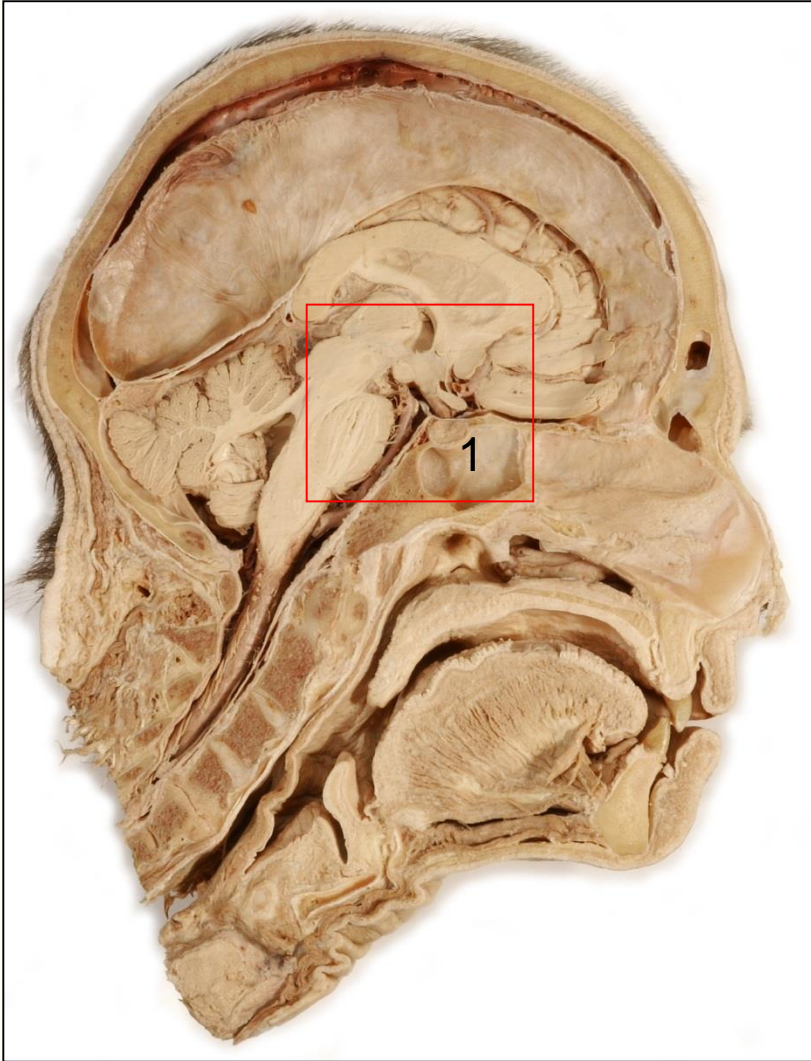
besteht aus epithelartigen
Drüsenzellen

- Hypophysenhinterlappen

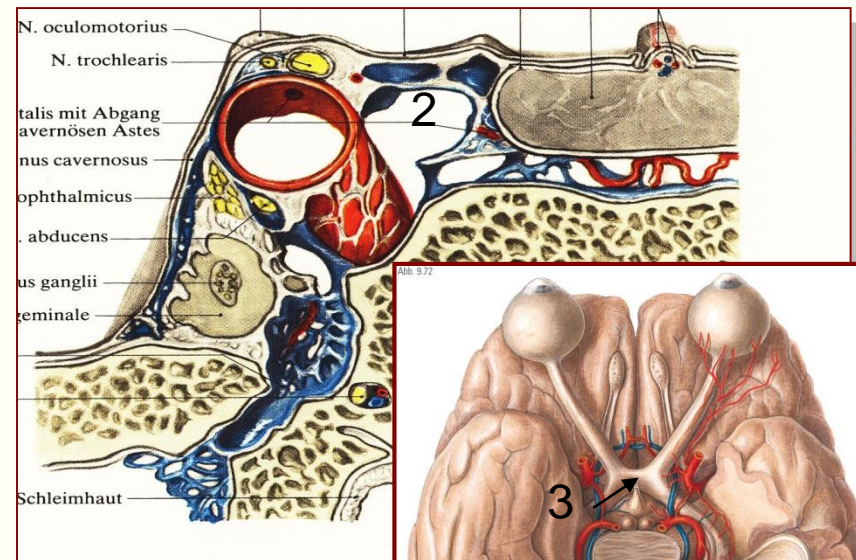
enthält Nervenendigungen
(Axonterminale)



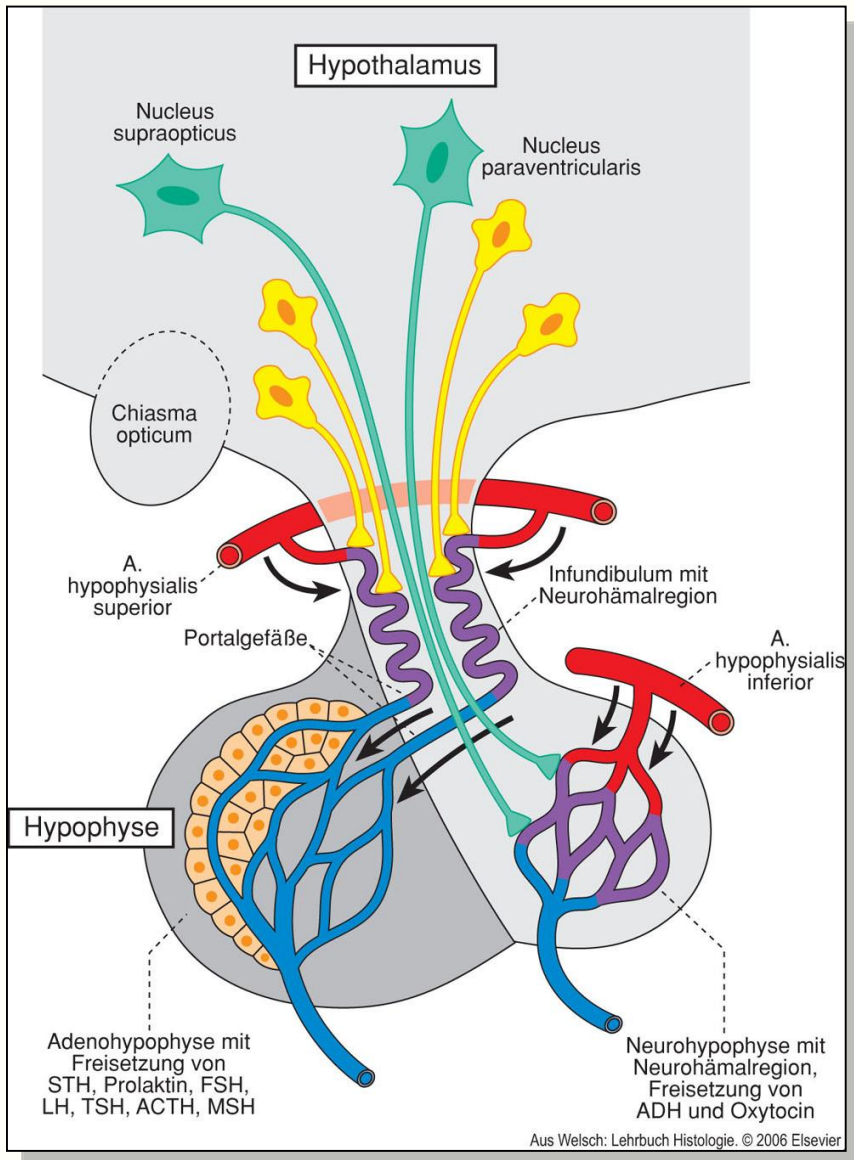
2.2 Topografie der Hypophyse



1. Sinus sphenoidalis (Keilbeinhöhle)
2. Sinus cavernosus
3. Chiasma opticum
(Sehnervenkreuzung)



2.3 Blutversorgung der Hypophyse



-Obere Hypophysenarterie

- Hormone vom Hypothalamus werden in die Eminentia mediana sezerniert und fließen zur Adenohypophyse via Portalvenen in den Plexus venosus

-Untere Hypophysenarterie

- transportiert die Hormone der Neurohypophyse

-Merkmale der Eminentia mediana:

- 1) fenestriertes Kapillarendothel
- 2) viele Nervenendigungen
- 3) Blut-Hirn-Schranke fehlt

2.4 Hormoneinteilung von Hypothalamus und Hypophyse

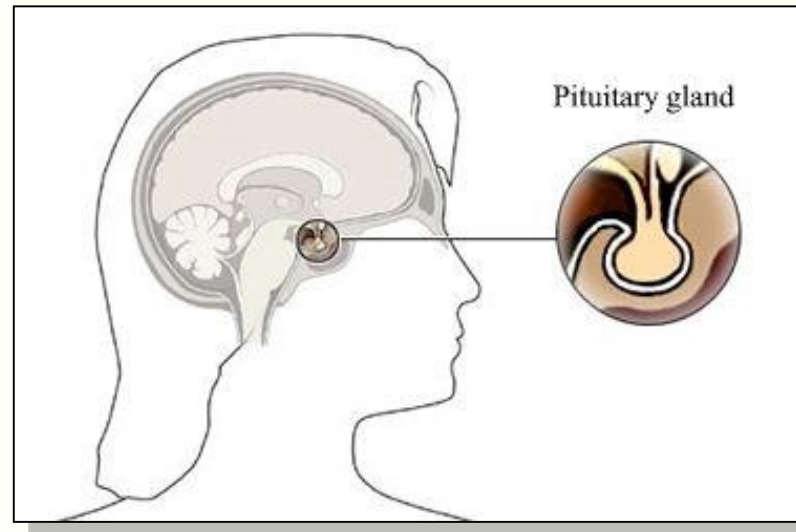
-Synthese und Abgabe von Peptid- und Proteohormonen:

glandotrope Hormone (Steuerhormone)

-wirken auf andere endokrine Drüsen

nicht-glandotrope Hormone (Effektorhormone)

-beeinflussen direkt die Funktion der Zielorgane



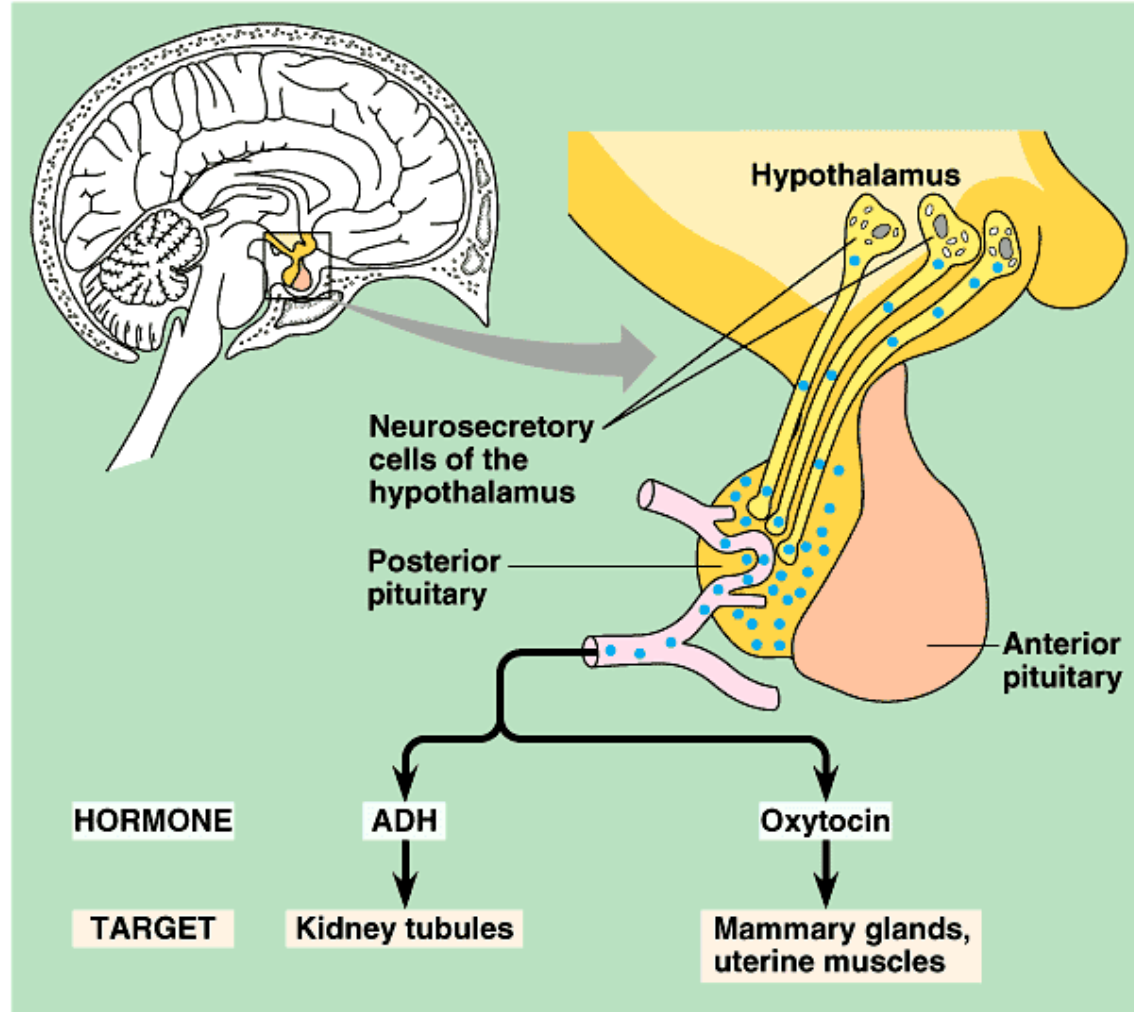
2.5 Hormone des Hypophysenhinterlappens

→ Hormone selbst werden nicht im Hypophysenhinterlappen gebildet!

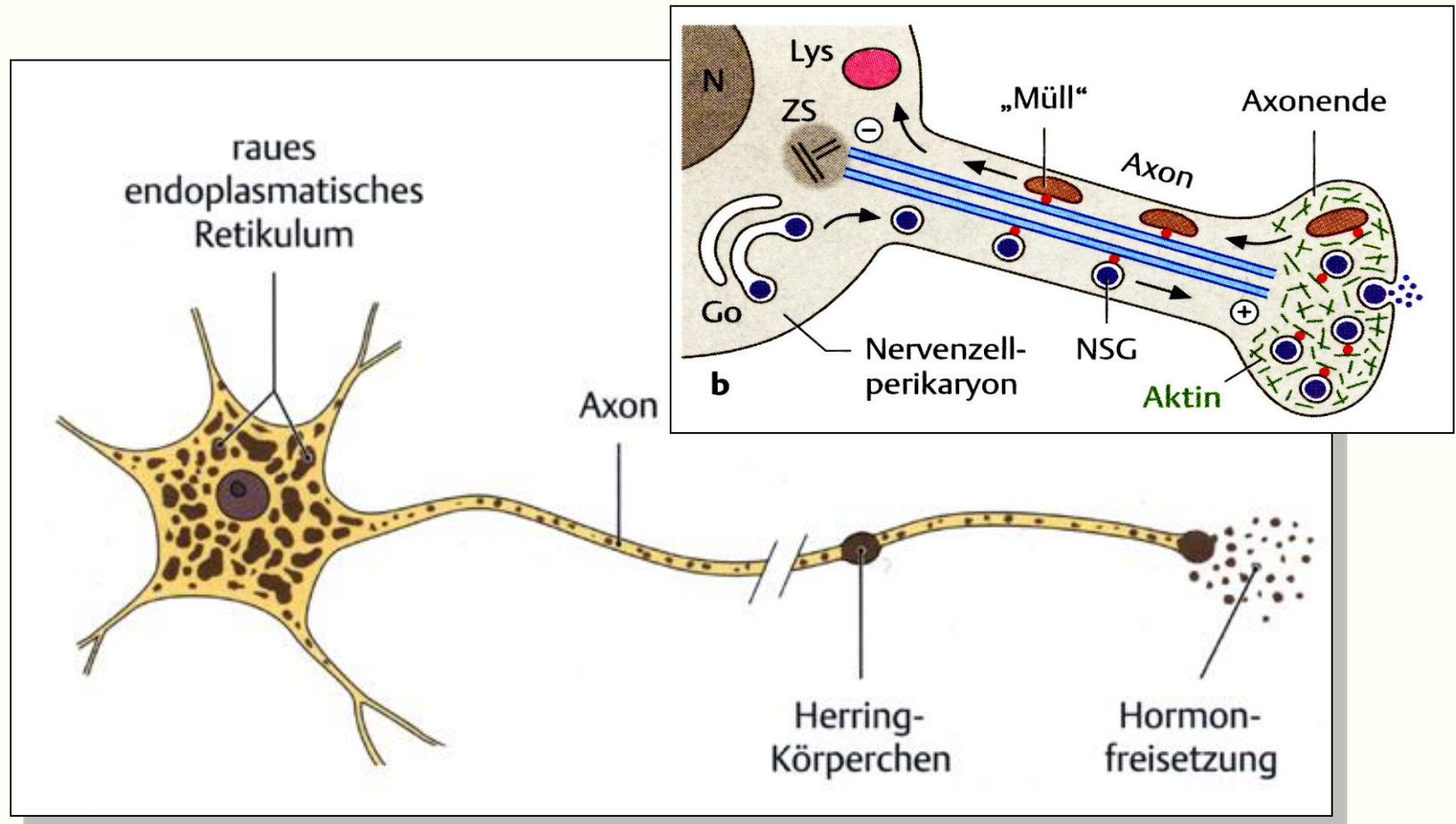
- Zellsomata im Hypothalamus
- Axone in Hypophysenstiel und der Neurohypophyse
- Sekretion von Hormonen aus den Axonterminalen der Neurohypophyse in die Blutbahn

ADH oder Vasopressin:

Antidiuretisches Hormon, führt zur Wasserresorption in der Niere und zur Verengung der Gefäße mit dem Ziel der Blutdrucksteigerung



Axonaler Transport



Herring-Körperchen: Anhäufungen von dicht gepackten Hormon-haltigen Sekretvesikeln

2.6 Der Hypophysenvorderlappen

acidophile

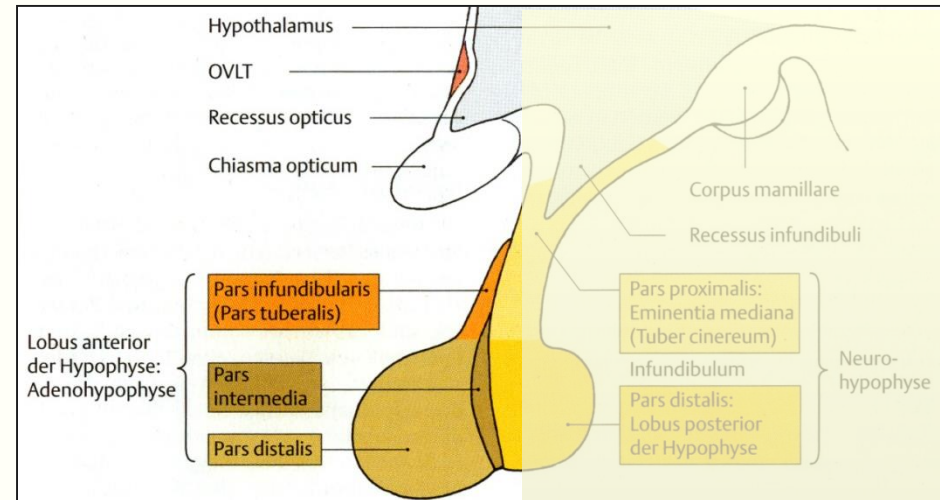
nicht-glandotrophe Hormone
Somatotropin, Prolactin

basophile

glandotrophe Hormone
ACTH, TSH, FSH, LH, MSH

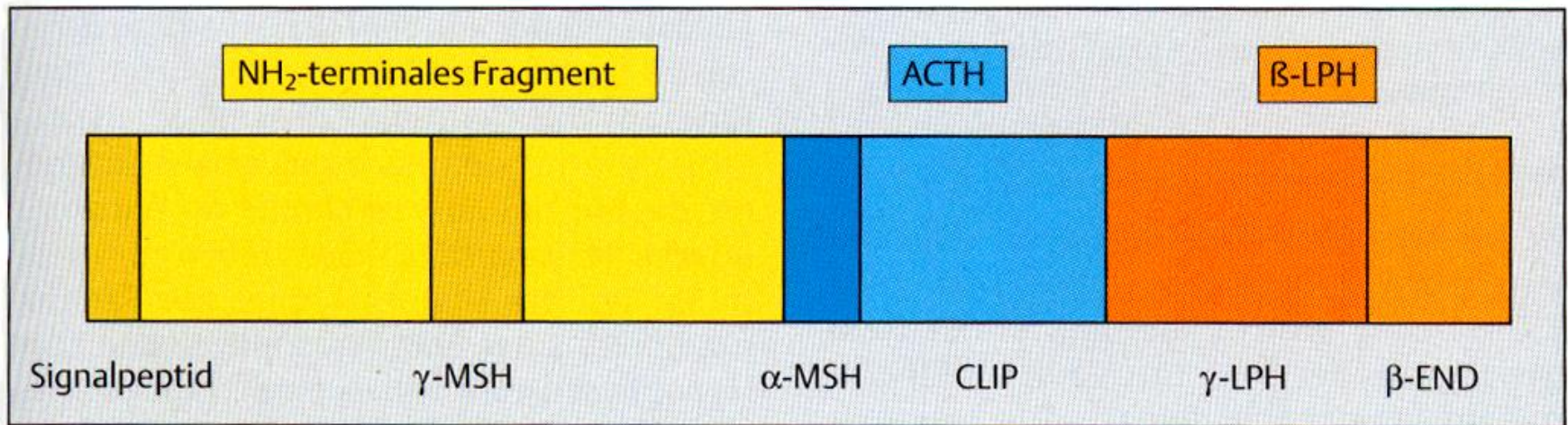
chromophobe

Stammzellen o.
entleerte Zellen



Das Proopimelanocortin (POMC)

→ Peptidhormone werden als Vorläufermolekül synthetisiert

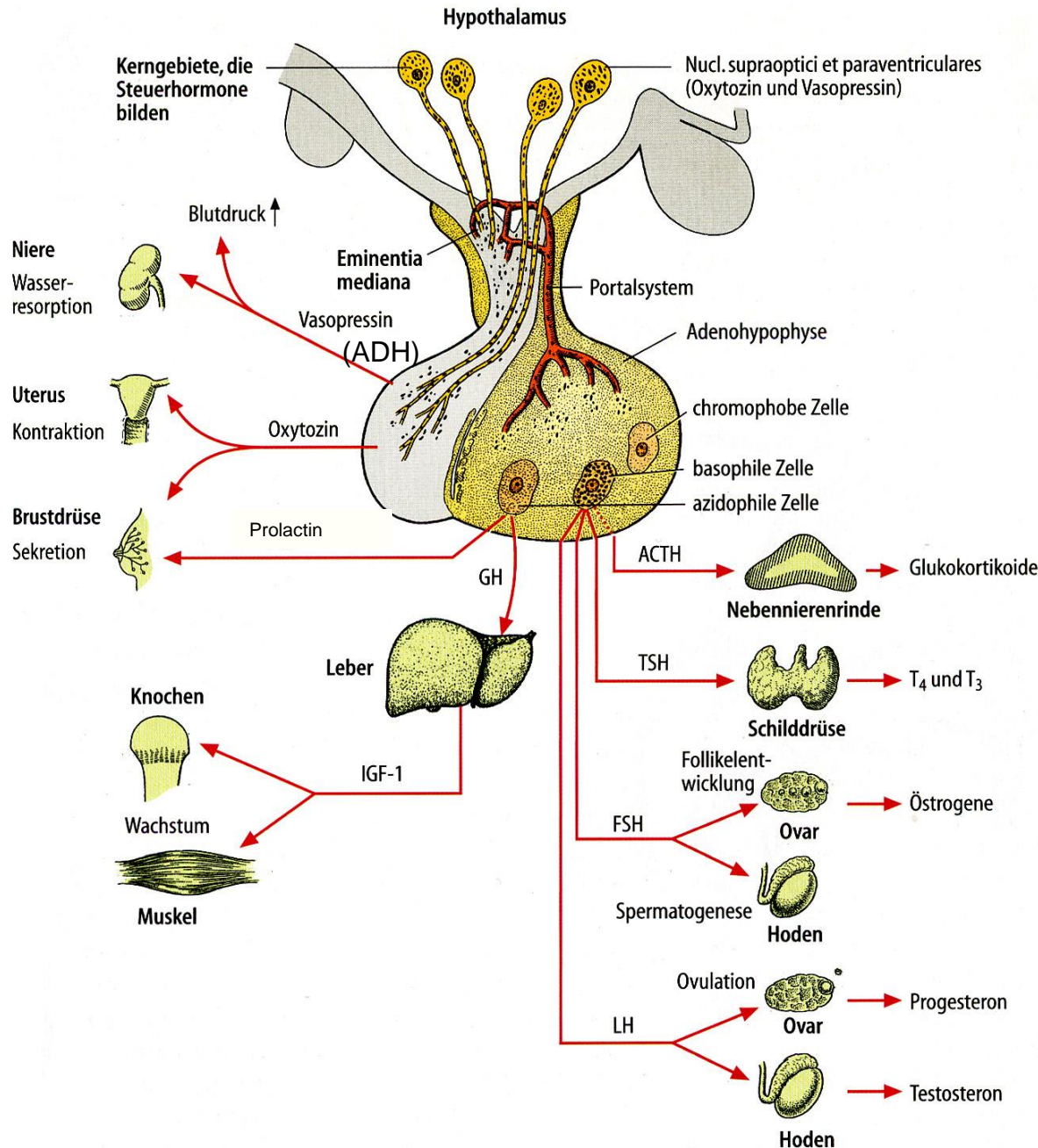


5 Pro-Opiomelanocortin (POMC)-Muttermolekül

Senkrechte Striche: Basische Aminosäurepaare, Abspaltung aktiver Peptidhormone

- MSH** Melanozyten-stimulierendes Hormon
- ACTH** Adrenocorticotropes Hormon (Corticotropin)
- CLIP** Corticotropin-like intermediate lobe peptide
- LPH** Lipotropes Hormon
- END** Endorphin

Hypothalamus-Hypophysen-System



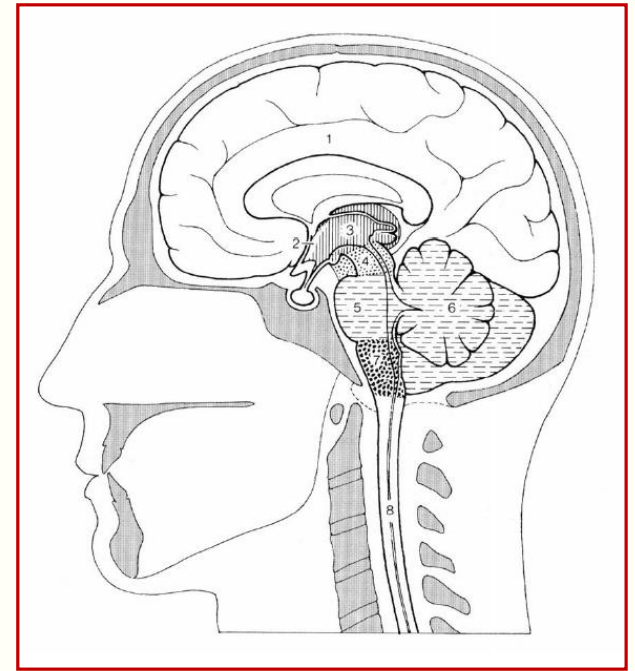
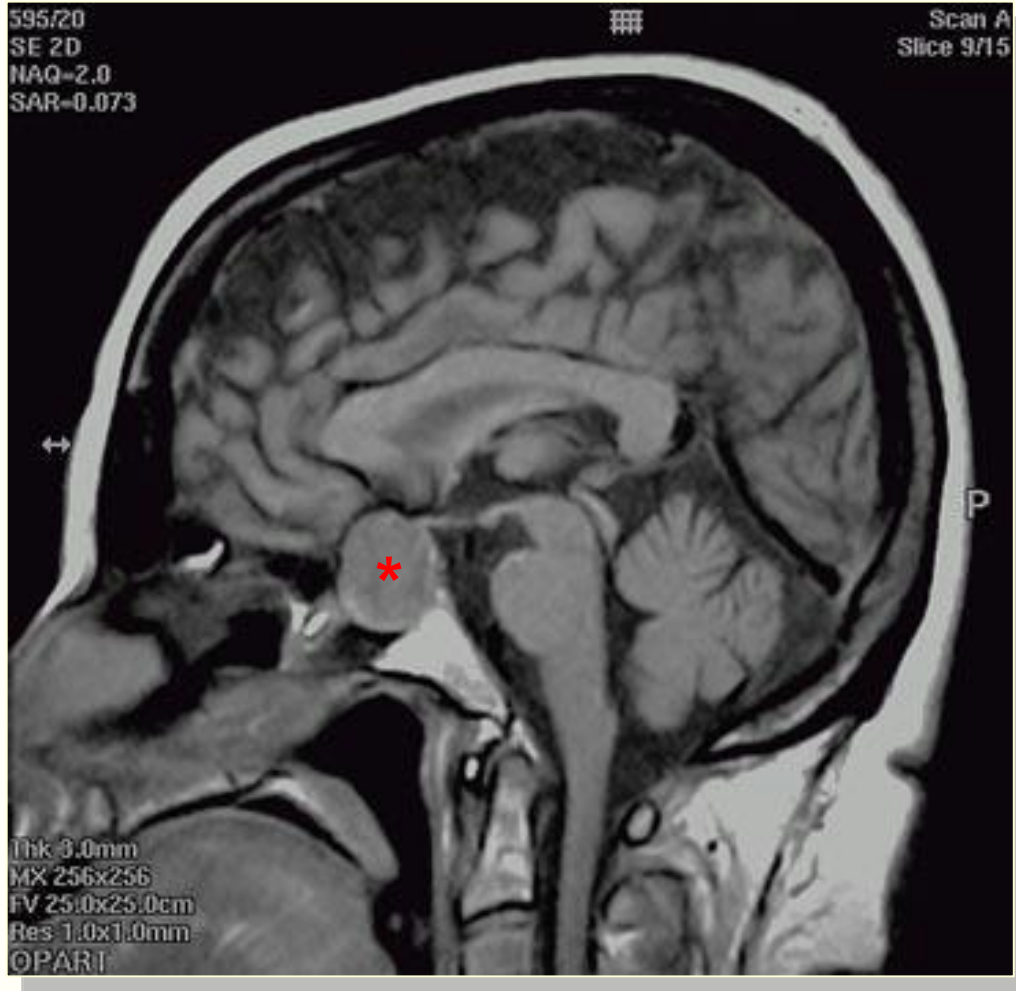
ACTH:
Adrenocorticotropes H.
(Synonym: Adrenocorticotropin)
TSH:
Thyreoidea stimulierendes H.

FSH:
Follikel stimulierendes H.

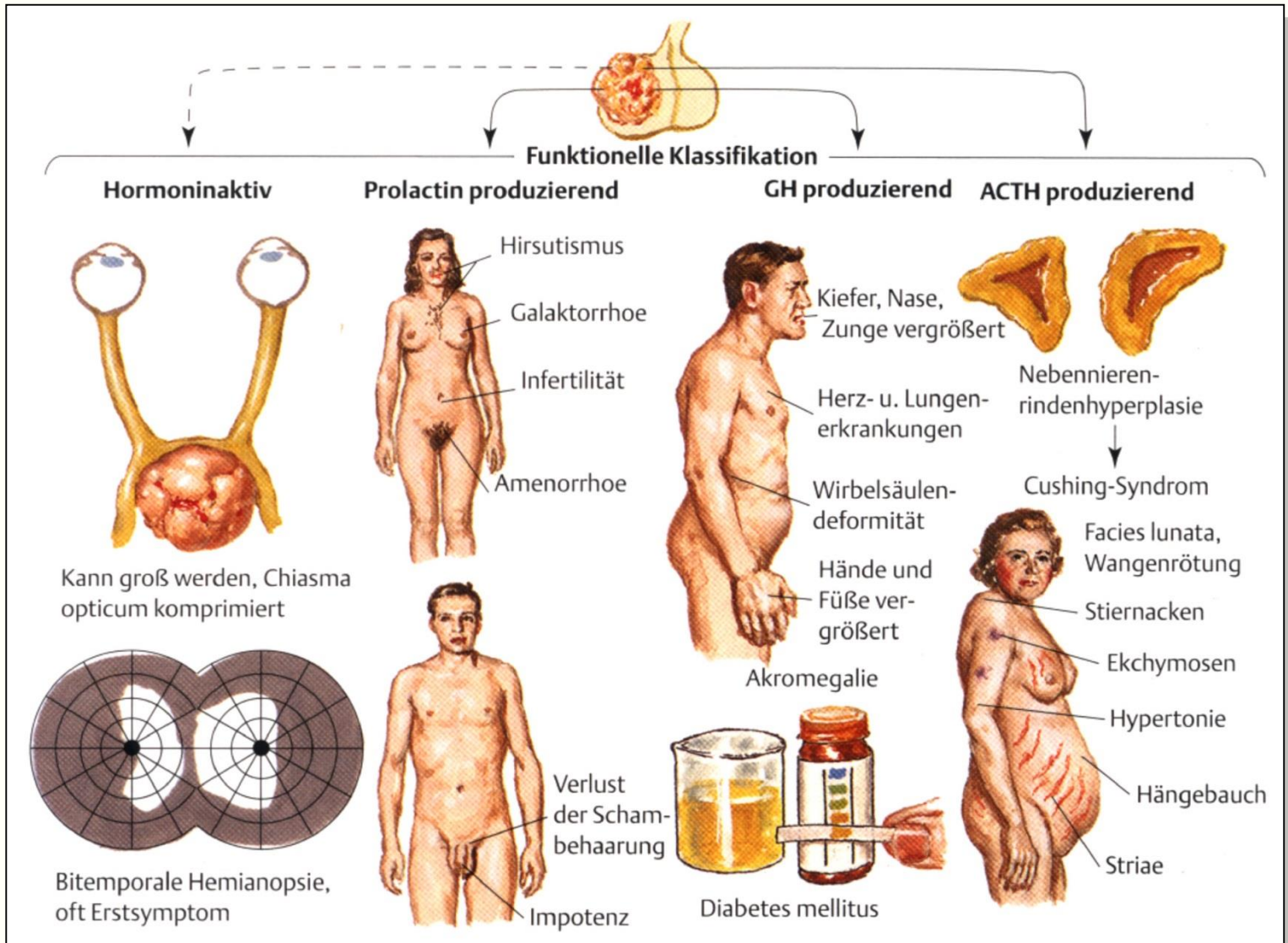
LH:
Luteinisierendes Hormon

GH (STH):
Growth Hormone oder
Somatotropes Hormon oder
Somatotropin

Hypophysentumor



Klinische Symptome von Hypophysentumoren



3. Die Schilddrüse

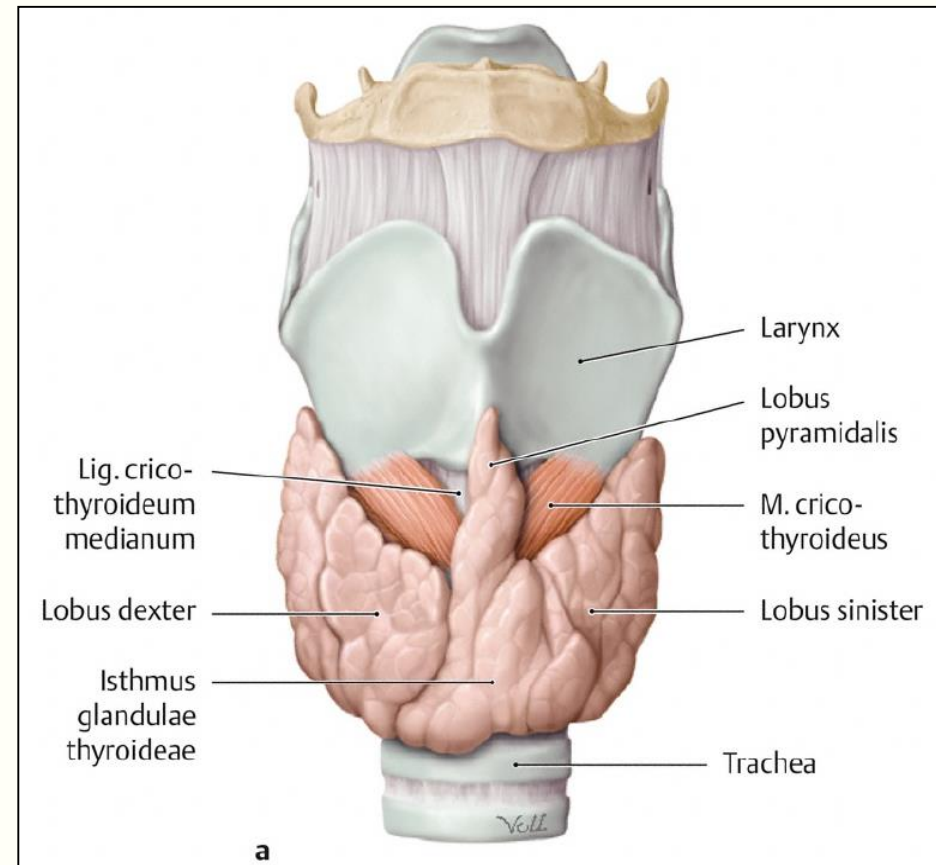
Lage der Schilddrüse

Lage: Höhe des 1.-4. Knorpels der Luftröhre

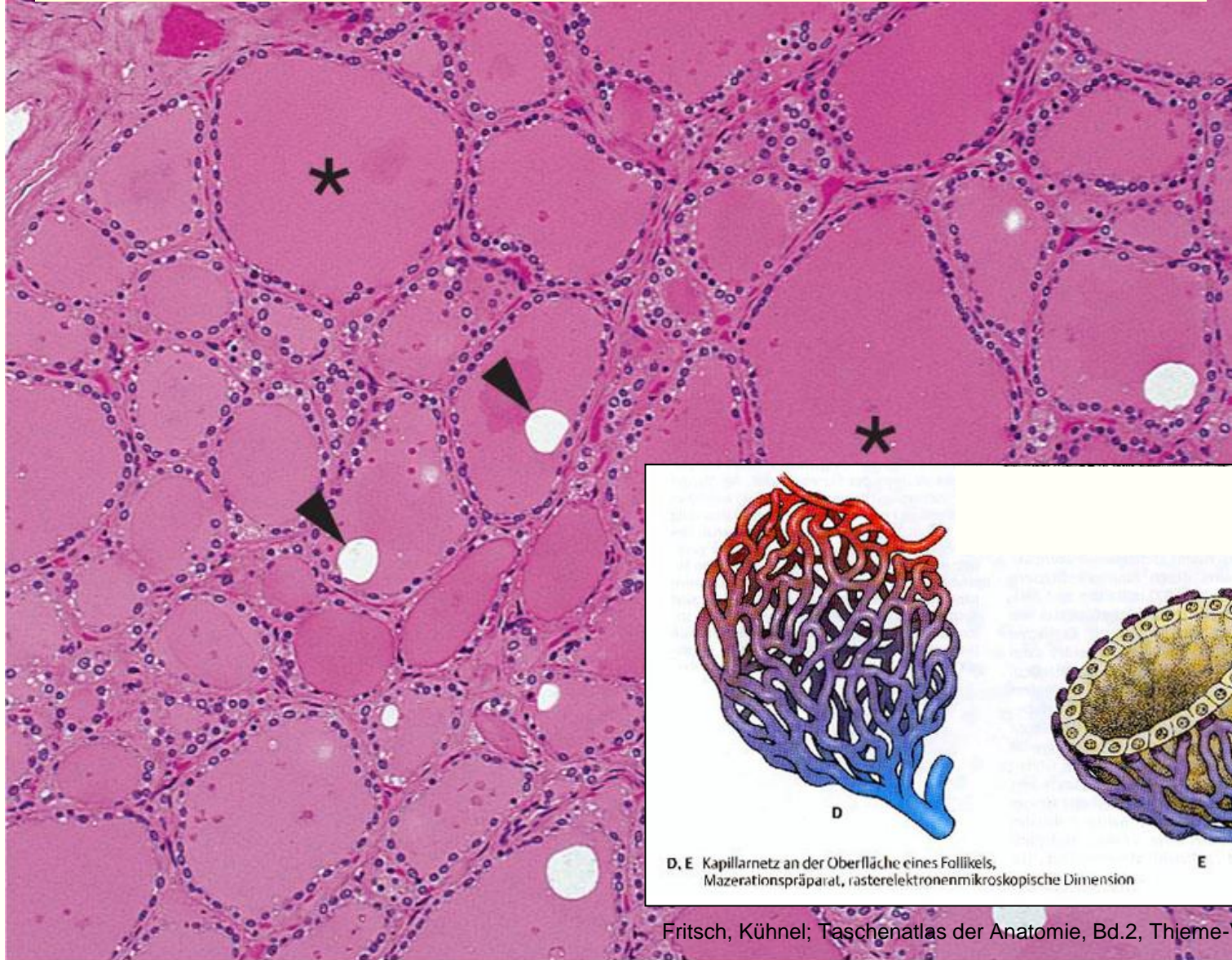
Gewicht: 20 – 60 g schwer

Anteile: rechter und linker Lappen
Pyramidallappen
Isthmus

Funktion: Synthese von Thyroxin (T_4)
und Trijodthyronin (T_3)

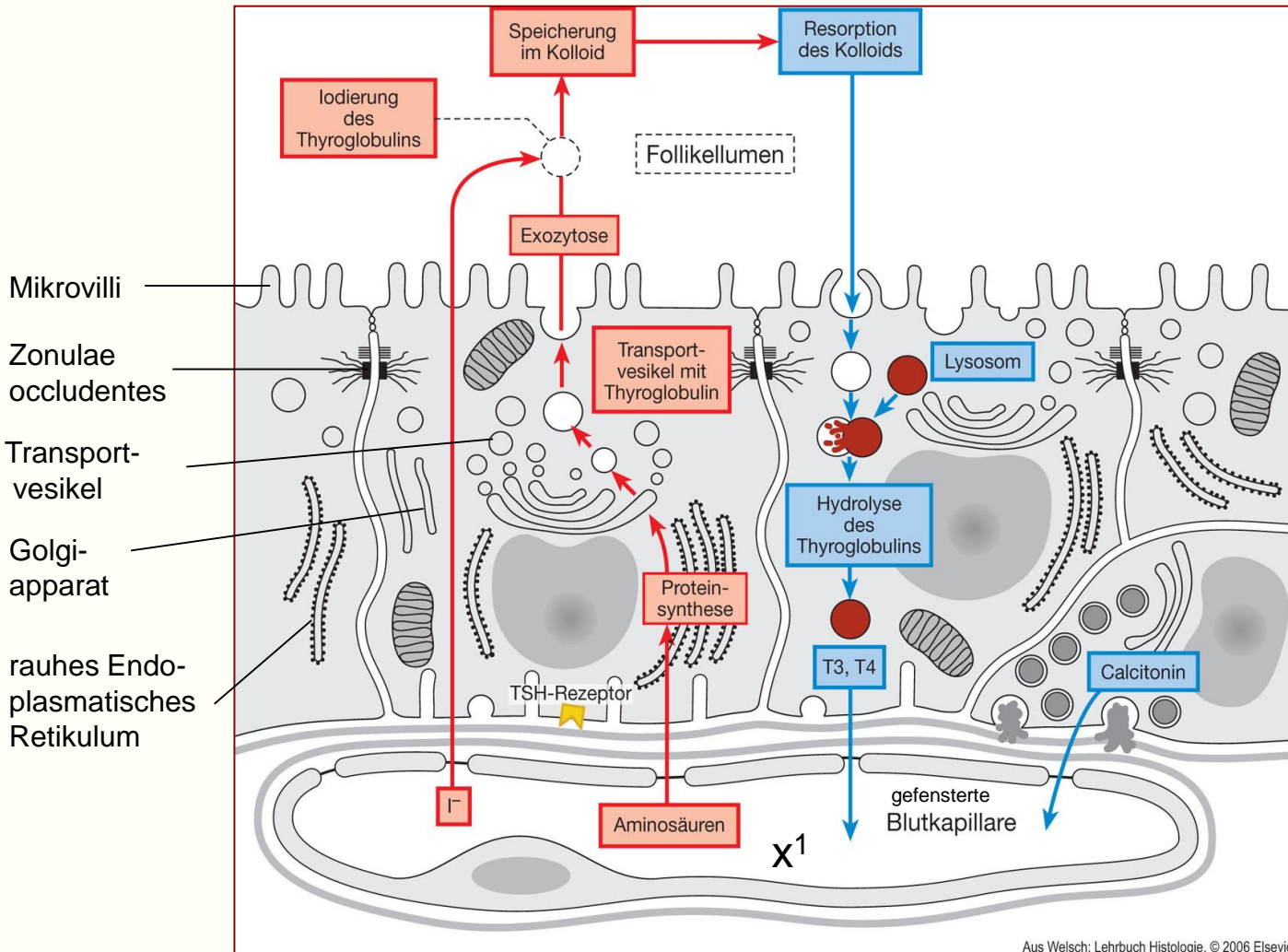


Schilddrüsenfollikel



Fritsch, Kühnel; Taschenatlas der Anatomie, Bd.2, Thieme-Verlag 2001

Struktur und Funktion der Follikel



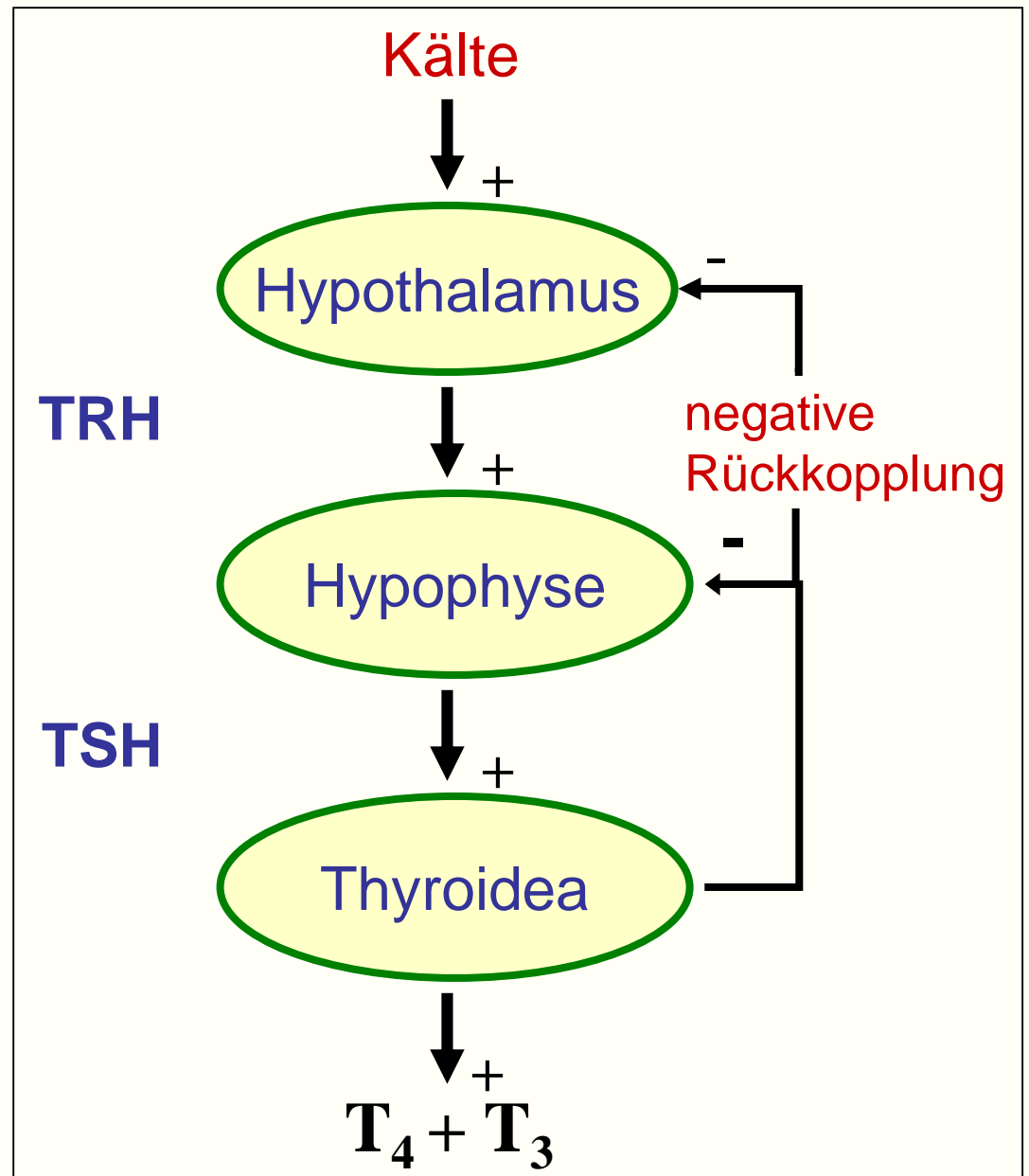
x^1
T3 u. T4 werden
überwiegend an
Plasmaproteine
gebunden

→ Thyroxin bindendes
Globulin (TBG)
→ Albumine

Regulation der Schilddrüsenfunktion

TRH : Thyrotropin releasing hormone

TSH: Thyroidea-stimulierendes Hormon



T₄

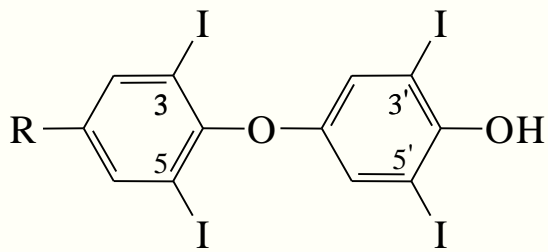
Konzentrationsverhältnis

T₃

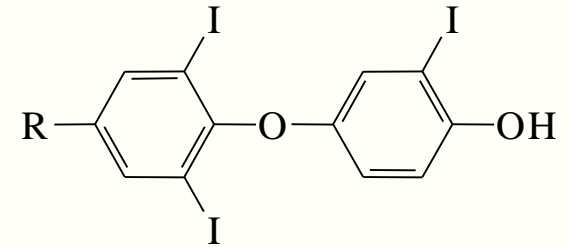
40

:

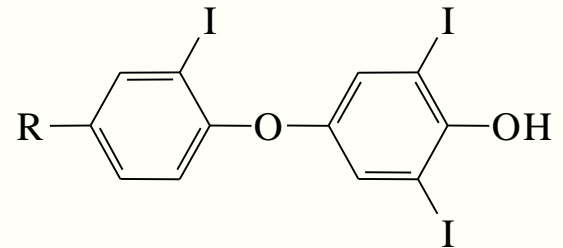
1



5'-Deiodase



5-Deiodase



rT₃

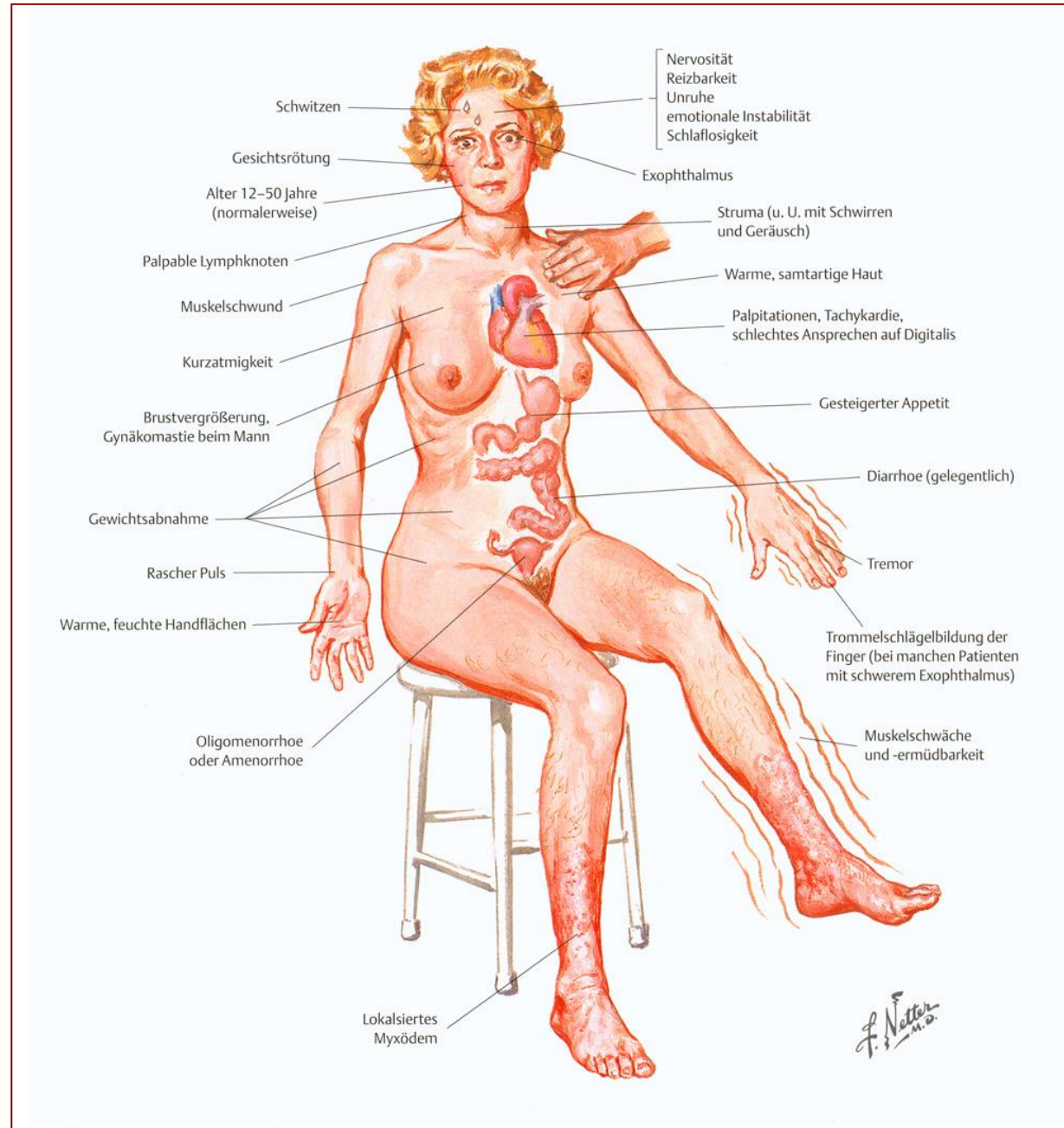
Fallbeispiel

Diagnose:
Morbus Basedow

Ursache:
Bildung von TSH-Rezeptor-
autoantikörpern (TRAK)

Merseburger Trias:

- 1) Struma
- 2) Tachykardie
- 3) Exophthalmus

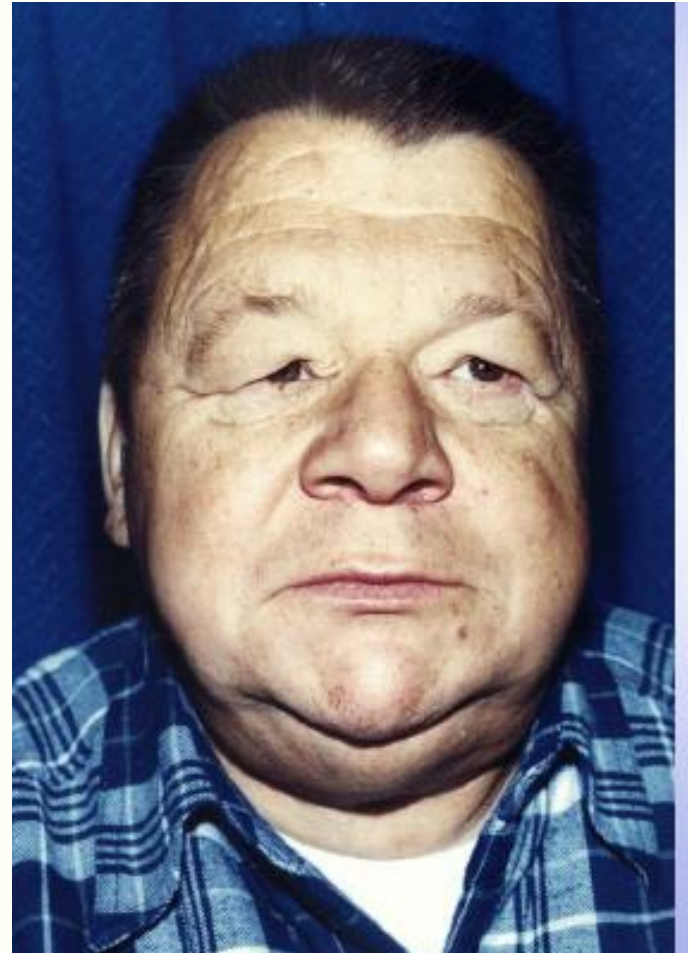


Hypothyreose bei z.B. Hashimoto-Thyreoiditis

Symptome:

- Müdigkeit
- Kälteempfindlichkeit
- allgemeine
Verlangsamung
- Myxödem

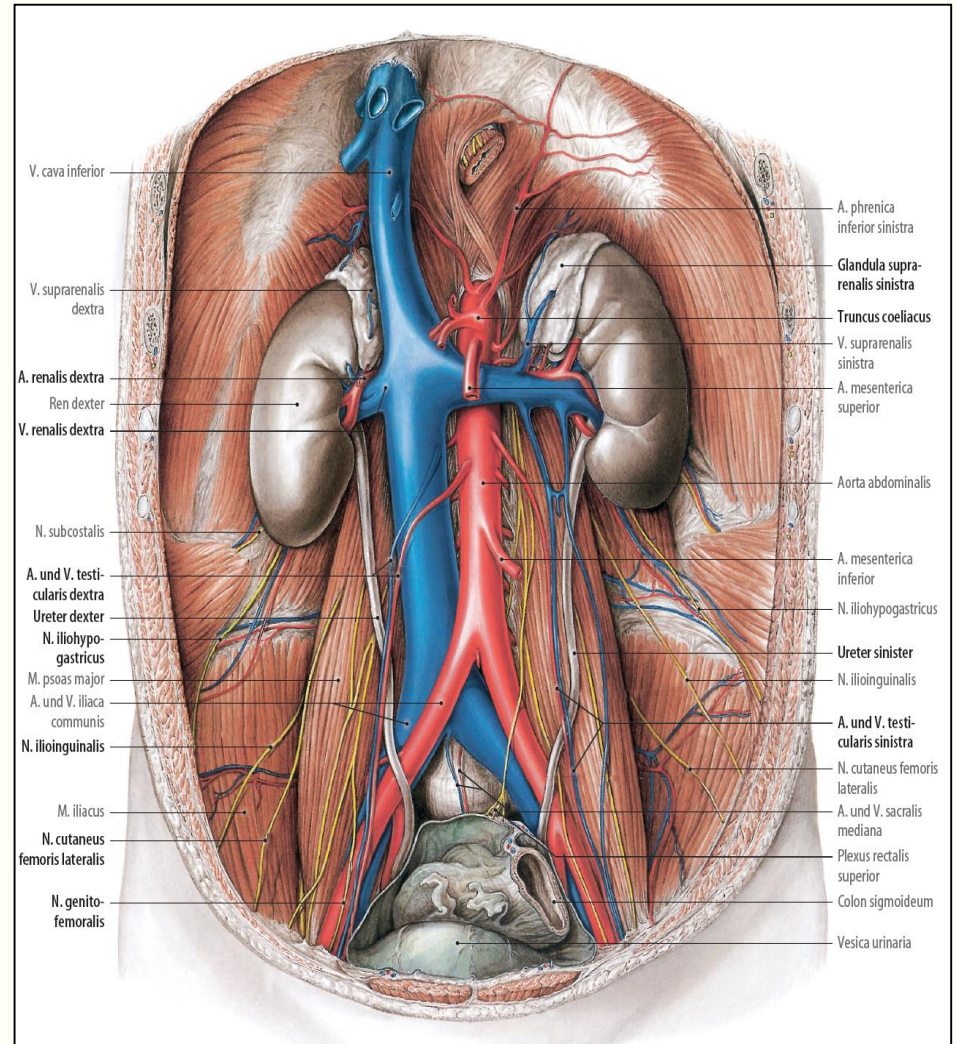
Behandlung mit Thyroxin



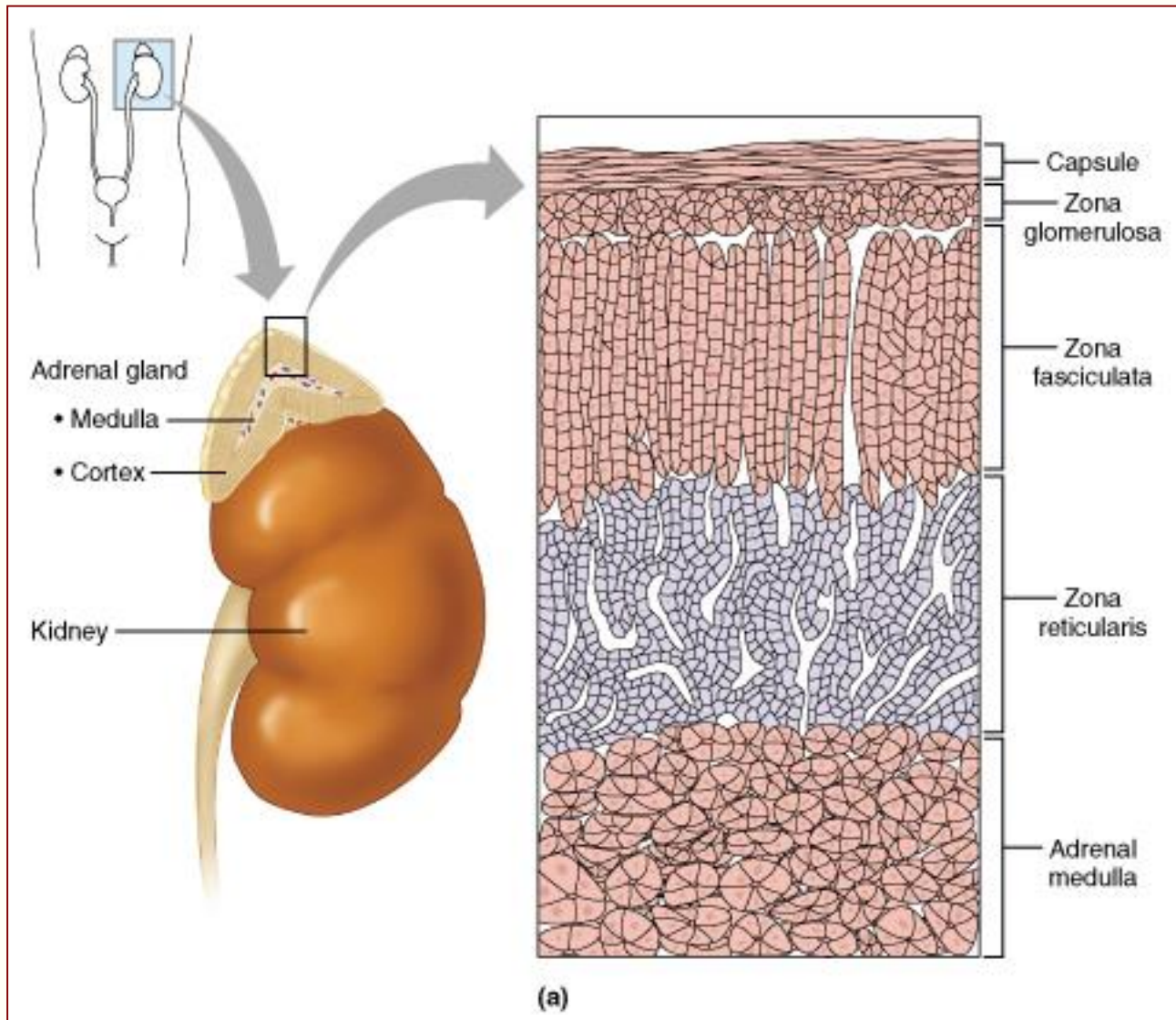
4. Die Nebenniere

Lage der Nebenniere im Retroperitonealraum

- Gewicht: 4 g
- Blutversorgung über Äste
 - aus der Aorta abdominalis
 - aus der A. renalis
 - aus der A. phrenica inferior

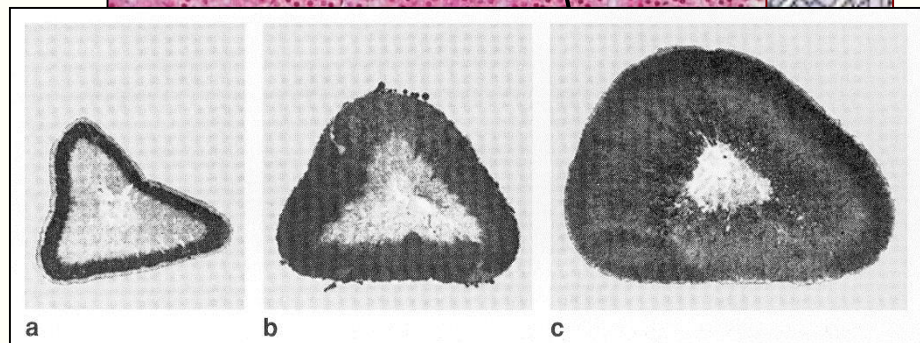
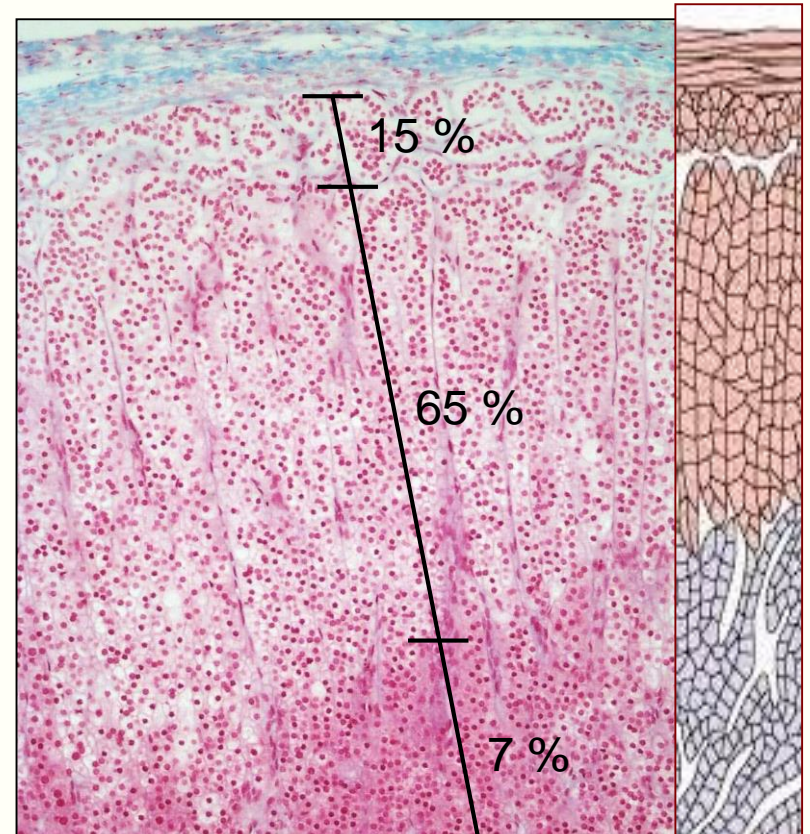


Die Nebenniere

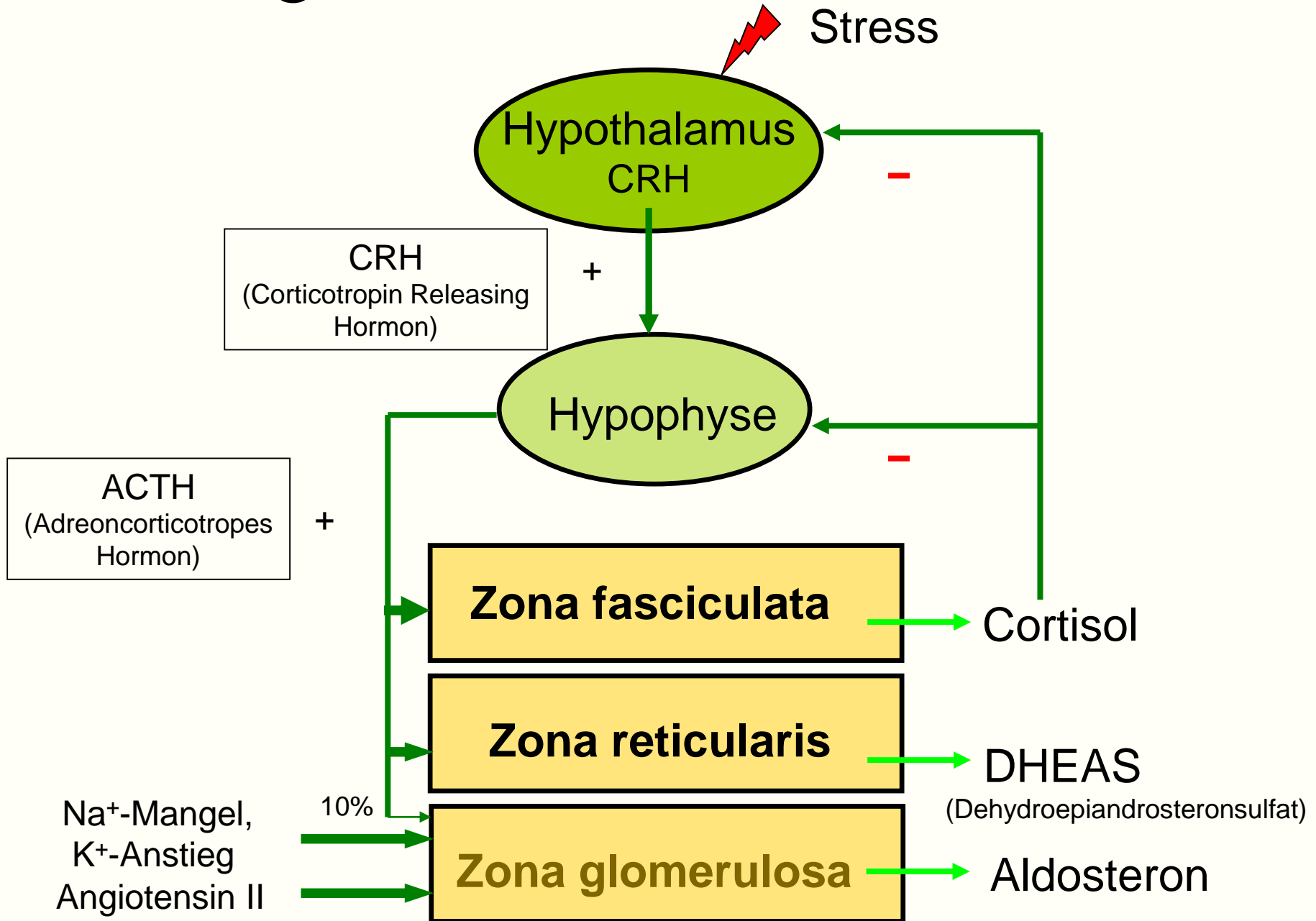


Die Nebennierenrinde

- 3 Schichten; beim Menschen nicht immer leicht zu unterscheiden
 - **Zona glomerulosa**: außen
Aldosteron- und Mineralocorticoid-Produktion, Regulation des Wasserhaushalts
 - **Zona fasciculata**: mittig
Glucocorticoid-Produktion, Regulation des katabolen Metabolismus
 - **Zona reticularis**: innen
Androgen-Produktion, Regulation sekundärer Geschlechtsmerkmale



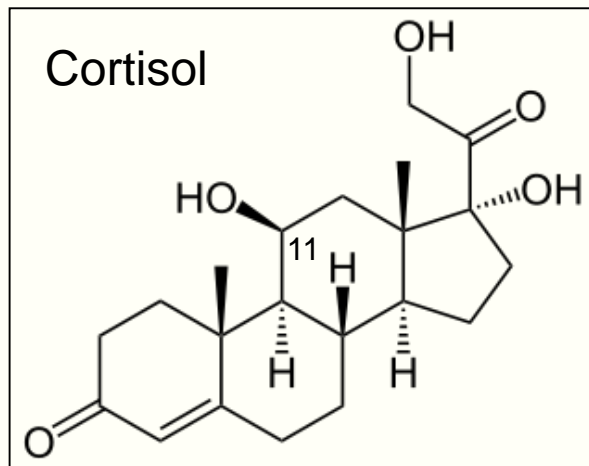
Regulationsmechanismen



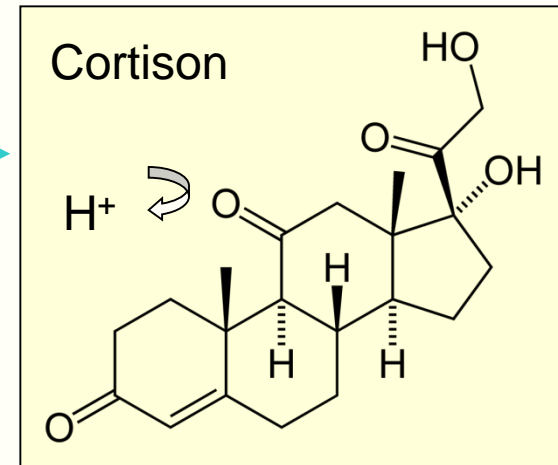
Unterschied Cortisol - Cortison

Gemeinsamkeiten: - Steroide mit 4 Karbonringen
- lipophil

Unterschiede: - in der Struktur und Funktion



Oxydation
11-Beta-
Hydroxysteroid
Dehydrogenase



- aktive Form mit breitem
Wirkungsspektrum
- Inaktivierung zu Cortison in
Niere und Darm

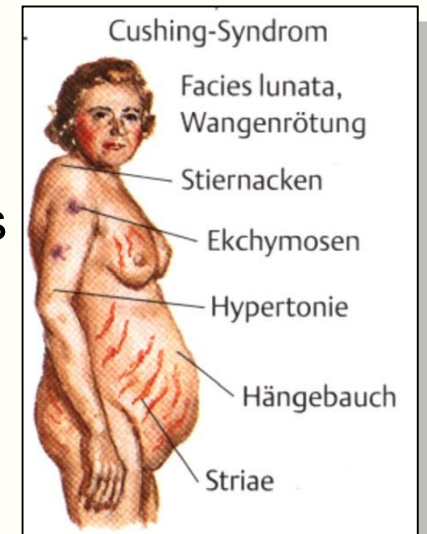
- inaktive Form des Cortisols
- keine Rezeptorbindung

Funktion von Cortisol

- Stresshormon
- **entzündungshemmend**
- **immunsuppressiv**
- Förderung der Glukoneogenese
- Förderung der Lipolyse in der Peripherie
- Hemmung der Calziumaufnahme
- Natrium- und Wasserretention
- Expression unterliegt zirkadianer Rhythmik

Morbus Cushing Hyperkortisolismus

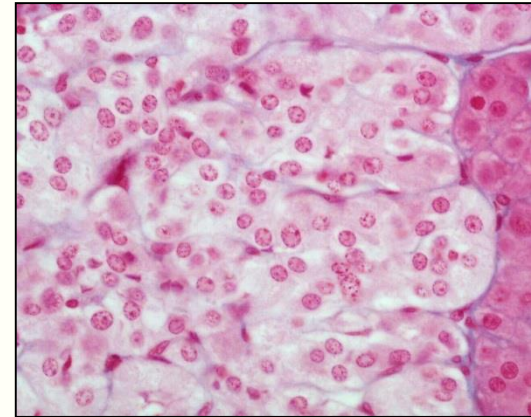
- Stammfettsucht
- Stiernacken
- Diabetes mellitus
- Bluthochdruck
- Osteoporose
- Depressionen



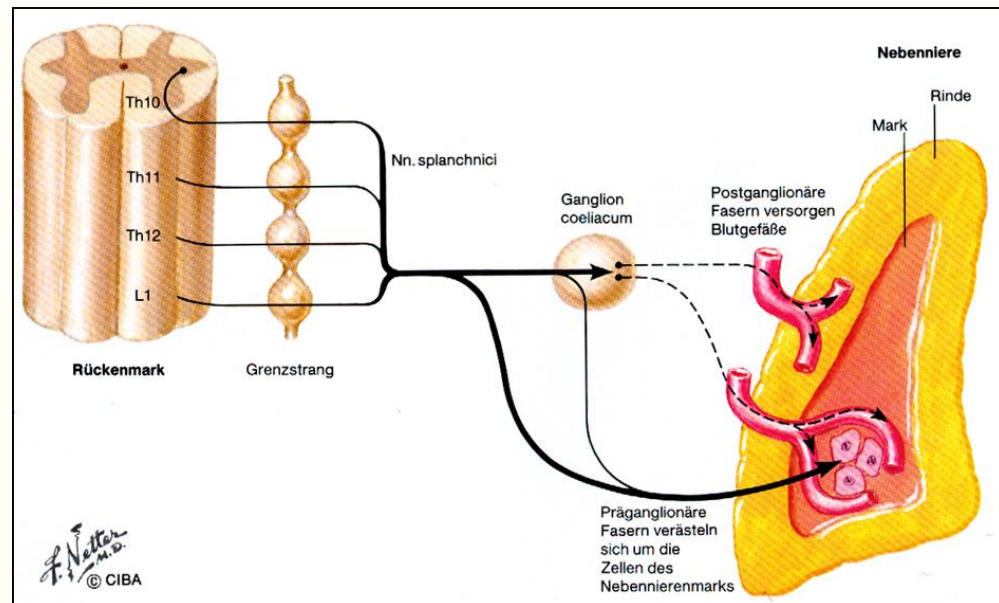
Patientin mit Hyperkortisolismus (Cushing-Syndrom).

Das Nebennierenmark

- Aktivierung durch den Sympathikus
- Produktion des Hormons Adrenalin
- Regulation von
 - Gefäßstellung
 - Blutdruck
 - Herzfrequenz
 - Blutzucker



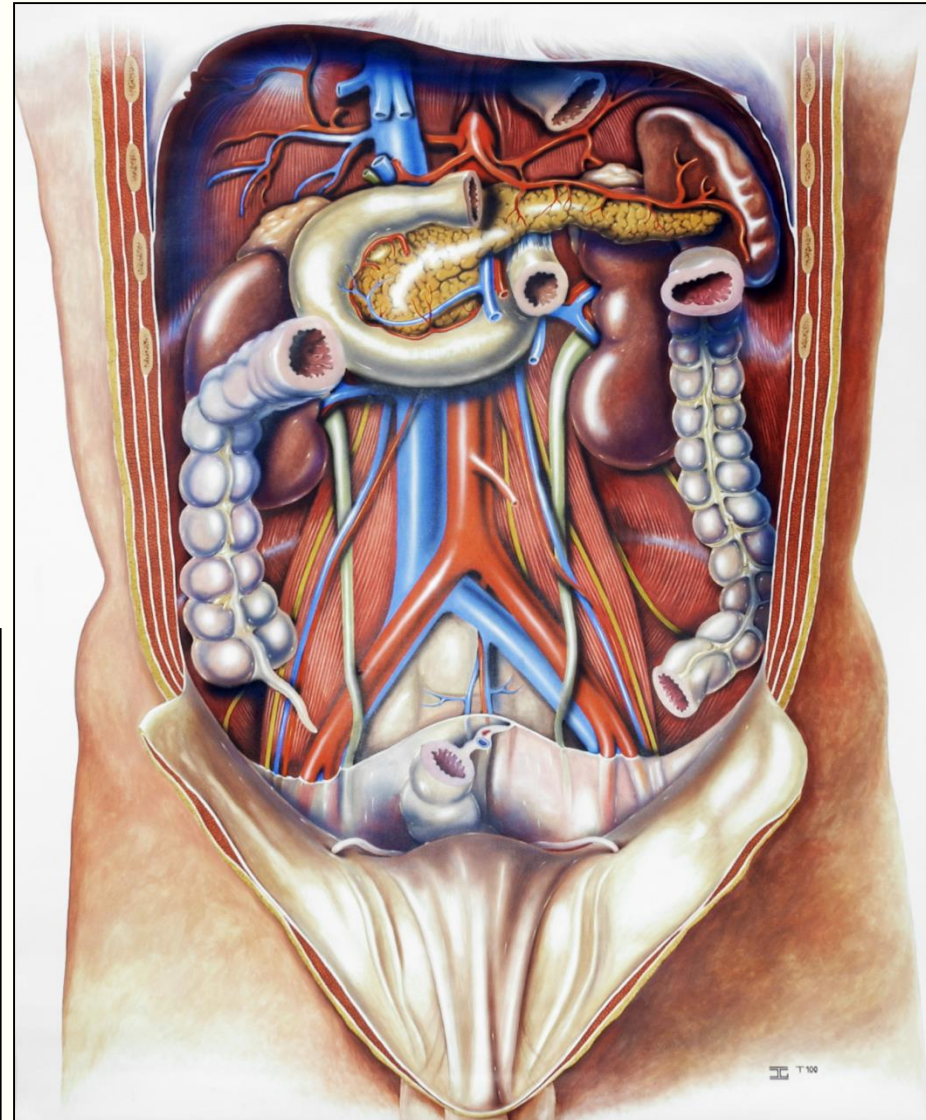
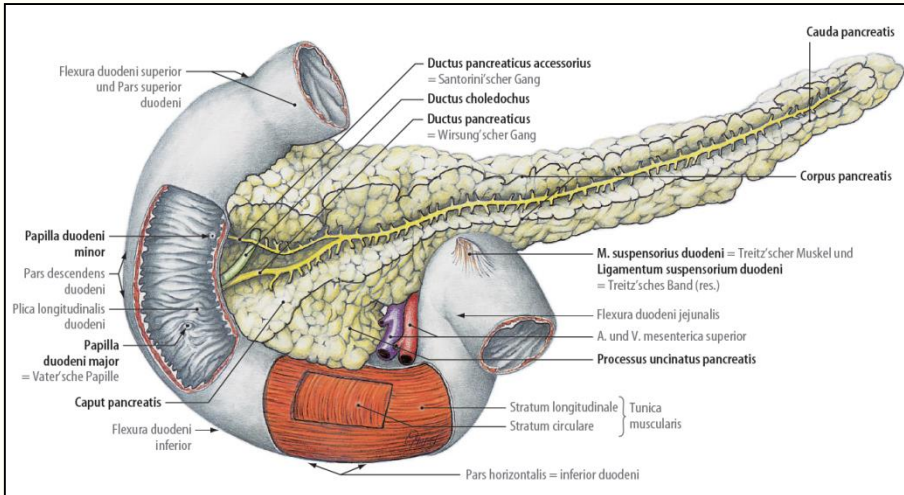
Jankowski, Bonn, 2006



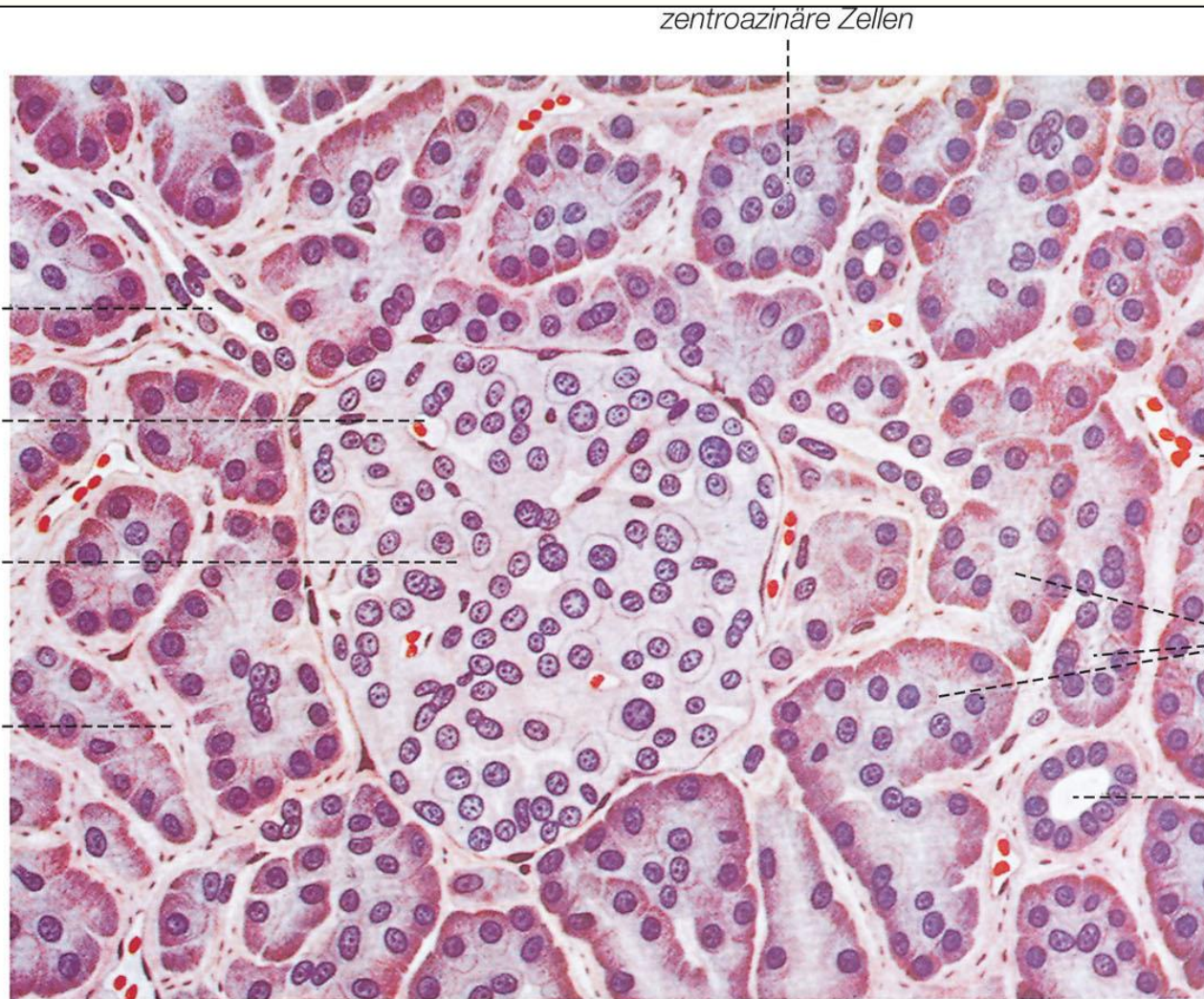
5. Das Pankreas

5.1 Lage des Pankreas

- 14 - 18 cm lang
- 65 - 80 g schwer, davon **2% Inselorgan**
= 1 Million Inseln beim Erwachsenen
- Cauda pancreatis
→ größte Dichte der Inseln



5.2 Histologie des Pankreas



zentroazinäre Zellen

längs geschnittenes Schaltstück

Inselkapillare

Langerhans-Insel

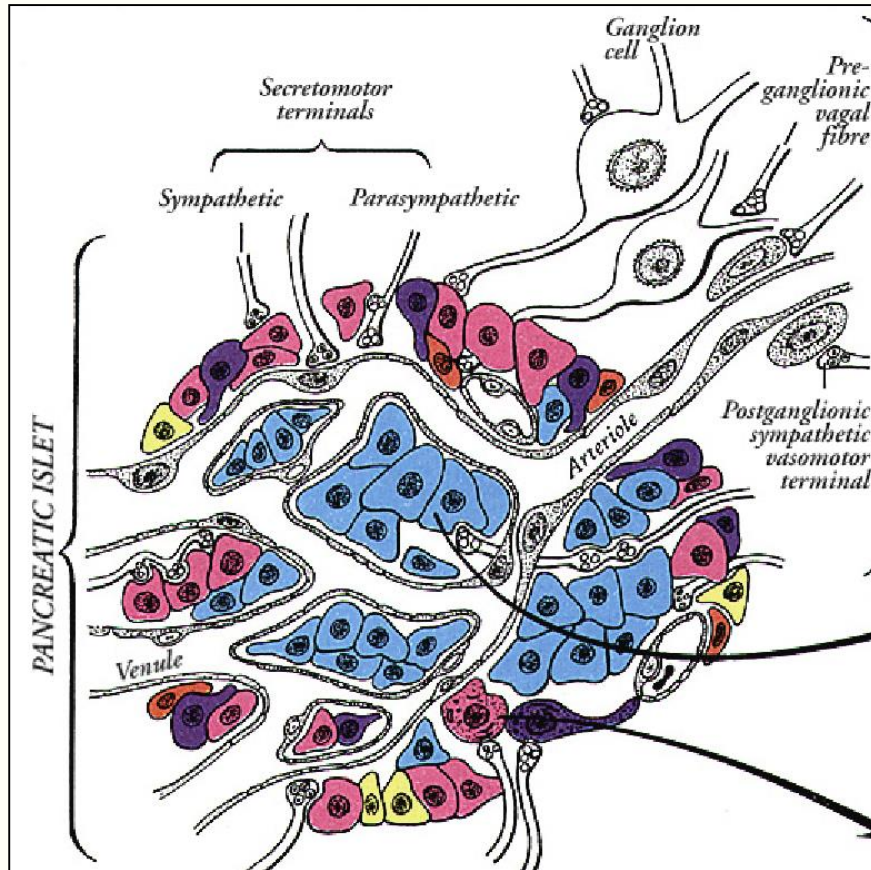
interstitielles Bindegewebe

Kapillare der exokrinen Drüse

exokrine Drüsenendstücke

Ausführungsgang

5.4 Hormone des endokrinen Pankreas und Funktion

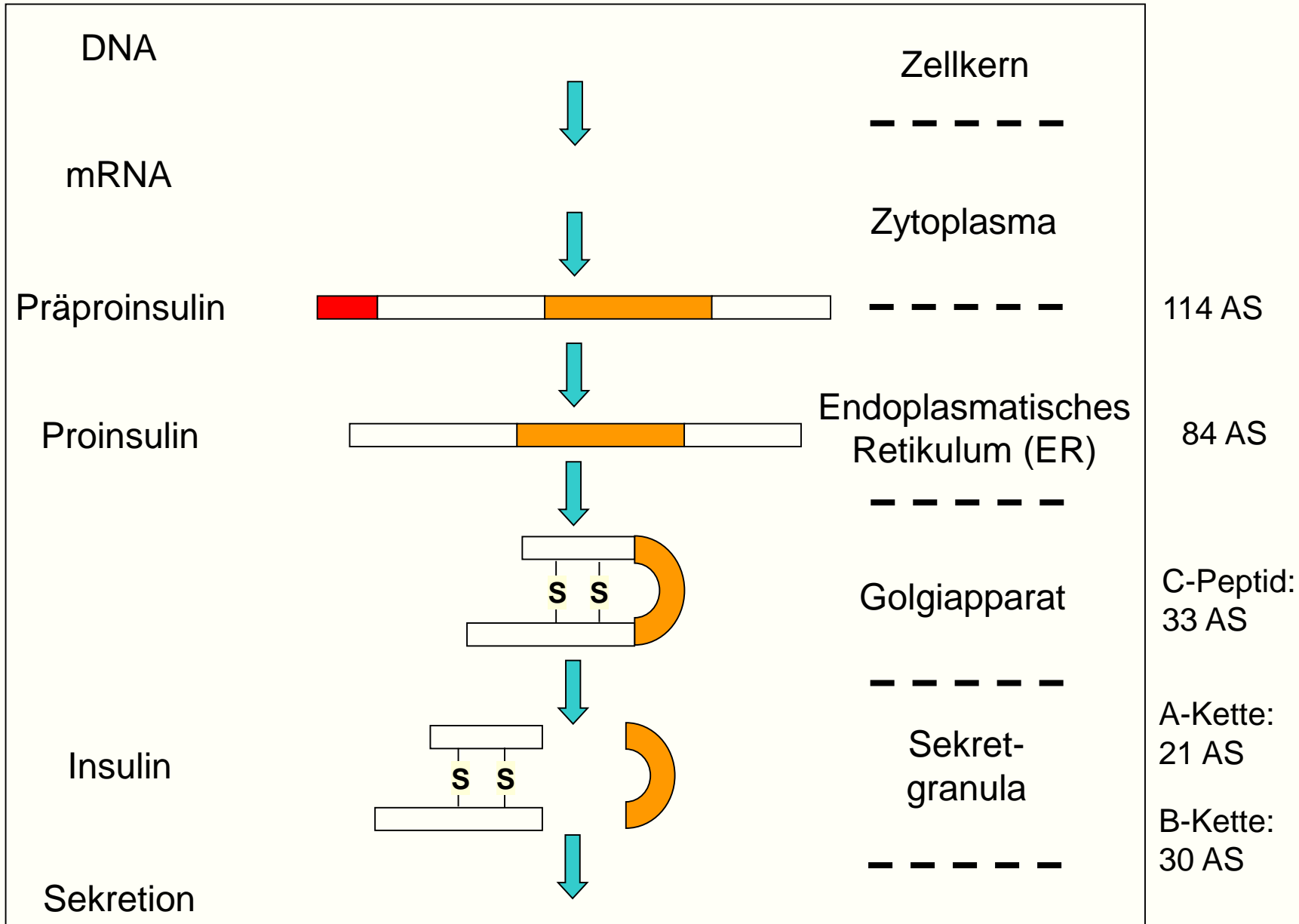


Zelltypen	Hormon	Anteil	Granula
B (β)	Insulin	70 %	274 nm
A (α)	Glucagon	20 %	230 nm
D (δ)	Somatostatin	7 %	323 nm
PP	Pankreatisches Polypeptid (PP)	2 %	141 nm
ϵ Zellen	Ghrelin	1 %	118 nm

Funktion:

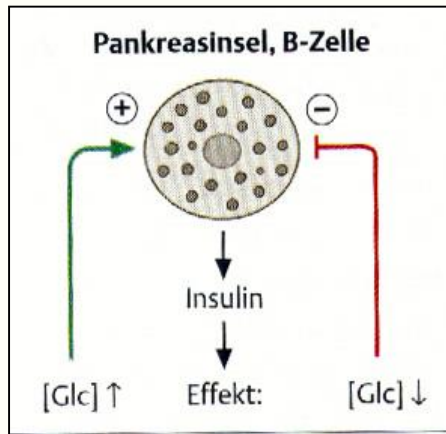
- Insulin: Blutzuckerspiegel ↓
- Glucagon: Blutzuckerspiegel ↑
- Somatostatin: Hemmung benachbarter endo- u. exokriner Zellen
- PP: Hemmg. d. exokr. Pankreas
- Ghrelin: Inhibition der Insulinsekretion

5.5 Prozessierung von Insulin



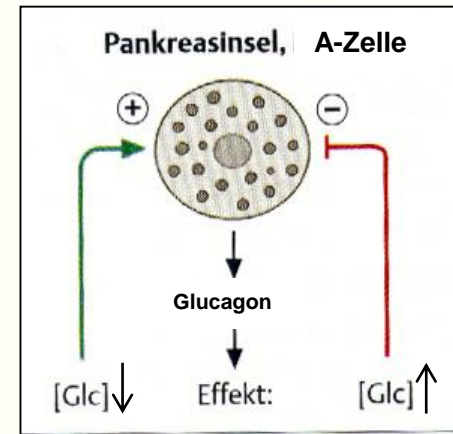
2.2.3 Die Regulation der Blutglucosekonzentration

Einfache negative Rückkopplung



Blutzuckerwerte:

3,3 – 6,1 mmol/l
(60-110 mg/dl)



Glucose-transporter	Gewebe	Insulin-abhängig
GLUT 1	Erythrozyten, Niere	nein
GLUT 2	B-Zellen, Leber	nein
GLUT 3	Neuronen	nein
GLUT 4	Muskel, Herz, Fettgewebe	ja
GLUT 5	Darm	nein

Wirkung von Glucagon:

- Förderung des Glycogenabbaus in der Leber (Glykogenolyse)
- gleichzeitige Stimulation der Bildung von Glucose aus Aminosäuren (Gluconeogenese)

→ Glucagon erhöht den Blutzuckerspiegel!

→ Insulin hemmt indirekt die Glucagonausschüttung über Somatostatin und fördert die Amylasesekretion.

→ Insulin wirkt als einziges Hormon Blutzucker senkend!

Der Diabetes mellitus

Diabetes mellitus Typ I

Insulinabhängig (5%)

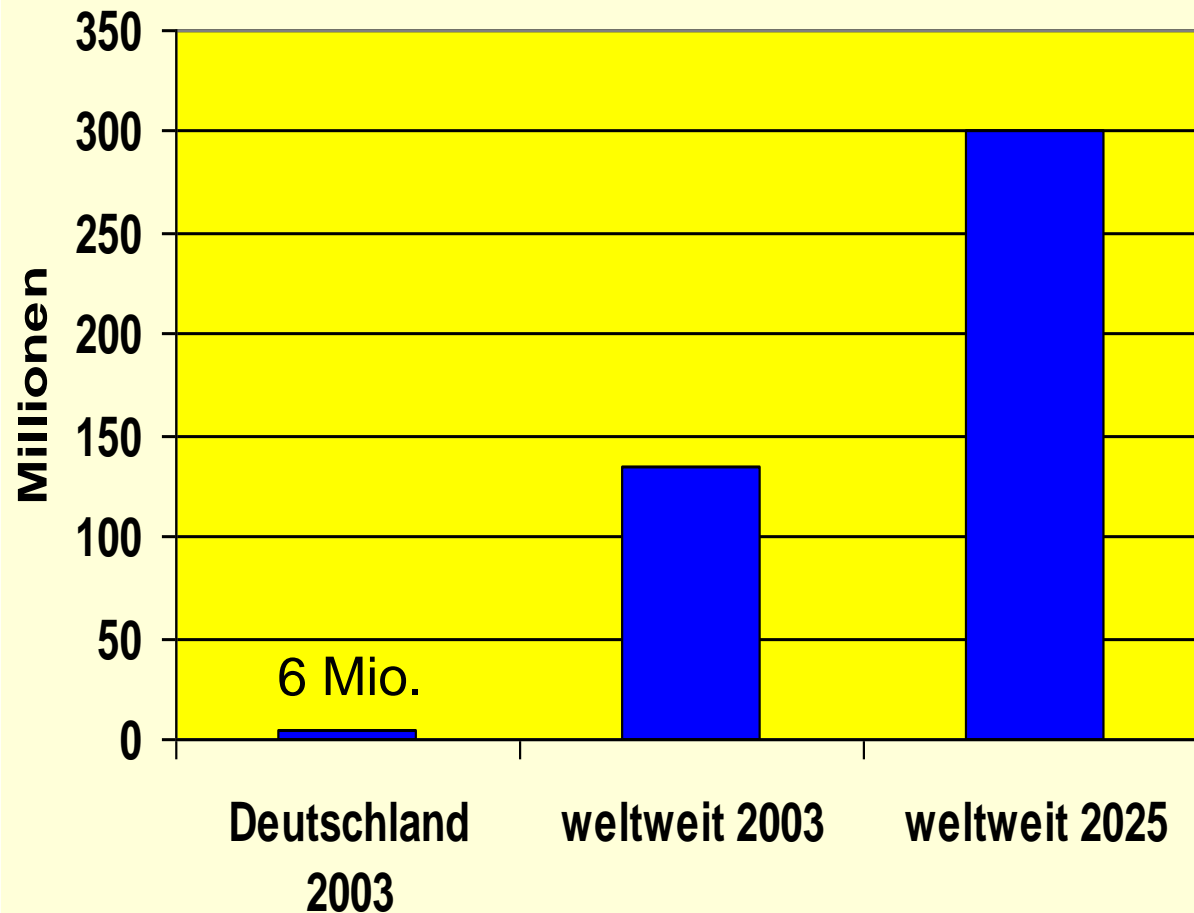
-bedingt durch eine Zerstörung der Insulin-produzierenden B-Zellen, die immunologisch oder idiopathisch bedingt sein kann

Diabetes mellitus Typ II

Nichtinsulinabhängig (95%)

-kann sich von einer Insulinresistenz mit relativem Insulinmangel bis zu einem sekretorischem Defekt mit Insulinresistenz erstrecken

Menschen, die an Diabetes leiden



→ Der Diabetes mellitus Typ II ist die häufigste ernährungsbedingte Erkrankung in unserer Industriegesellschaft, die **häufigste Stoffwechselerkrankung** überhaupt.

Diabetes führt zu Gefäß- u. Nervenveränderungen!

1) Mikroangiopathie:

- Augenschäden
→ Erblindung
- diabetische Nephropathie
→ Dialyse

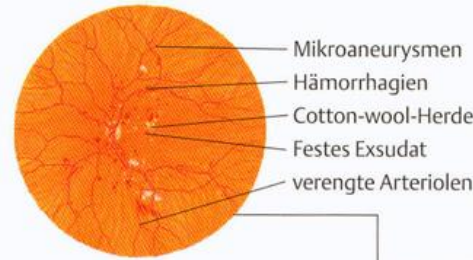
2) Makroangiopathie:

- KHK → Herzinfarkt
- Zerebralsklerose
→ Schlaganfall
- AVK → Amputationen

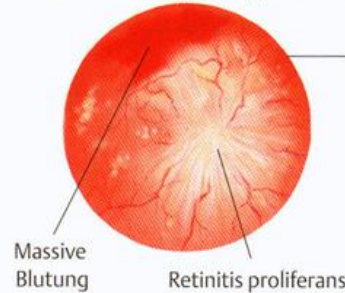
3) Diabet. Neuropathie:

- v.a. veget. Nervensystem betroffen
(Blasenfunktionsstörungen)

Nichtproliferative Retinopathie (Frühstadium)



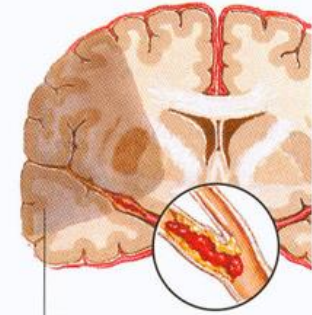
Proliferative Retinopathie (Spätstadium)



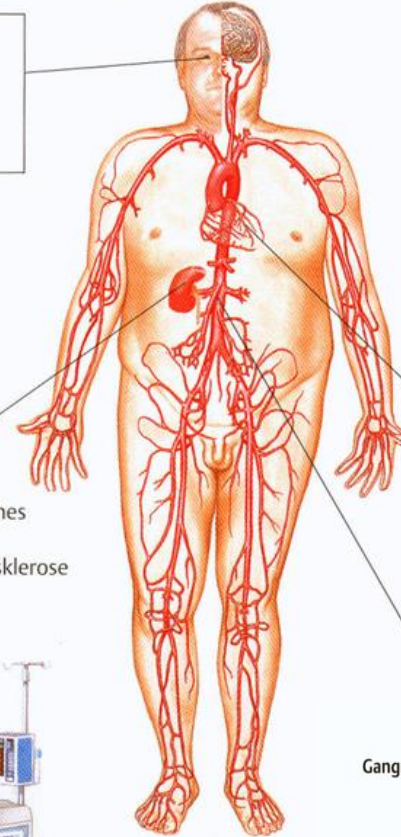
Diabetische Nephropathie



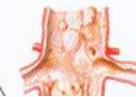
Diabetes mellitus ist in der westlichen Welt die führende Ursache einer Nierenerkrankung im Endstadium



ischämischer Apoplex durch In-situ-Thrombose, gewöhnlich ausgelöst durch eine Plaqueruptur in der A. carotis oder einer der Aa. cerebri



Myokardinfarkt

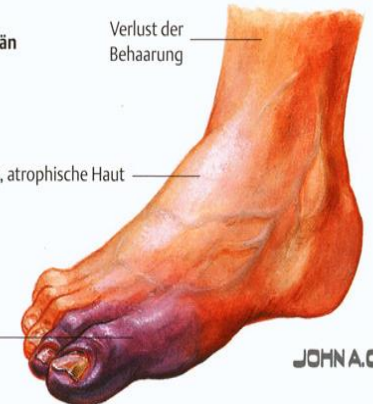


Gangrän

Verlust der Behaarung

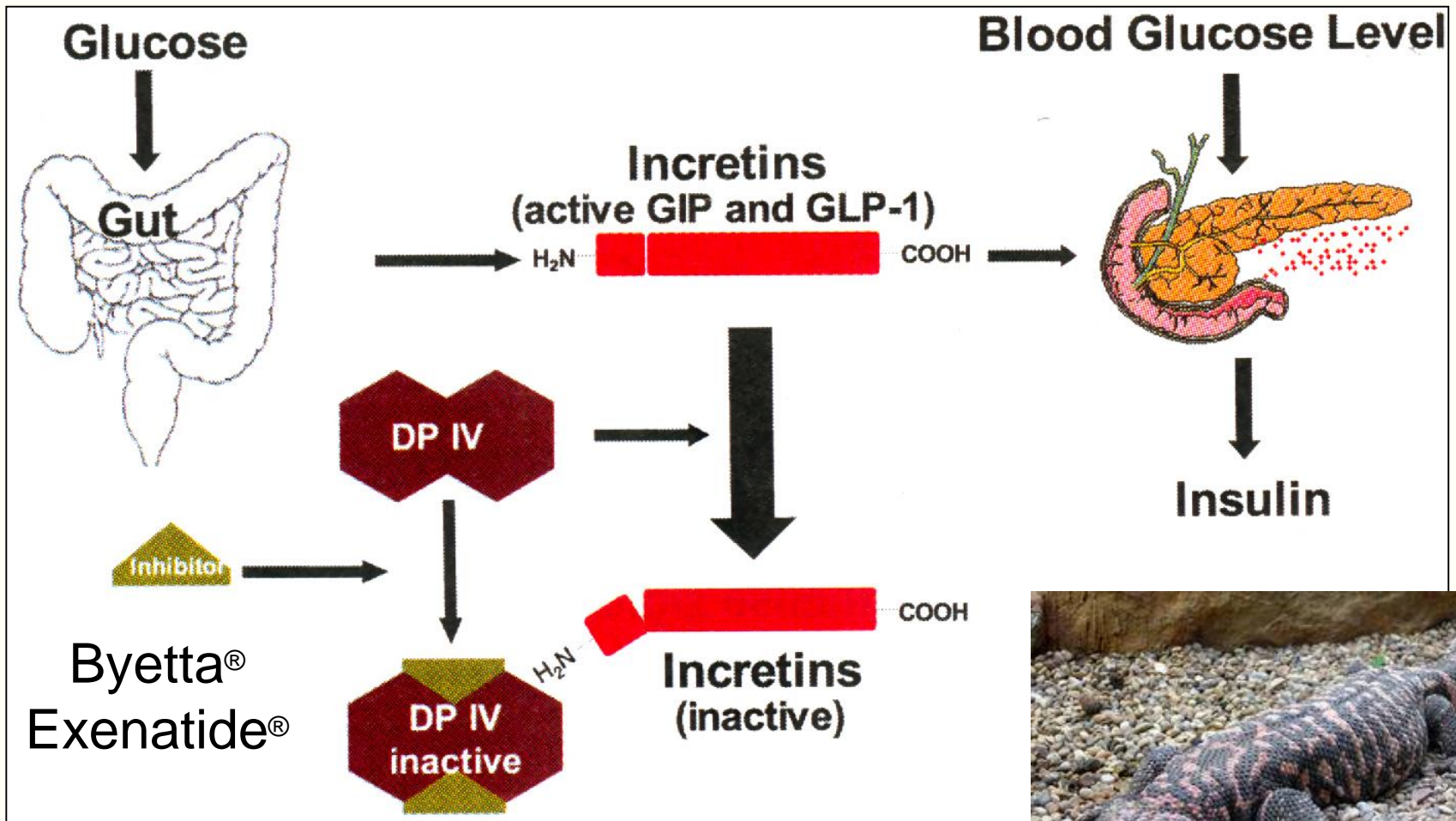
dünne, atrophische Haut

Gangrän



JOHN A. CRAIG MD

Erhöhung der Insulinsekretion durch Hemmung der Dipeptidylpeptidase IV-ein potentes Antidiabetikum



GLP1 – Glucagon-like-Peptide 1

GIP – Glucoseabhängiges insulinotropes Peptid

6. Die Plazenta

6.1 Entstehung und Entwicklung der Plazenta

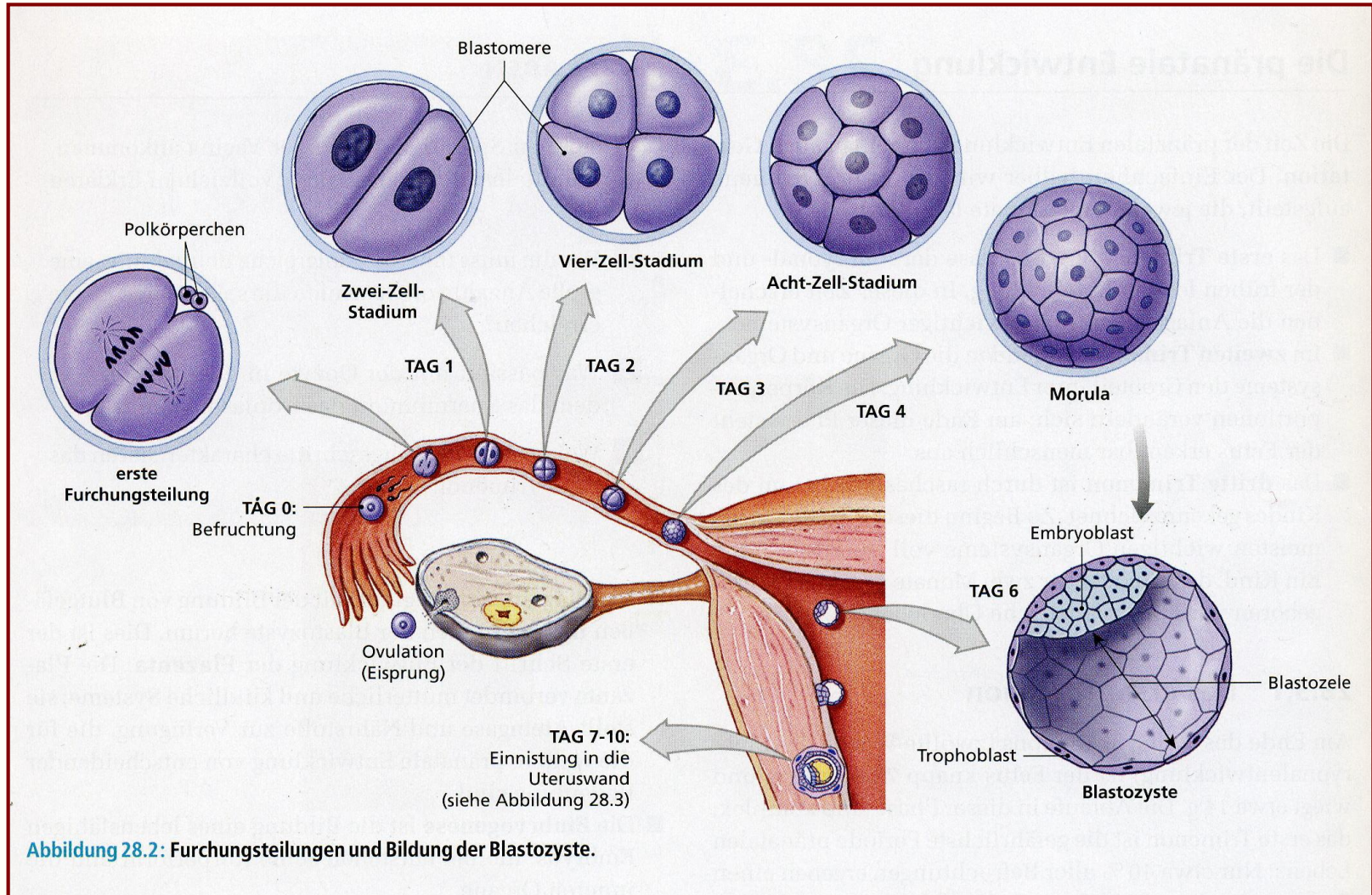
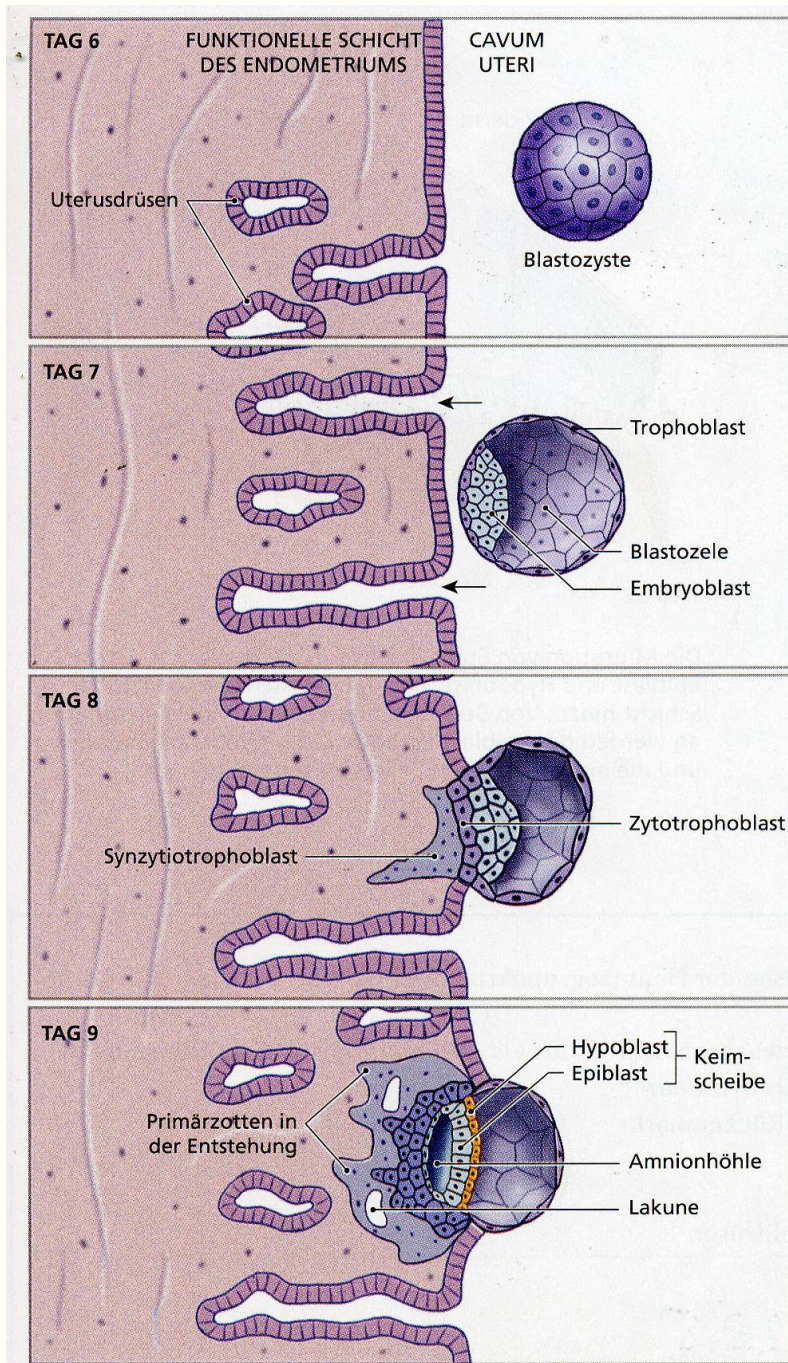
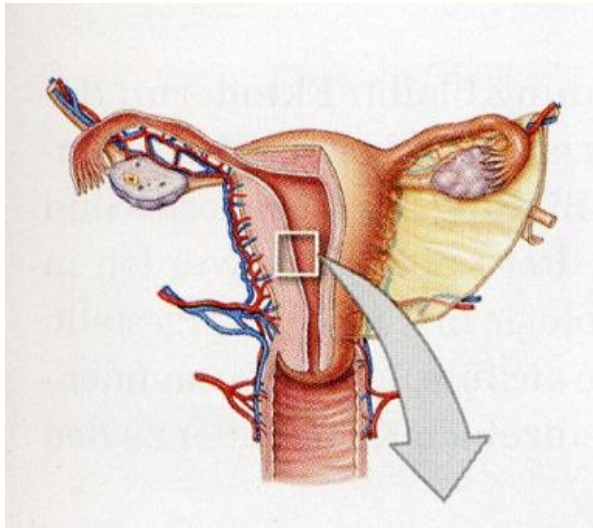
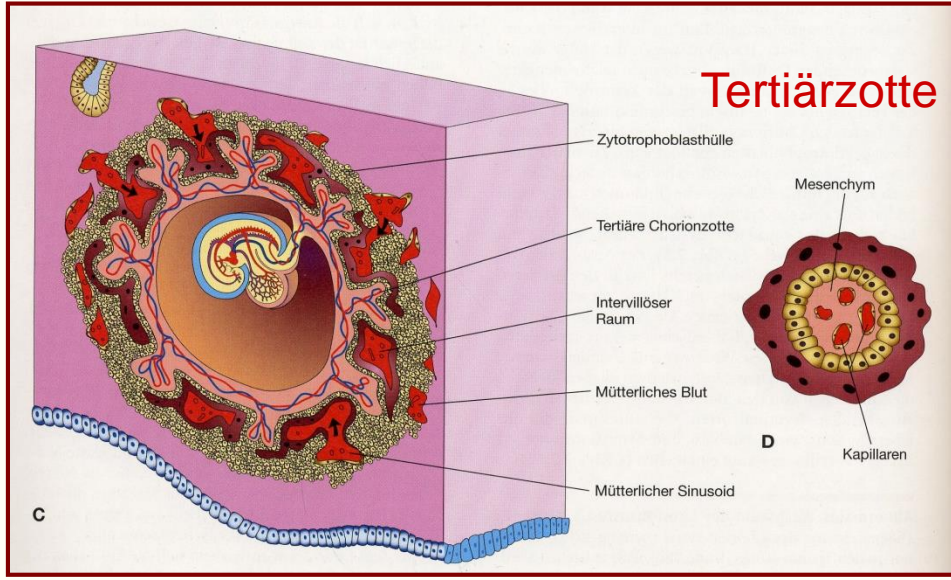
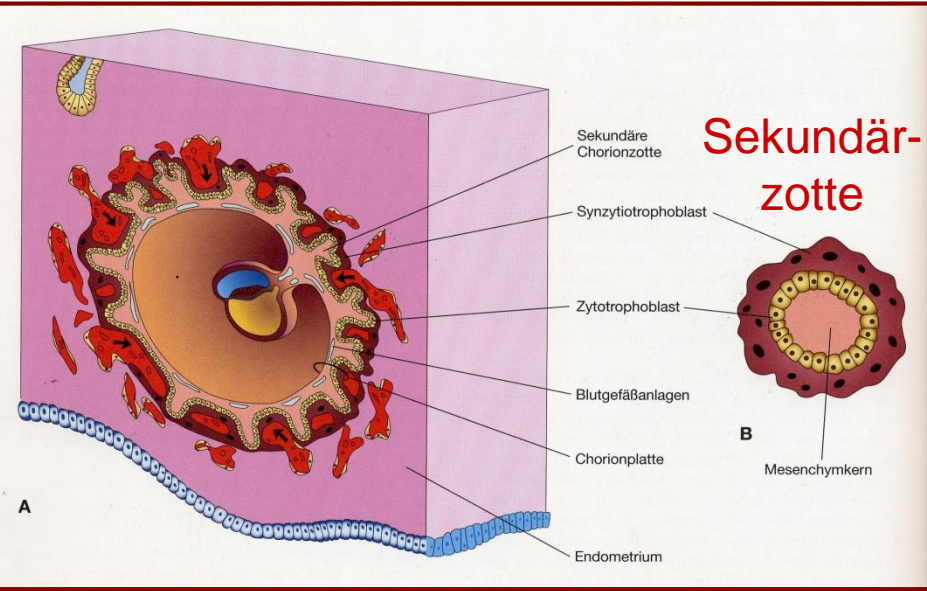


Abbildung 28.2: Furchungsteilungen und Bildung der Blastozyste.

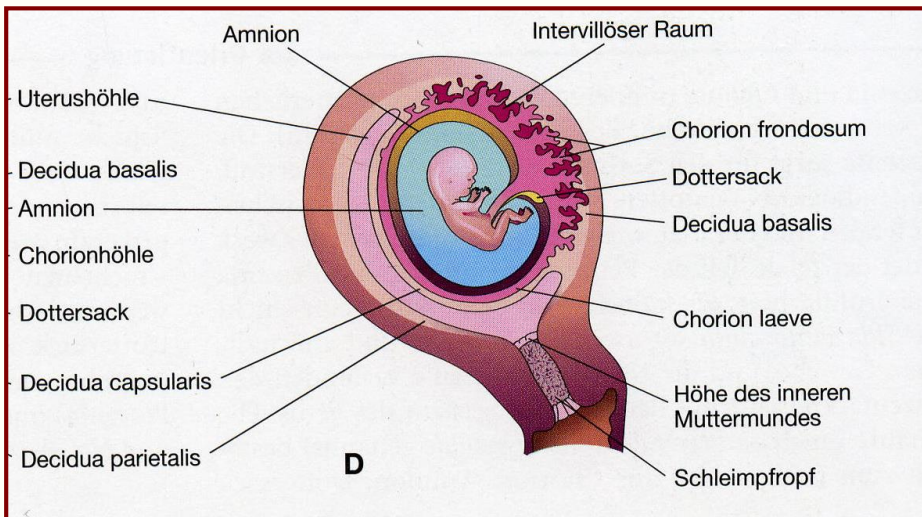
Stadien der Implantation



Die frühe Plazentaentwicklung



Die weitere Entwicklung der Plazenta



→ Dezidua – Funktionsschicht des Endometriums einer Schwangeren

Bau der Plazenta

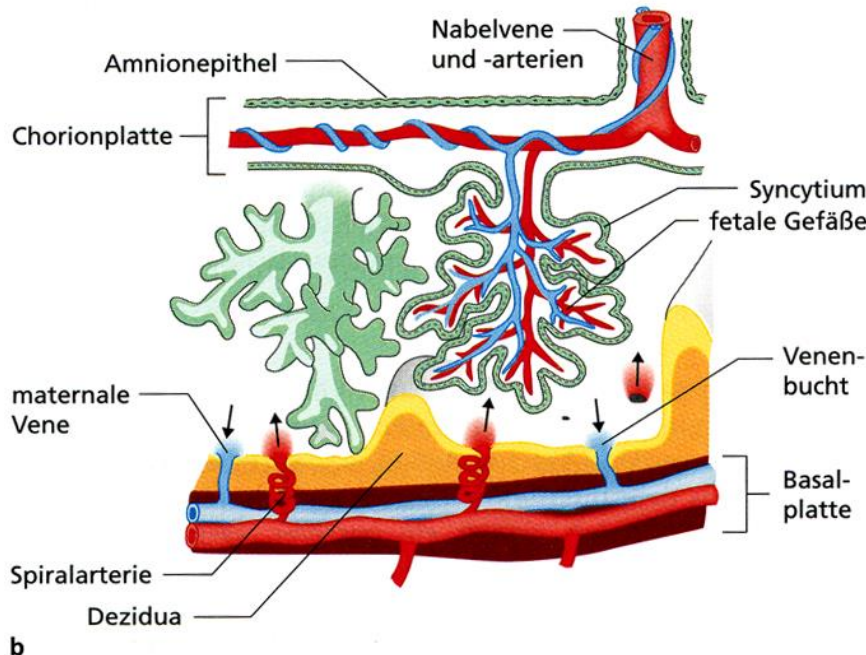
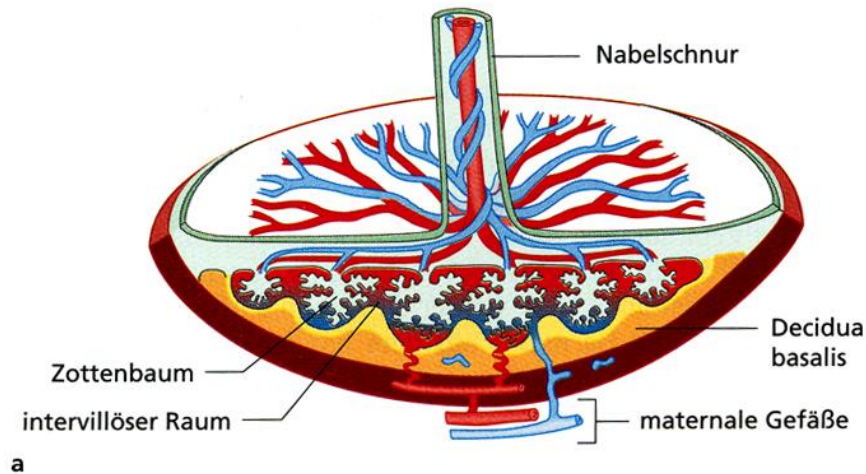
kindlicher Teil: Chorion
(aus Trophoblast)

**Zottenbäume (Chorionzotten –
enthalten fetale Gefäße)**

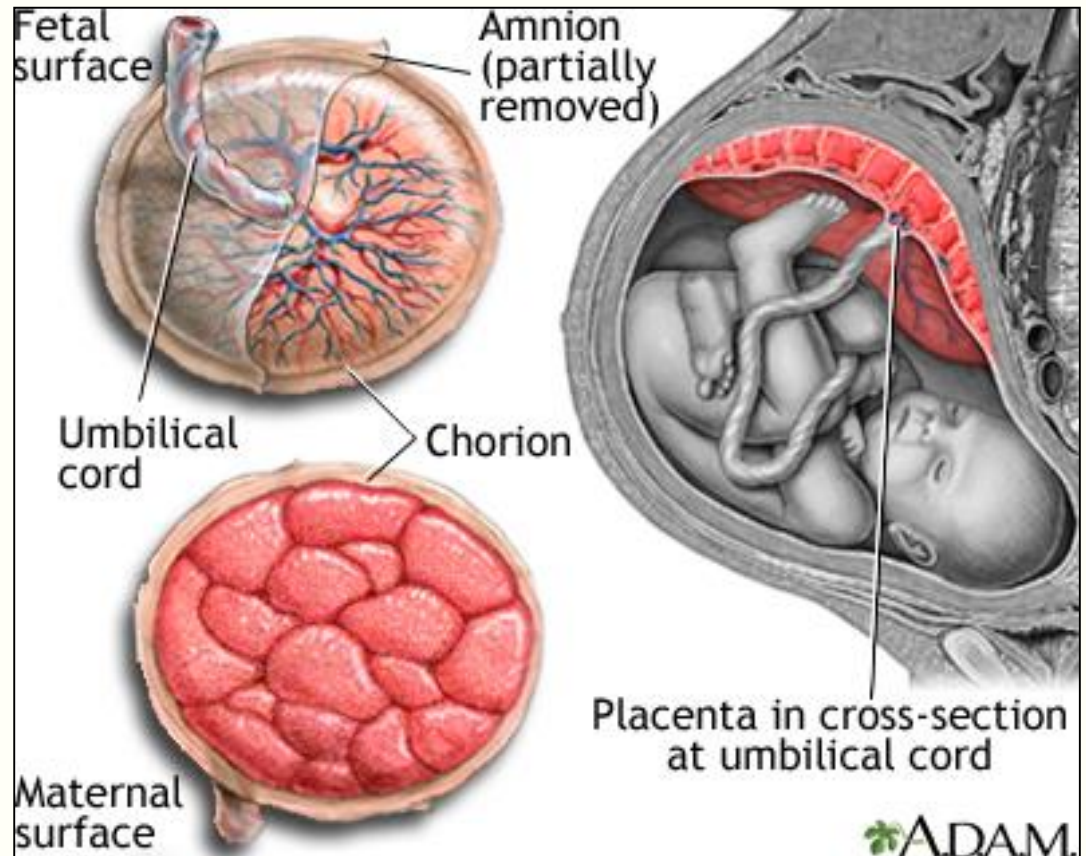
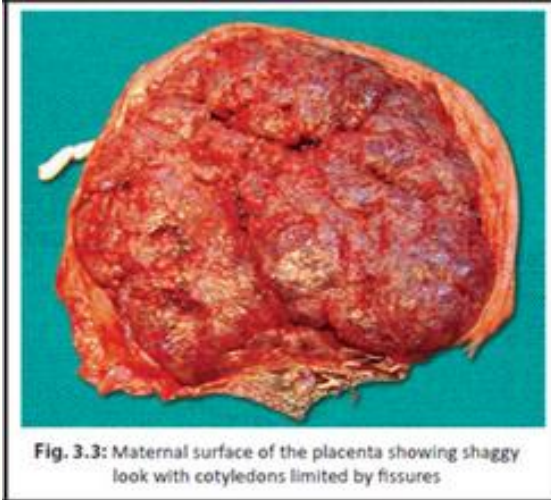
**Intervillöser Raum (30 µm breite
Spalten für mütterliches Blut)**

mütterlicher Teil: Dezidua
(= Funktionalis nach Implantation)
decidua = „hinfällig“

Diffusionsbarriere (Trophoblast)



Plazenta nach der Geburt



Plazentaschranke



MATERNAL BLOOD
IN INTERVILLOUS SPACE

SYNCYTIOTROPHOBLAST

CYTOTROPHOBLAST
AND BASEMENT
MEMBRANE

FETAL
MESENCHYME
AND BLOOD
VESSELS

Aufbau (bis 20.Wo):

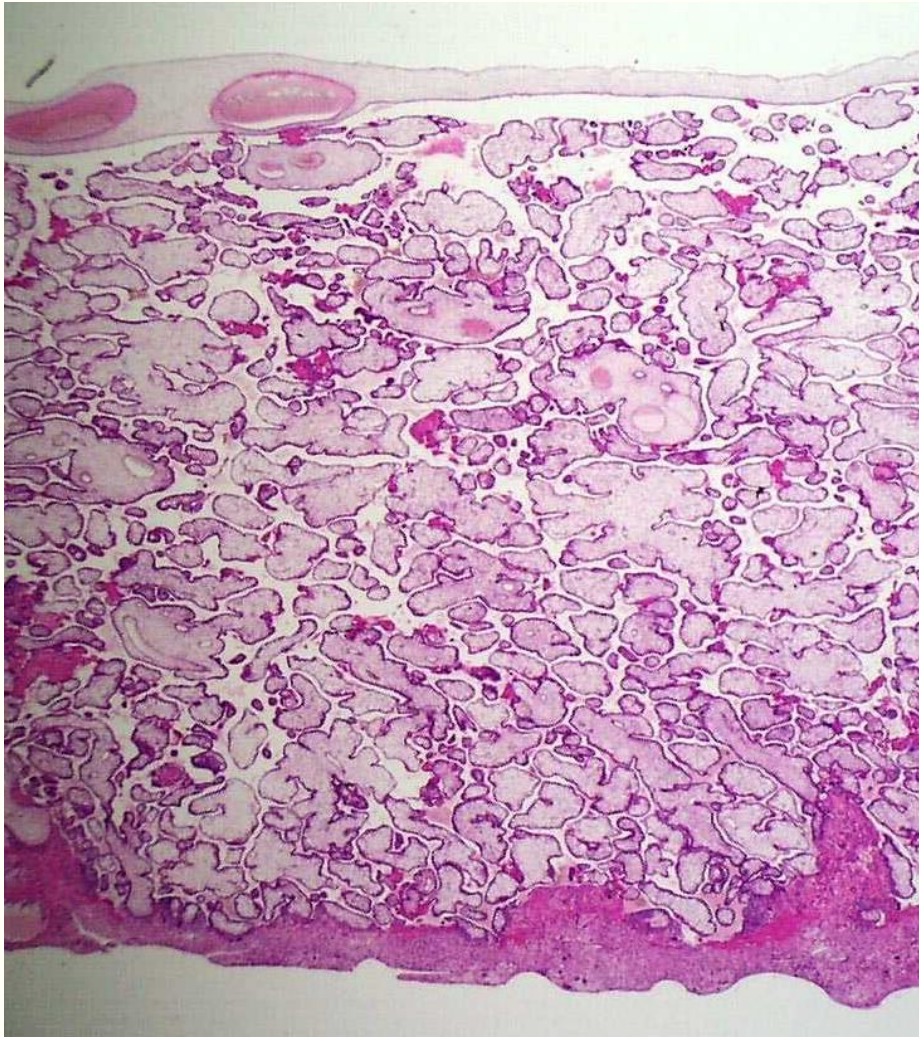
- Synzytiotrophoblast mit Mikrovilli
- Zytotrophoblast
- Basalmembran
- Extraembryonales Mesenchym
- Basalmembran der fetalen Kapillaren
- fetales Kapillarendothel (geschlossen)

Reifung:

- Verschmelzung der Basalmembranen
- Ausdünnung der Zytotrophoblasten
- Oberflächenzunahme der Zottenbäume

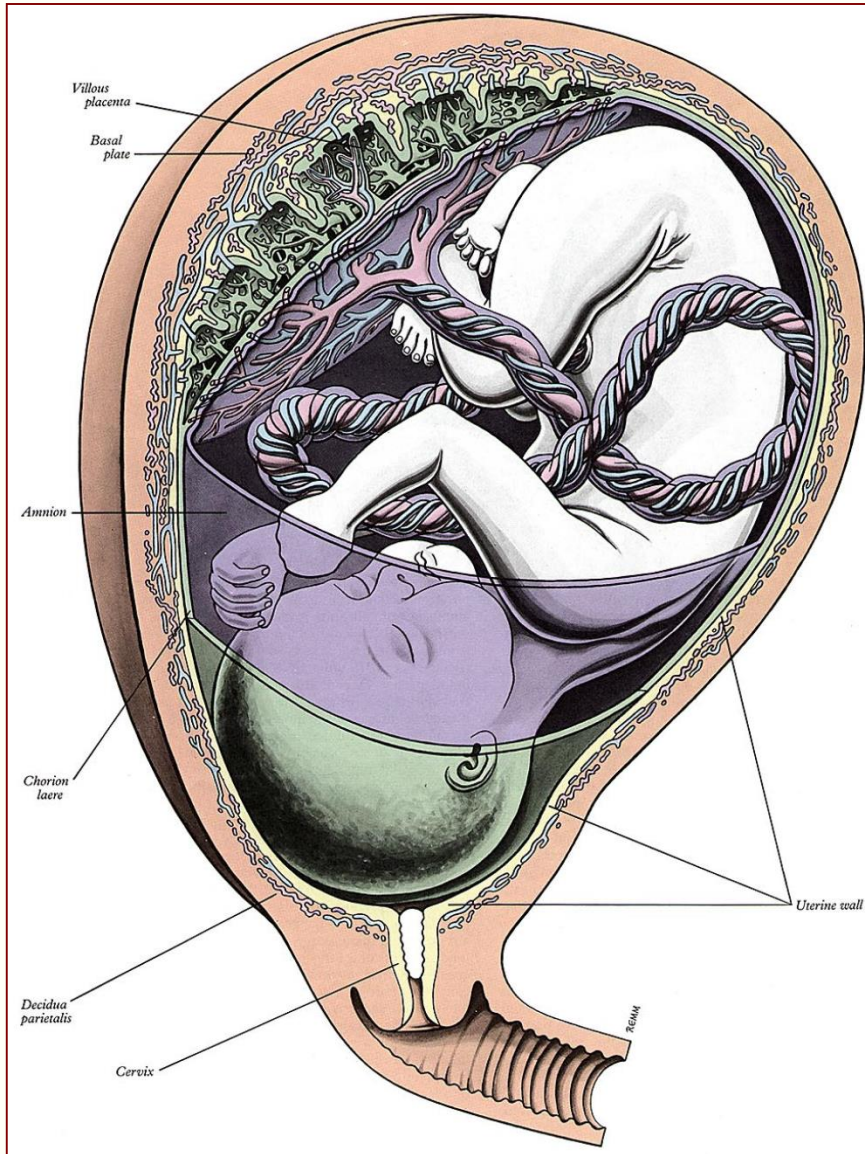
Funktionen der Plazenta

→ Alle Funktionen spielen sich im **Synzytiotrophoblasten** ab.



Funktion	Substanz	Transport
Atmung	O ₂ , CO ₂	Diffusion
Ernährung	Elektrolyte	Diffusion
	Glucose	erleichterte Diffusion
	Aminosäuren	aktiver Transport
Exkretion v. Stoffwechsel- Endprodukten	Bilirubin, Harnstoff, Harnsäure	Diffusion
Abwehr	IgG, Makro- moleküle	Endozytose
Hormon- produktion	Steroide Proteinhormone	Diffusion Exozytose

Hormonproduktion der Plazenta



Der Synzytiotrophoblast steuert den mütterlichen Organismus durch Synthese von:

1) **Choriongonadotropin (hCG)**

- Hemmung der Ovulation
- Erhaltung des Corpus luteum

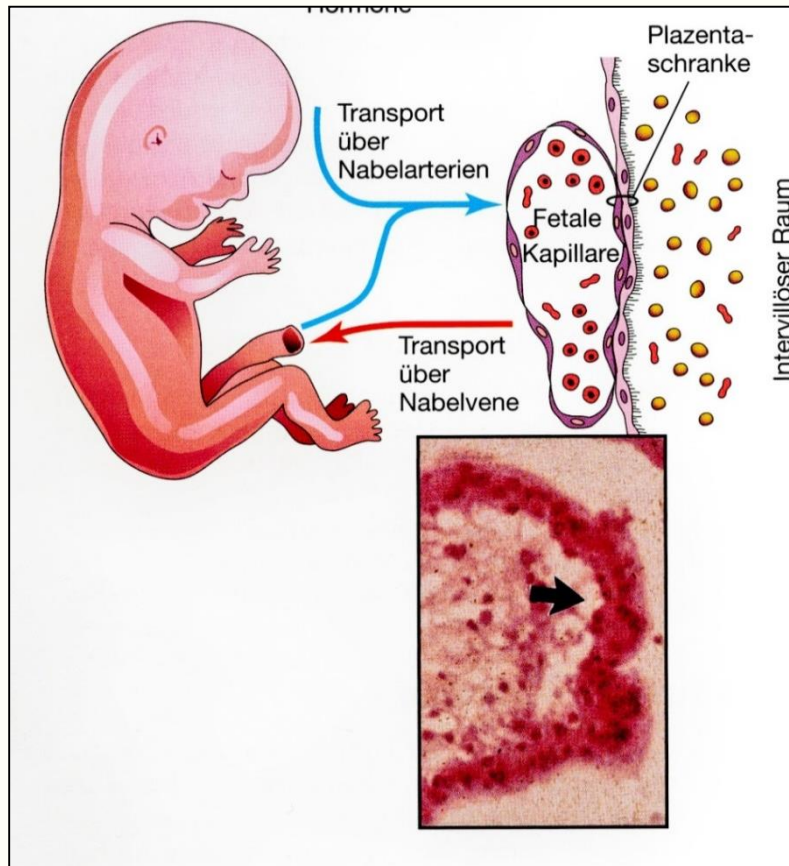
2) **Östrogen**

- Wachstum des Uterus
- Wachstum der Brustdrüse

3) **Progesteron**

- Aufrechterhaltung d. Dezidua
- Ruhigstellung des Myometriums
- Differenzierung der Brustdrüse

Plazentagängigkeit für Medikamente u. Krankheitserreger



1) Übertragbare Substanzen

- die meisten Medikamente (Sedativa/Analgetika)
- Drogen (Heroin)
- Zytomegalie-, Röteln-Viren
- Erreger v. Windpocken, Masern, Kinderlähmung
- Treponema pallidum, Toxoplasma gondii

2) Nicht übertragbare Substanzen

- Immunglobuline: IgA, IgE, IgM
- Medikamente:
 - mit aminosäureähnlicher Struktur (Methyldopa)
 - Muskelrelaxantien
 - Heparin und Transferrin

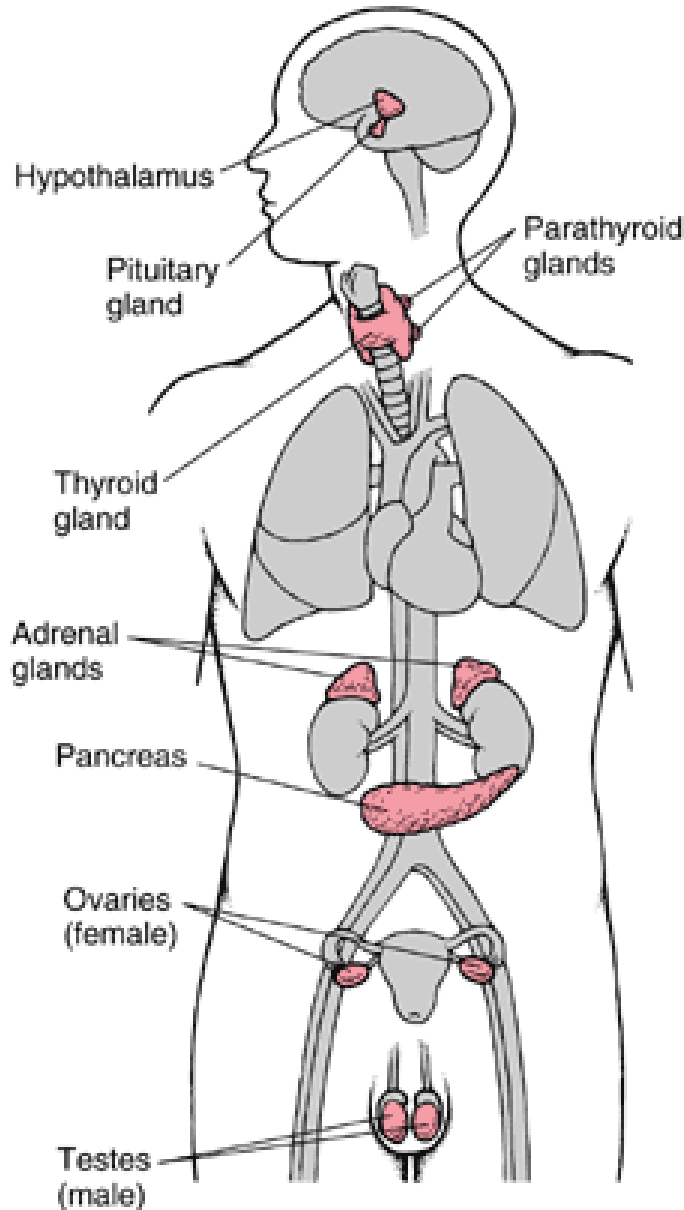
7. Hormone des Calcium- und Phosphat-Stoff- wechsels

Die wichtigsten endokrinen Drüsen

Hypothalamus
Hypophyse

Schilddrüse
**Nebenschilddrüse
(C-Zellen)
Und Nieren**
Nebennierenrinde
Pankreas

Genitalorgane

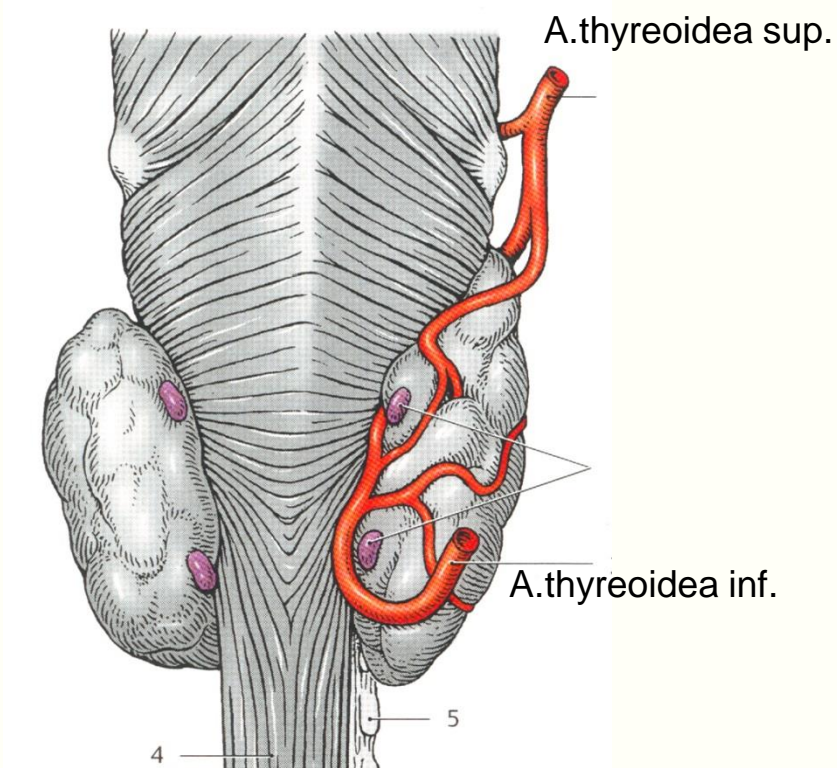


Zentrale Kontroll-
station

Hormone für
metabolische
Prozesse

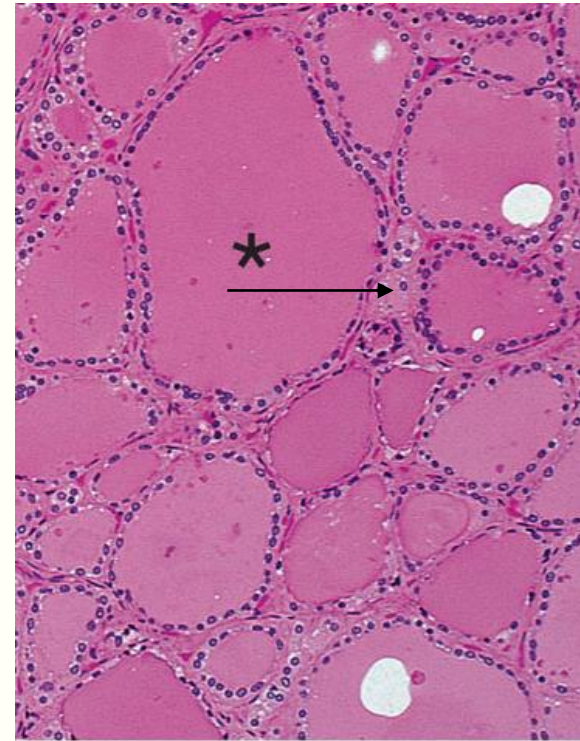
Hormone für das
Körperwachstum,
und das
Sexualverhalten

Epithelkörperchen Glandula parathyreoidea



→ Bildung von Parathormon

C-Zellen der Schilddrüse



Aus Welsch: Lehrbuch Histologie. © 2006 Elsevier

→ Bildung von Calcitonin

Wirkung von Parathormon

Niere

- Synthese von Calcitriol,
- vermehrte Rückresorption von Calcium

Darm

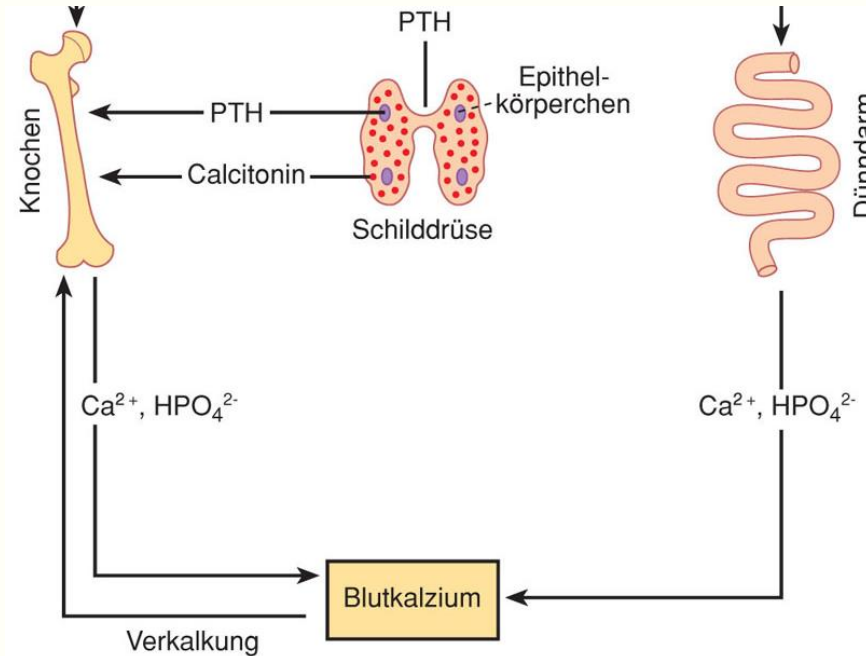
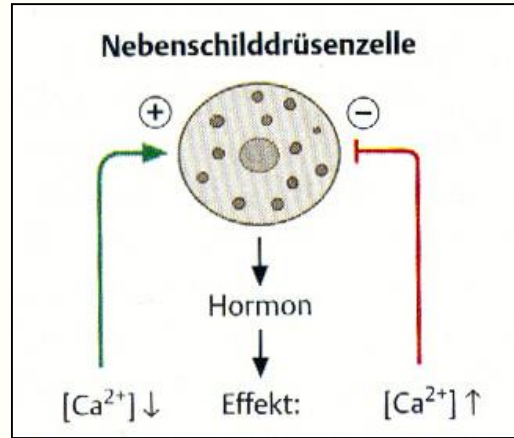
- vermehrte Resorption von Calcium

Knochen

- Aktivierung von Osteoklasten:
→ Calciumfreisetzung

Blut

- steigende Calciumkonzentration



Aus Welsch: Lehrbuch Histologie. © 2006 Elsevier

Wirkung von Calcitonin

Niere

- vermehrte Ausscheidung von Calcium

Darm

- verminderte Resorption von Calcium

Knochen

- Hemmung von Osteoklasten:
→ Calciumeinbau

Blut

- sinkende Calciumkonzentration

Wirkung von Calcitriol (Vitamin D₃)

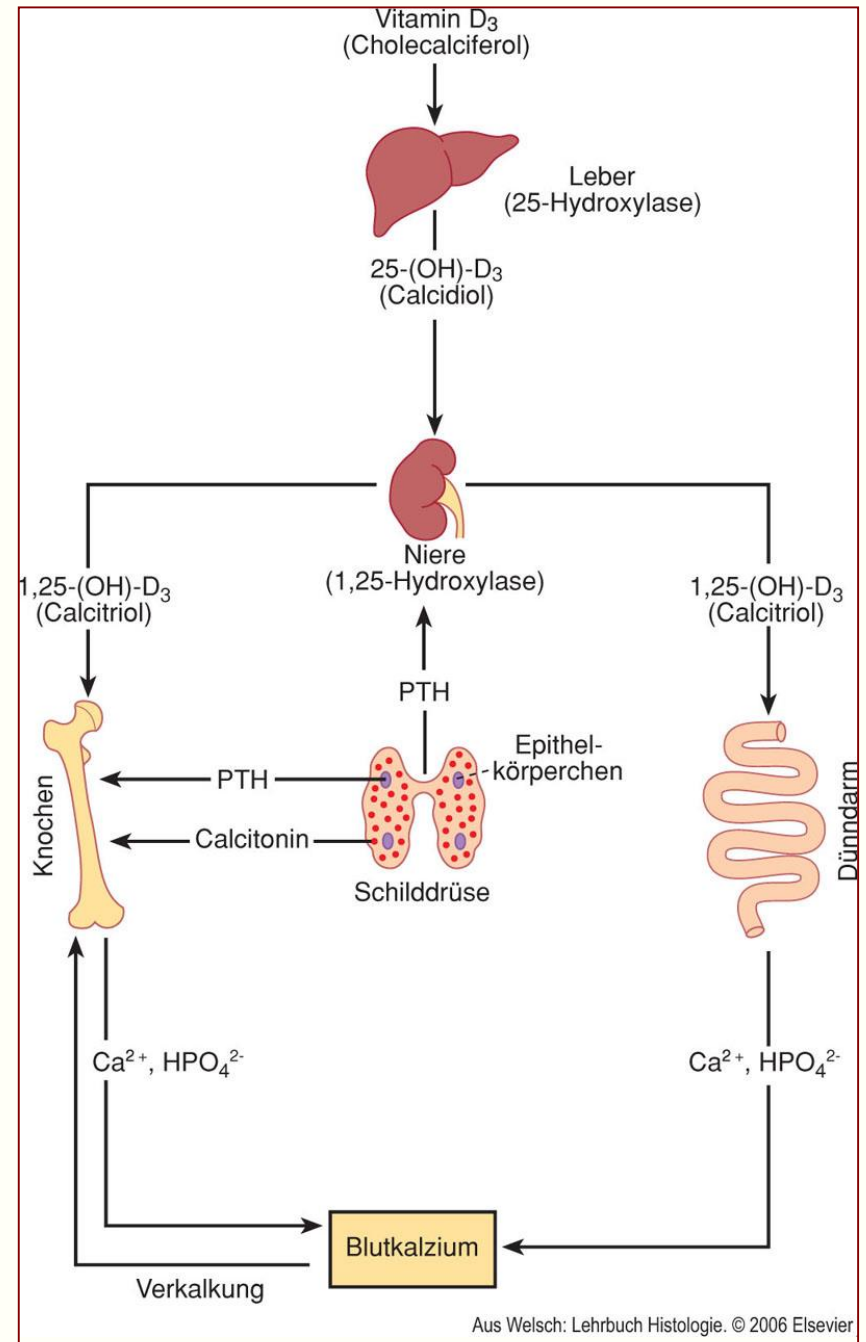
Darm

-vermehrte Resorption
von Kalzium- und Phosphationen

Knochen

-Wirkung meist indirekt
-abhängig von Ca²⁺ u. Pi Konzentration

Ca ²⁺ u. P-Konzentration	Wirkung
erhöht	Verbesserung d. Knochenmineralisation
erniedrigt	Hemmung d. Mineralisation durch direkte Wirkung auf Osteoblasten
erniedrigt	Stimulation der Osteoklasten-Differenzierung. → Mobilisierung v. Ca ²⁺ und Pi



Quellenverzeichnis:

- Welsch U et al.: Lehrbuch Histologie. Elsevier Verlag München 2014
- Moore KL, Persaud TVN: Embryologie. Urban & Fischer Verlag München 2007
- Warwick R, Williams PL: Gray`s Anatomy. Longman Verlag Norwich 1995
- Lüllmann-Rauch R: Histologie. Thieme Verlag Stuttgart 2015
- Netter: Anatomischer Atlas, Thieme Verlag 1990
- Jankowski: Histologische Kurspräparate. Bonn 2006
- Tillmann B: Atlas der Anatomie. Springer Verlag Berlin Heidelberg 2005
- Junqueira LC: Histologie. Springer Verlag München 2000
- Fritsch H, Kühnel W: Taschenatlas der Anatomie. Bd. 2. Thieme Verlag Stuttgart 2001
- Schünke M et al.: Prometheus. Lernatlas der Anatomie. Thieme Verlag Stuttgart 2009
- <https://medlineplus.gov/ency/imagepages/17010.htm>
- <https://twitter.com/medrewind/status/853267248148041728>