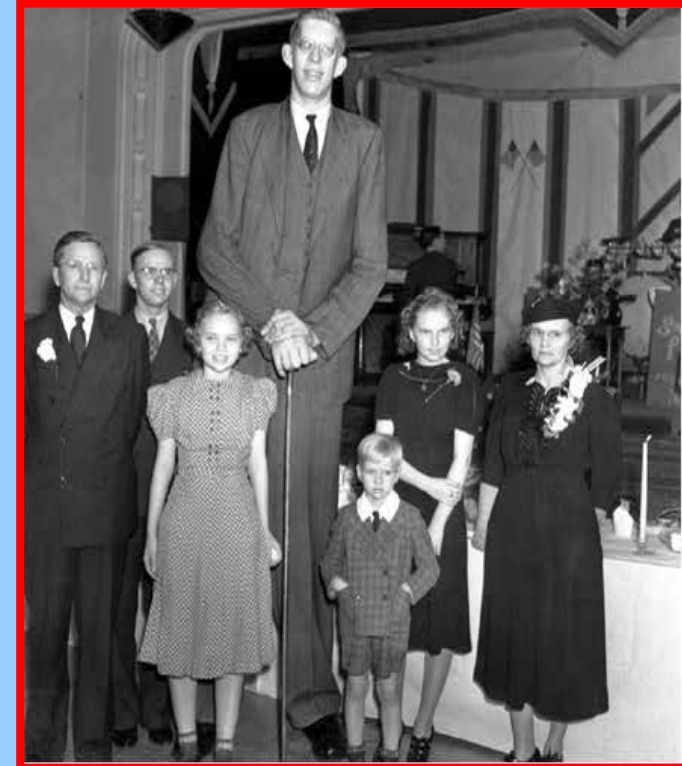


Hormonelle Regulation und Sport



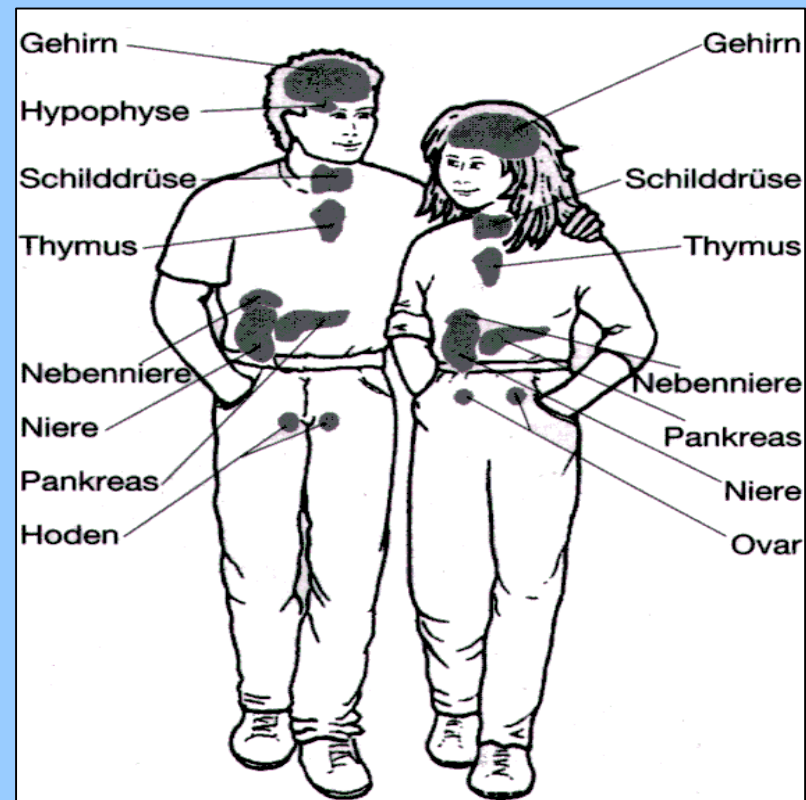
Andreas Schmid
Rehabilitative und Präventive Sportmedizin Freiburg

Endokrinologie ??! – Lehre von den Hormonen

➔ What you never heard !

➔ What you never learned or wanted to learn ?!

➔ What you fast forgot !



Hormone –Funktion !



Hormone –Funktion !

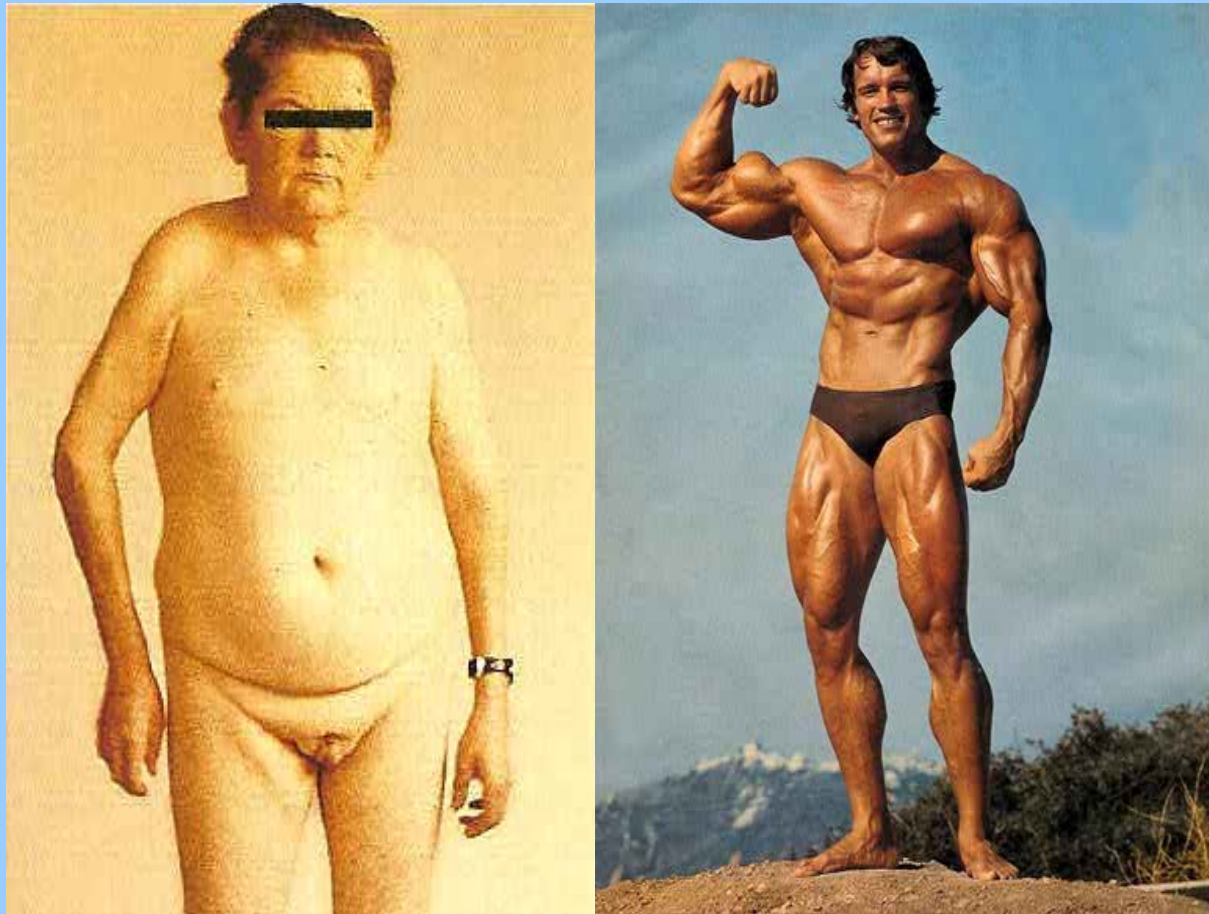
Komplette Hypophysenvorderlappeninsuffizienz



| | |
|----------------------------------|-------------------|
| Alter ? | 44 Jahre ! |
| Groesse ? | 149 cm ! |
| Geschlechts- reife ? | Keine ! |
| Sekundär- behaarung ? | Keine ! |
| Muskulatur ? | Wenig ! |

Hormone –Funktion !

**Komplette
Hypophysenvorderlappeninsuffizienz**



Hormone –Funktion !



?

Was ist Endokrinologie ?

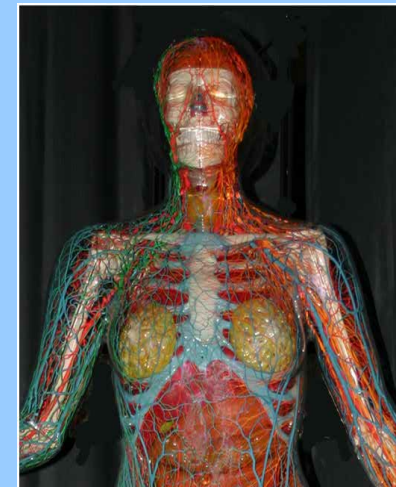
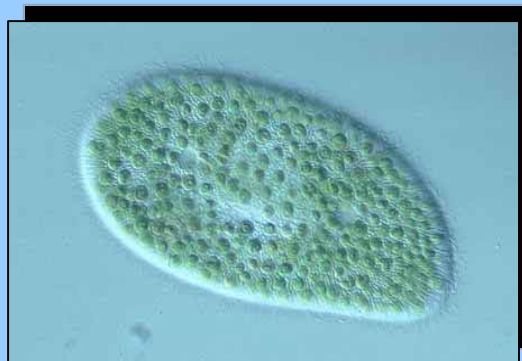
⇒ Endokrinologie: Griechisch: endon => innen
krinein => abscheiden } Lehre der inneren Sekretion

⇒ Was wird abgeschieden: **Hormone**

⇒ Wozu: Hormone sind **Botenstoffe**, die Information vermitteln,
z.B:

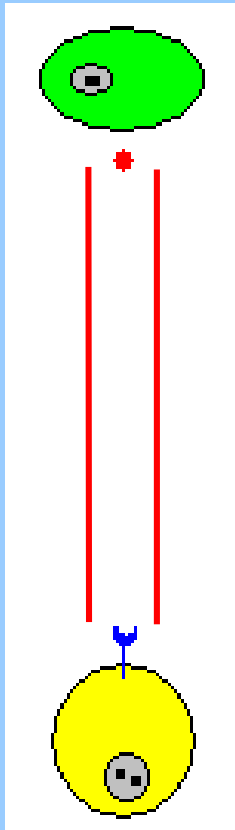
- vom zentralen Nervensystem zu den Organen
- von **Organen zu definierten Zielzellen**
- von Zelle zu Zelle

⇒ Warum ?



Was sind Hormone ?

Hormone: Kommunikationsvehikel



- => Koordinieren Organsysteme
- => Regulieren Wachstum und Entwicklung
- => Dienen zur Aufrechterhaltung des optimalen biochemischen internen Milieus

- => Passen den Organismus an das umgebende Milieu an.

Verteiler: Blutweg (Radiosendung)

- keine anatomische Kontinuität
- langsam

Was sind Hormone ?

Hormone: Kommunikationsvehikel

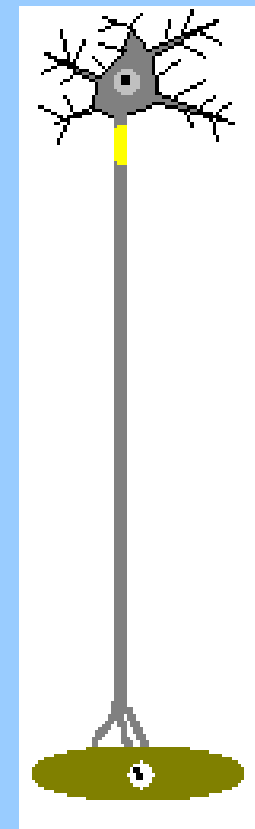
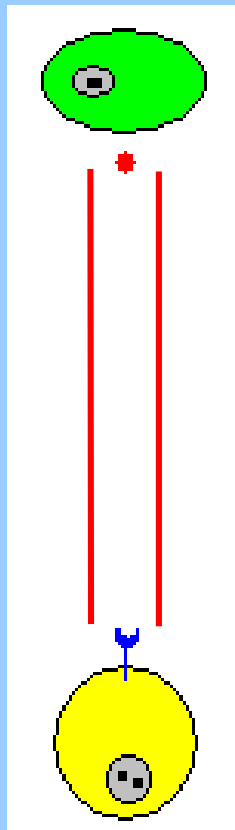
- => Koordinieren Organsysteme
- => Regulieren Wachstum und Entwicklung
- => Dienen zur Aufrechterhaltung des optimalen biochemischen internen Milieus
- => Passen den Organismus an das umgebende Milieu an.

Verteiler: Blutweg (Radiosendung)

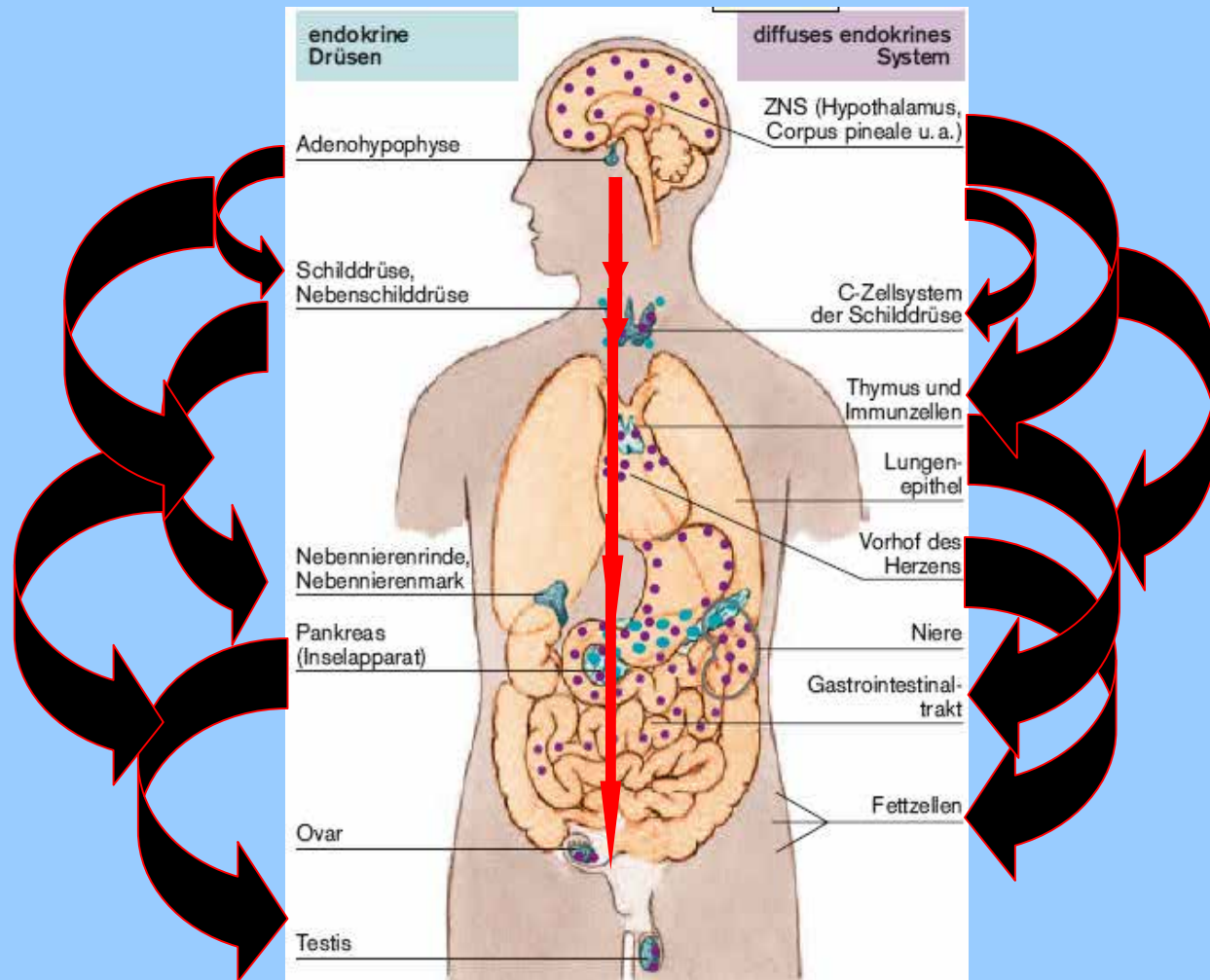
- keine anatomische Kontinuität
- langsam

ó im Gegensatz zu Nervensystem
(Telephonanruf)

- anatomische Kontinuität
- schnell

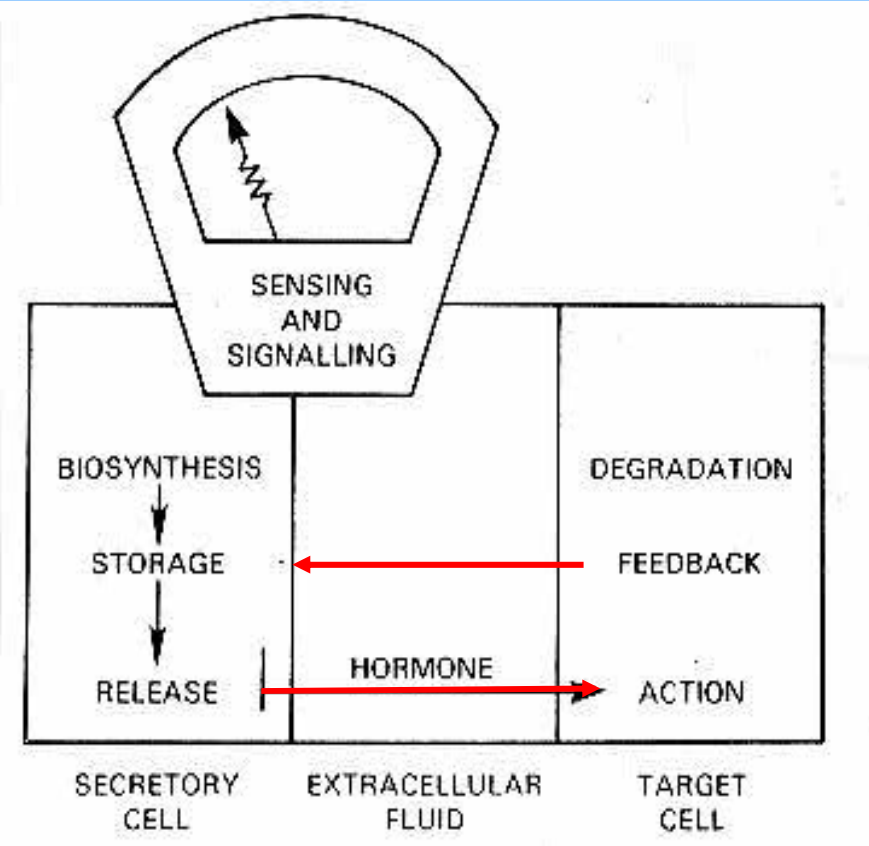
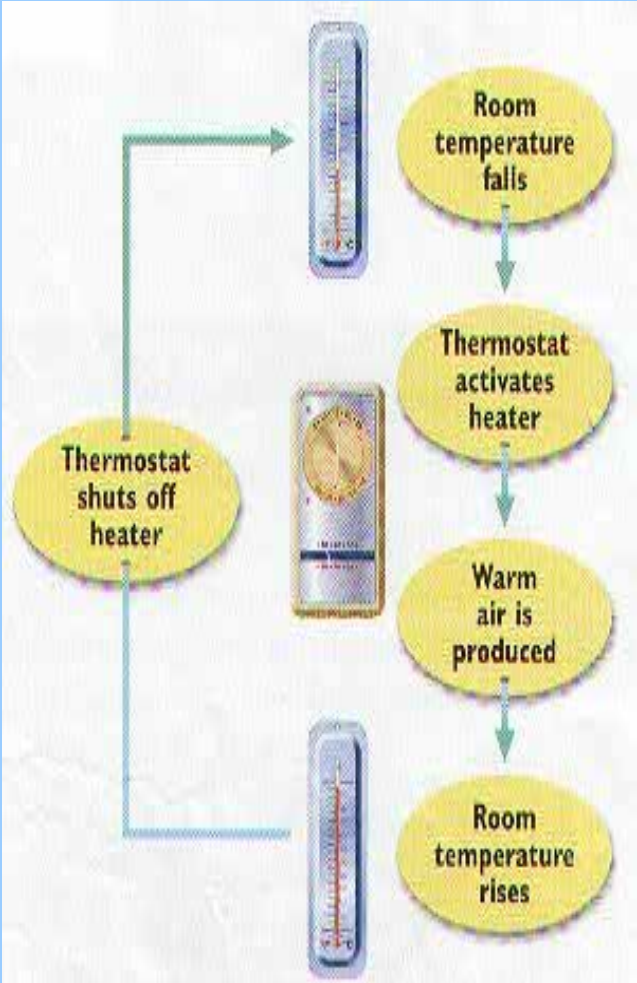


Hormone - Funktionsprinzipien



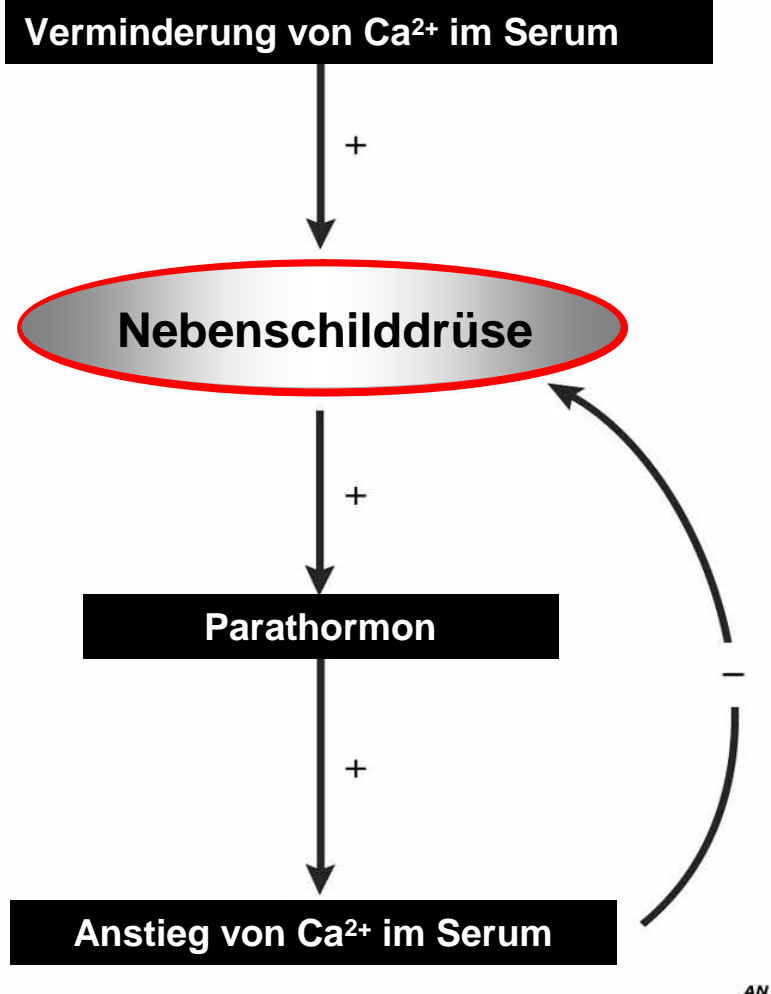
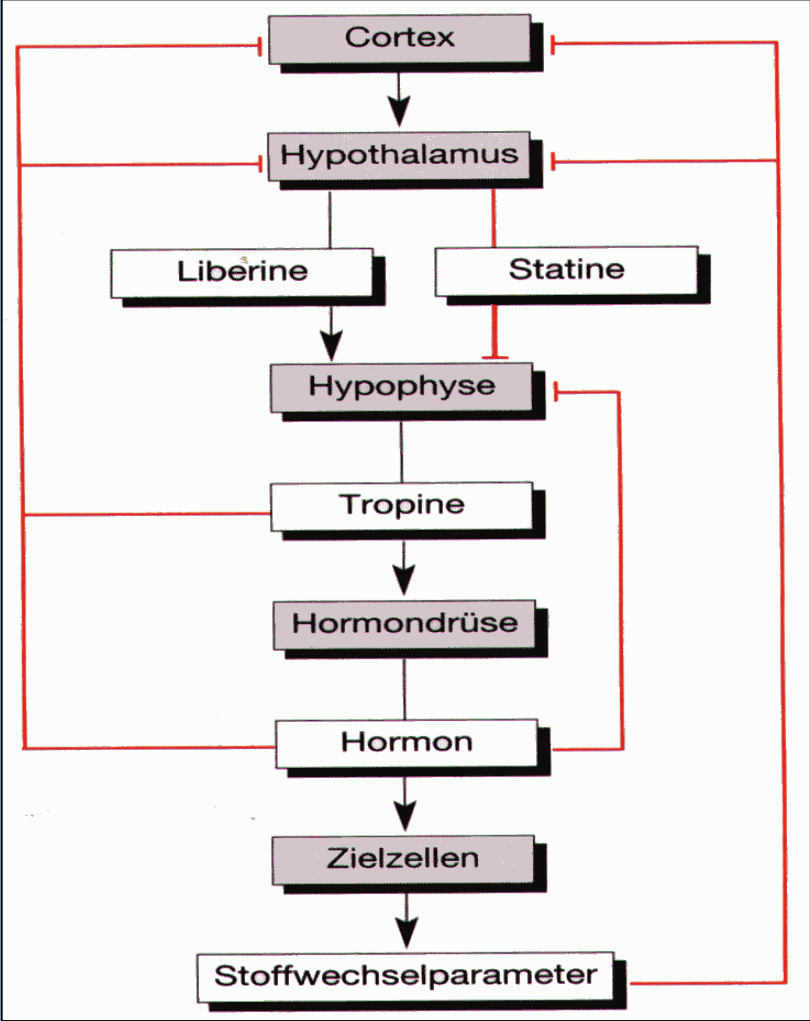
Grundlegende Funktionsprinzipien des Hormonsystems

Regulation

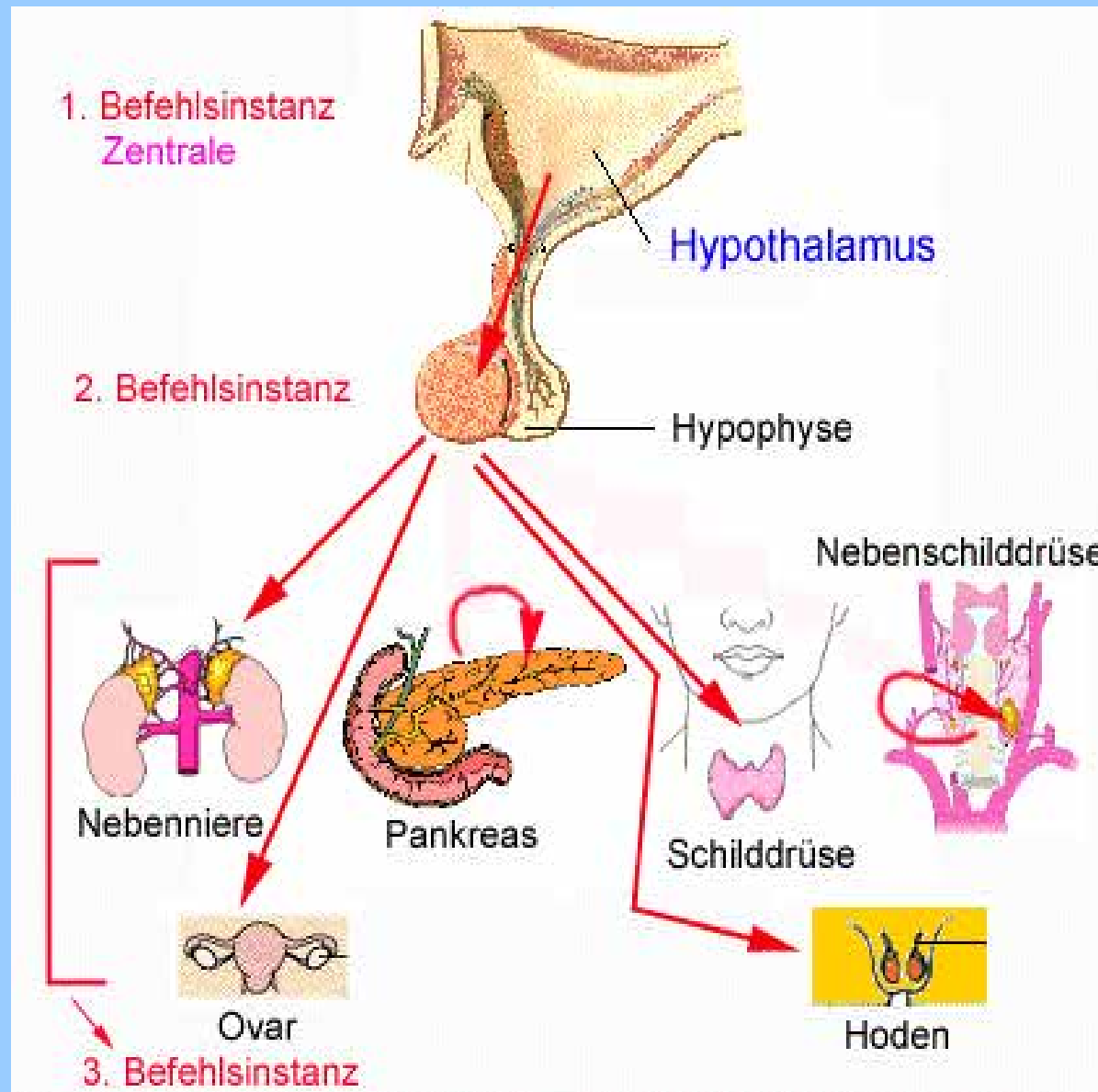


Grundlegende Funktionsprinzipien des Hormonsystems

Regulation

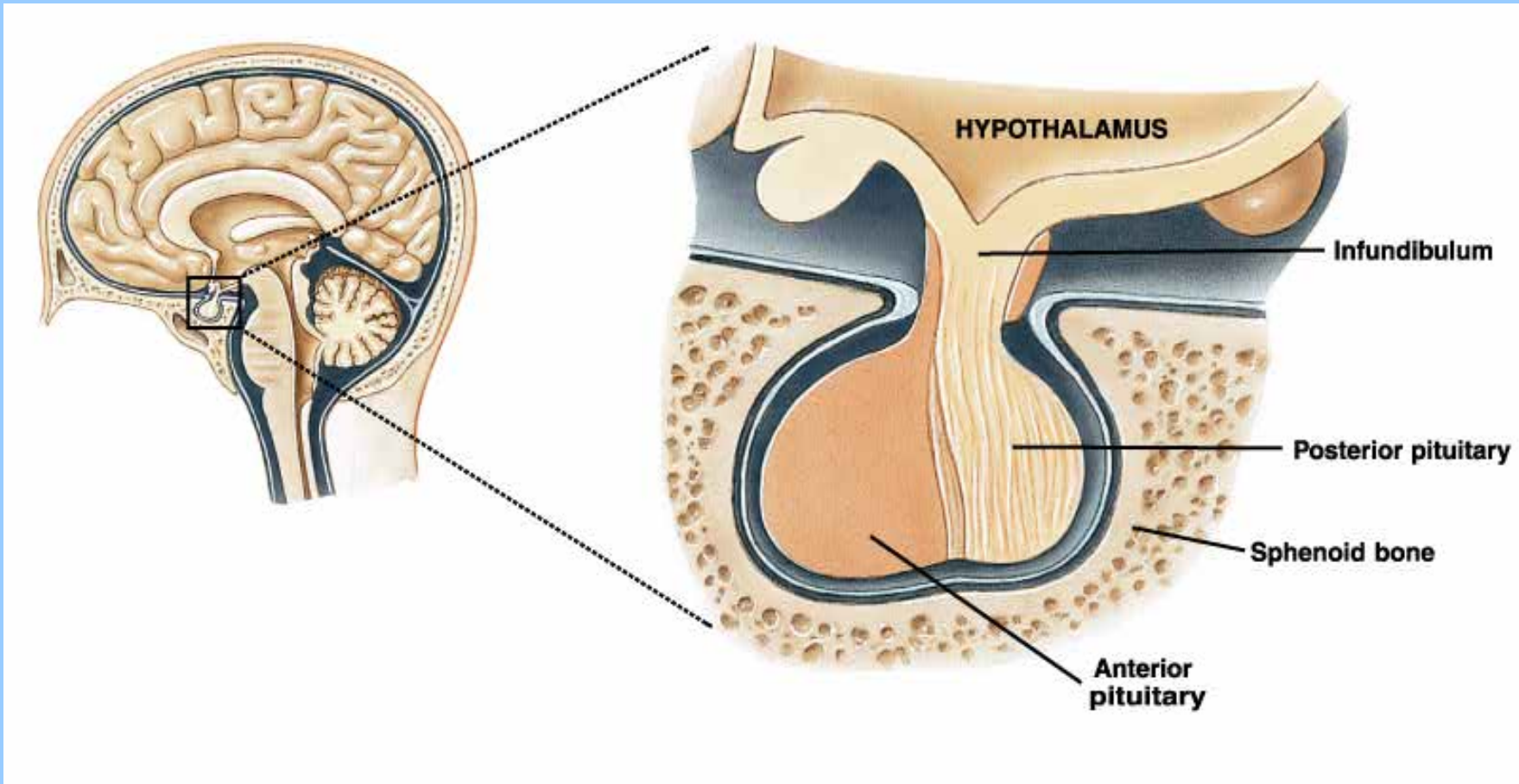


Hierarchie des Hormonsystems



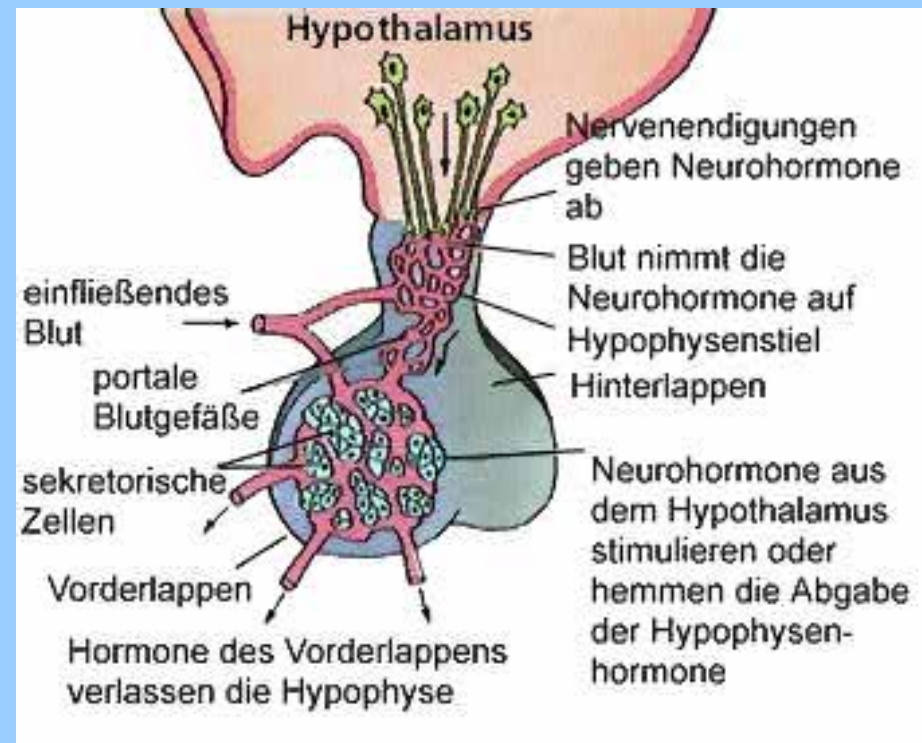
Hierarchie des Hormonsystems

Hypothalamus-Hypophysen-Achse

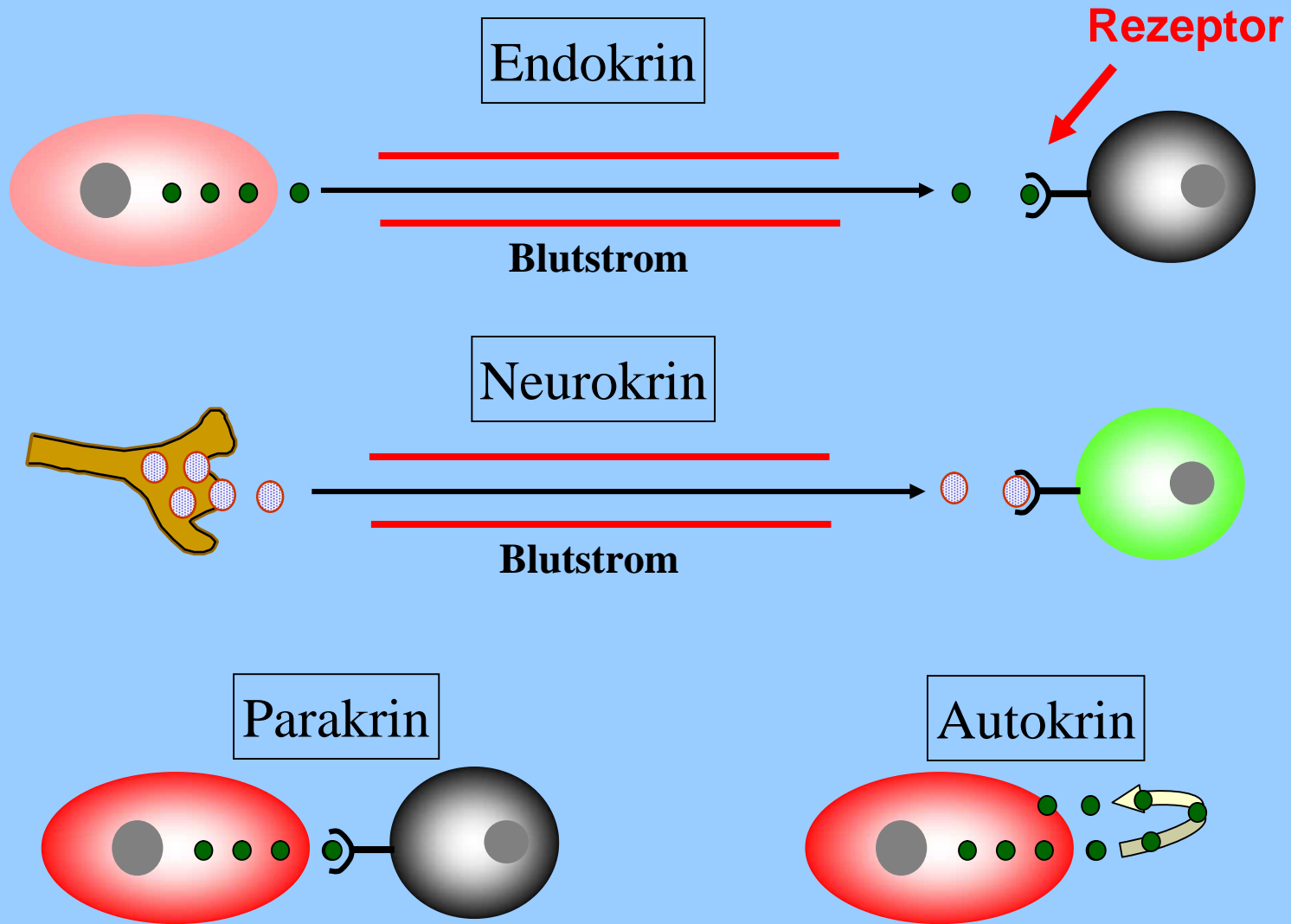


Hypothalamus-Hypophysen-System

- Im Hypothalamus treffen die Verbindungen des *vegetativen Nervensystems* zusammen.
- Dieses System koordiniert alle wichtigen Lebensvorgänge des menschlichen Körpers z. B. Wärmeregulation, Wasserhaushalt, Schlafen, Atmung, Hunger, Sexualfunktion u.a.
- Alle diese Funktionen werden maßgeblich durch Hormone gesteuert.



Wie wirken Hormone ?



Hormone – Begrifflichkeit

Endokrine Sekretion: Abgabe von Hormonen in das Blut oder in die Lymphe

Parakrine Sekretion: Abgabe von Hormonen an benachbarte Zellen

Autokrine Sekretion: Hormonwirkung auf die sezernierende Zelle selbst

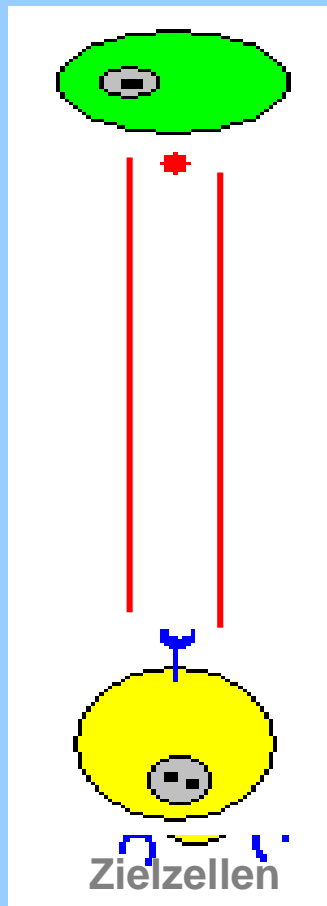
Exokrine Sekretion: Abgabe von Sekreten an Oberflächen, die Kontakt zur Außenwelt haben (z.B. Haut, Darm)

Rezeptoren: Spezifische Bindungsstellen für Signalmoleküle auf der Zellmembran oder im Zellinneren

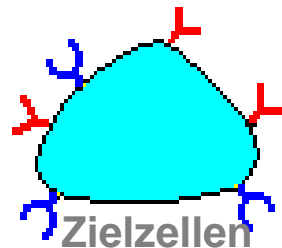
Wie wirken Hormone ?

Rezeptor

Sekretorische
Zelle

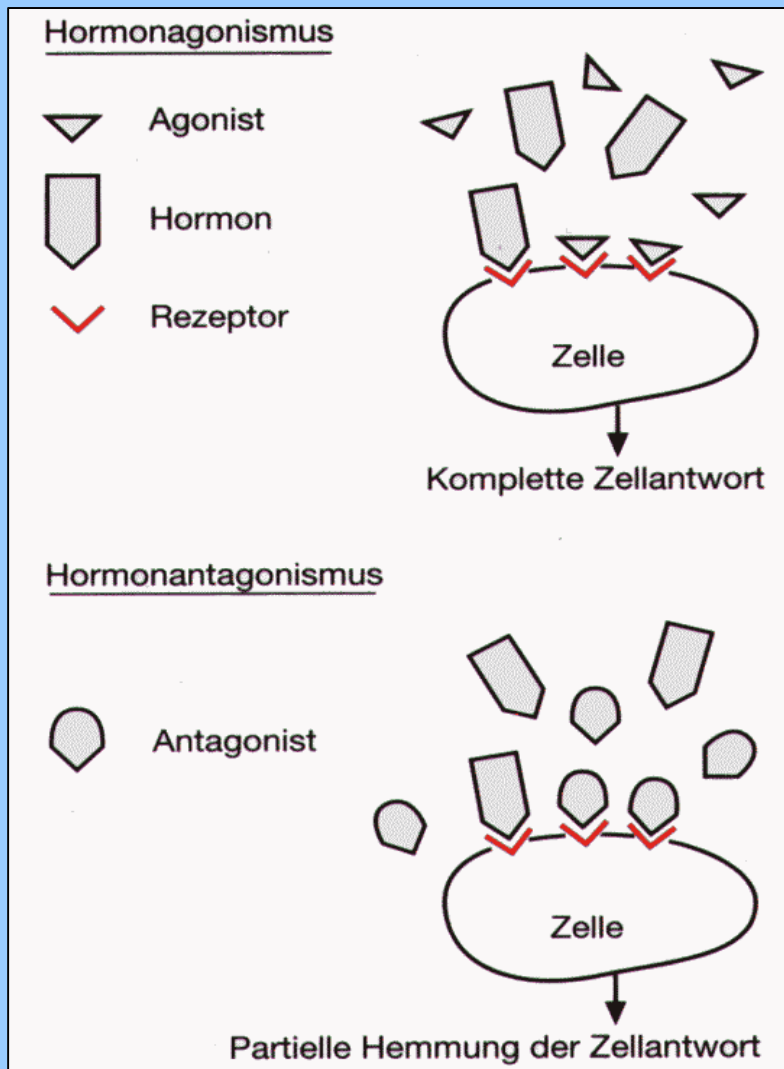


- Sekretorische Zellen produzieren ein Hormon
- Hormon wird „**primär ziellos**“ freigesetzt
- Ziel: Zellen, die **einen Rezeptor** für dieses Hormon tragen
- Freisetzung eines Hormons bewirkt **eine spezifische Antwort** der Zelle
 - => z.B: Produktion eines weiteren Hormons
 - Anpassung an eine veränderte Stoffwechselrate, etc.
- Zellen haben bis zu 100000 Rezeptoren für verschiedene Hormone



Wie wirken Hormone ?

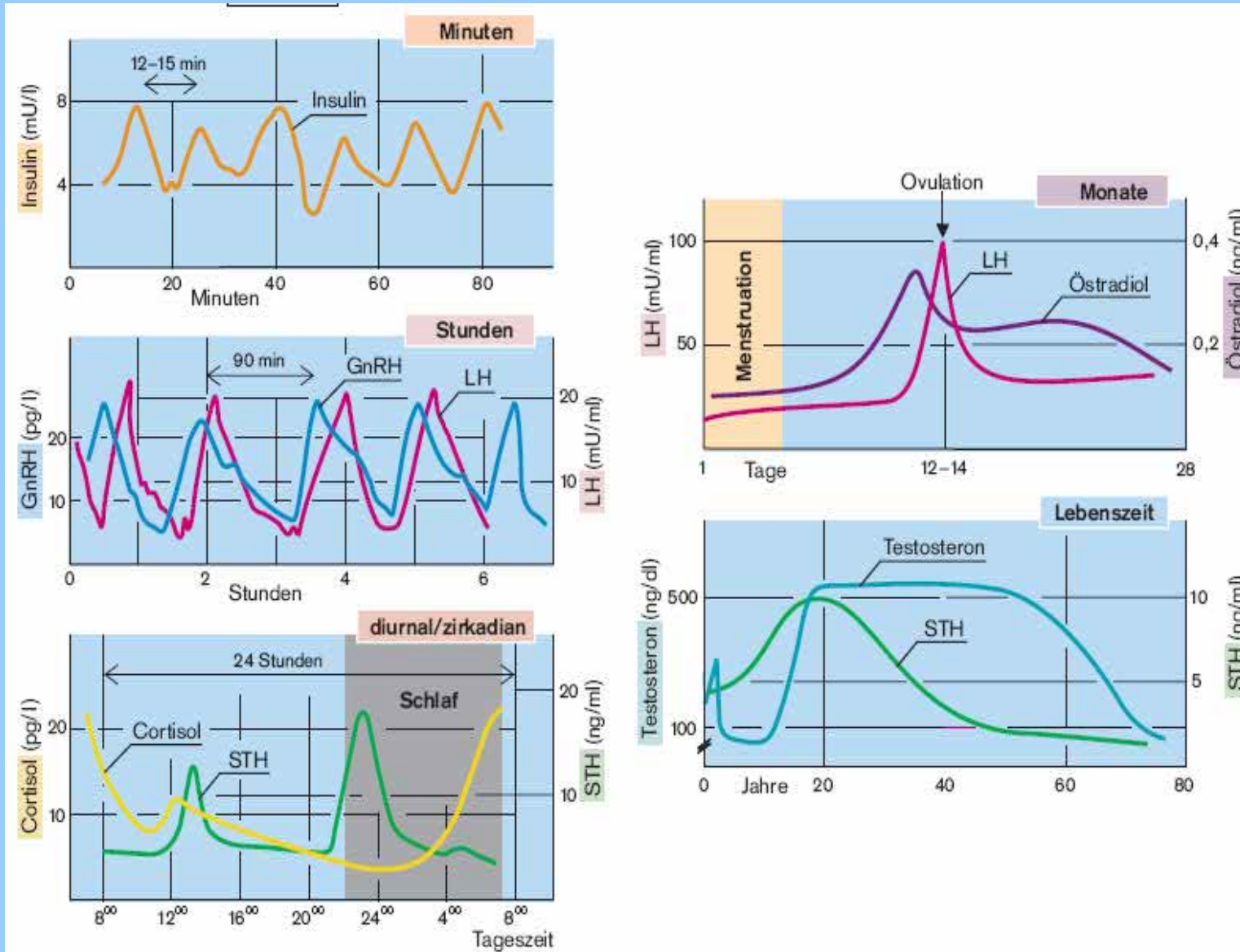
Rezeptor



Agonist: Ein Molekül, das, nach Bindung an einen Hormonrezeptor, die für das Hormon charakteristische Zellantwort auslöst

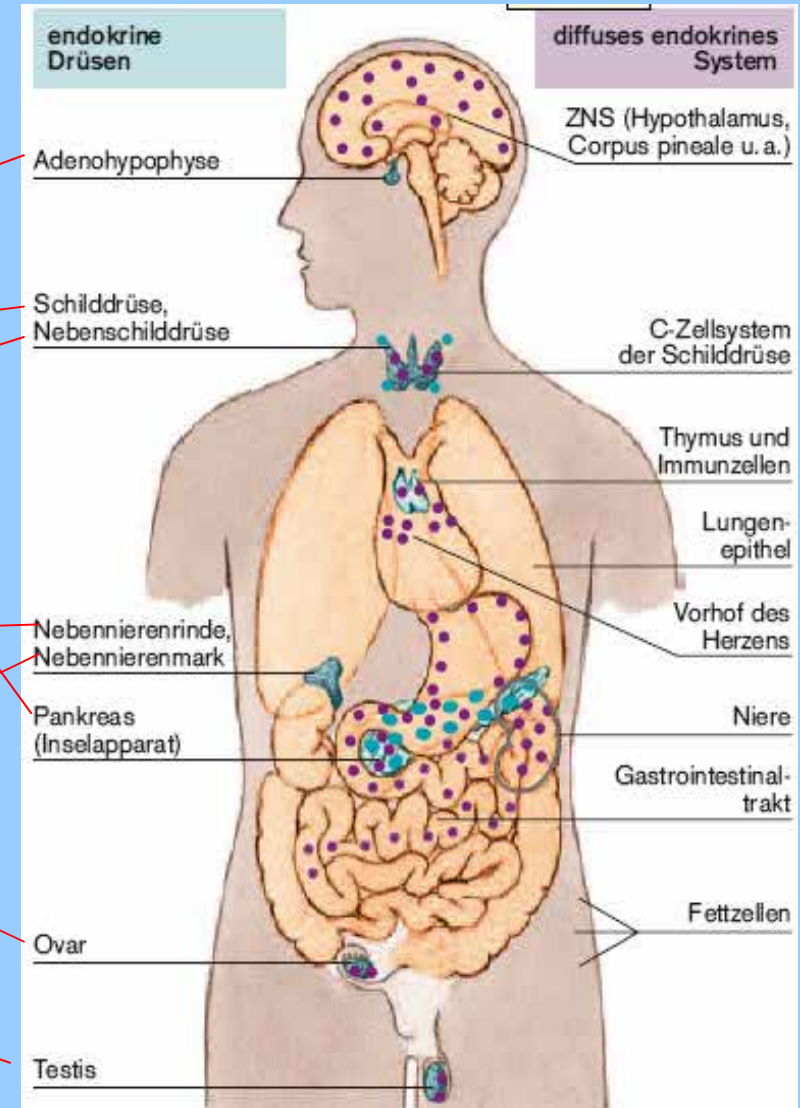
Antagonist: Ein Molekül, das, nach Bindung an den Rezeptor, keine für das entsprechende Hormon charakteristische Zellantwort auslöst

Freisetzung von Hormonen



Einteilung der Hormone

| Organe/Gewebe | Hormone/Neuropeptide |
|-------------------------------------|--|
| Klassische endokrine Drüsen | |
| Adenohypophyse | LH, FSH, ACTH, TSH STH, Prolactin |
| Schilddrüse | Thyroxin (T ₄), Triiodthyronin (T ₃) |
| Nebenschilddrüse | Parathormon |
| Langerhans-Inseln (Pankreas) | Insulin, Glucagon, Somatostatin, pankreatisches Polypeptid |
| Nebennierenrinde | Mineralocorticoide, Glucocorticoide, Androgene |
| Nebennierenmark | Adrenalin, Noradrenalin, Enkephaline |
| Ovar | Östrogene, Gestagene, Inhibin, Relaxin, Activine, Follistatin |
| Testis | Androgene, Inhibin |
| Plazenta | hCG, hPL, Progesteron, Östrogene |



Schilddrüsenhormone

Einfluss auf Wachstum und Reifung

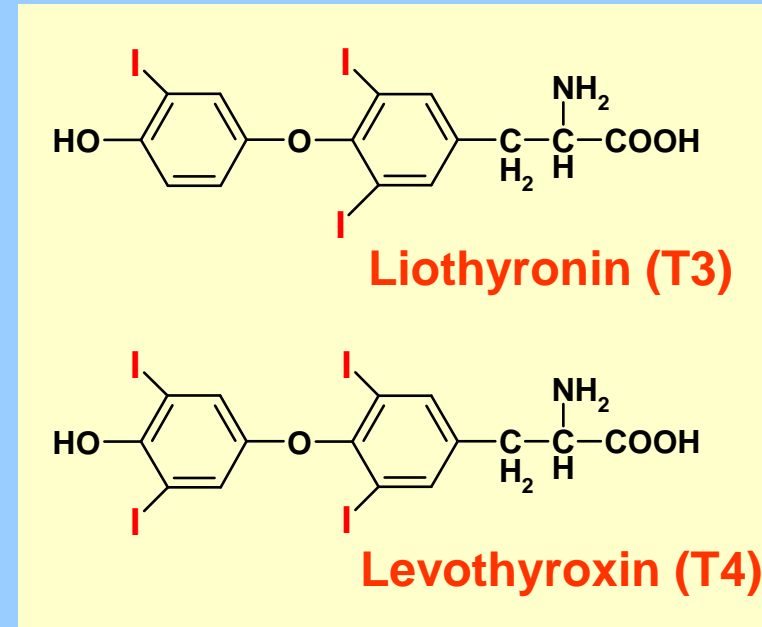
**Beeinflussung des
Energiestoffwechsels**

**Für die Synthese benötigt
der Körper Jod**

**Der Jodvorrat des Körpers und der
tägliche Bedarf betragen durch-
schnittlich 7 mg und 70 µg (1%).**

**Das tägliche Jodangebot beträgt je
nach Region 10-500 µg in Nahrung
und Trinkwasser**

è reicht nicht überall !



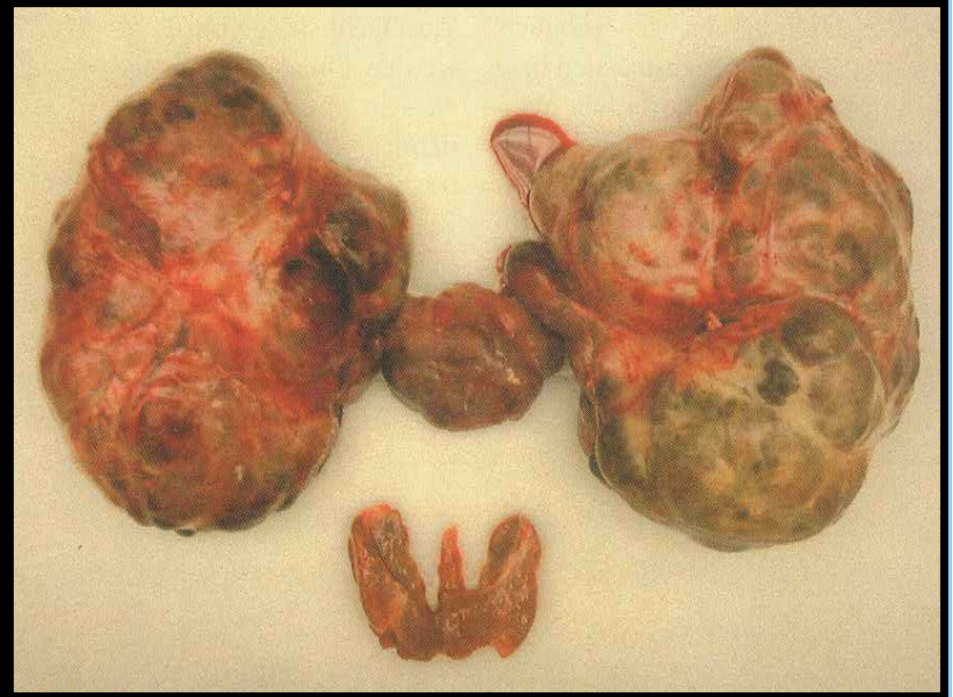
Fünf Kilo Schilddrüse zu viel!



Diese Struma hatte 20 Jahre Zeit, zu wachsen. Mit Rollkragenpullovern versuchte die Frau ihren Kropf zu kaschieren.

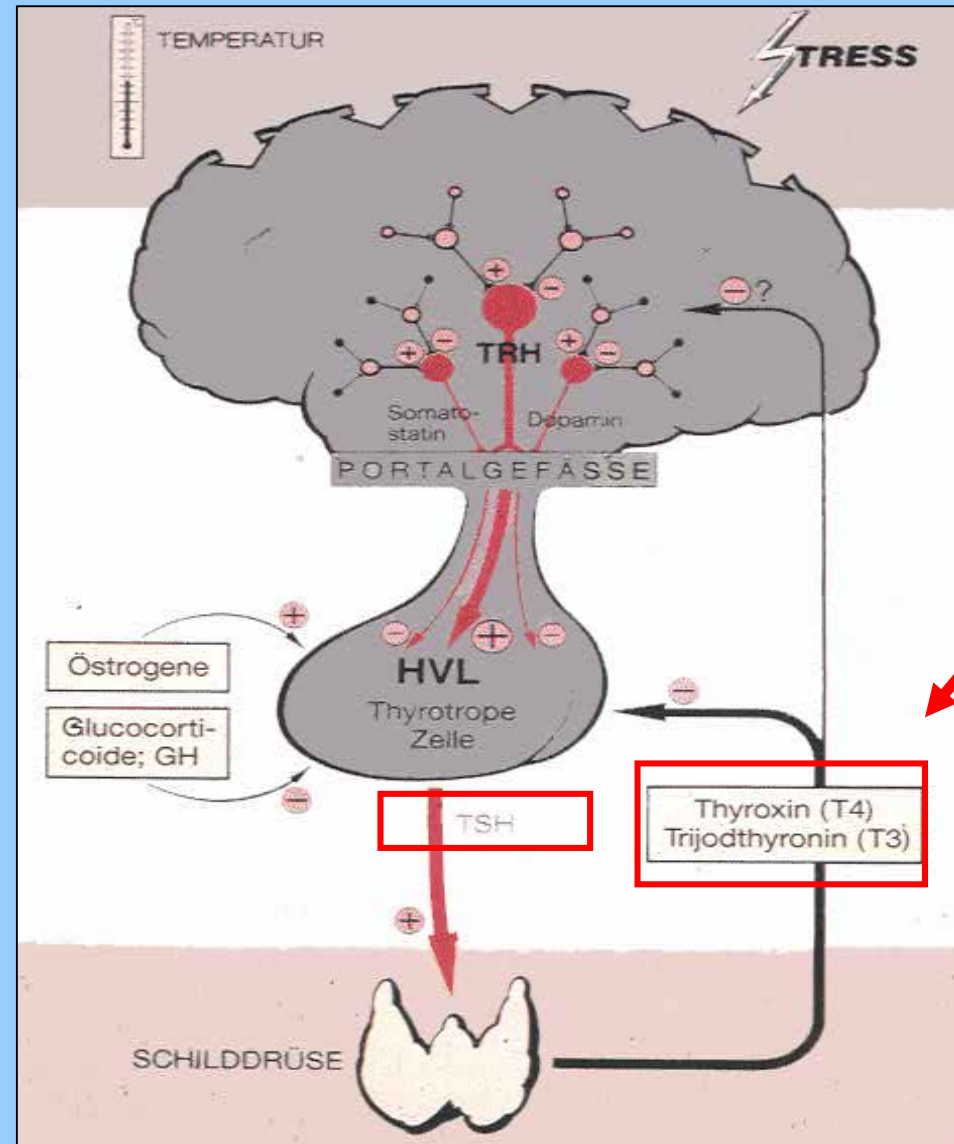


Der postoperative Befund. Frühestens ein halbes Jahr später sollen die überflüssigen Hautlappen noch reseziert werden.



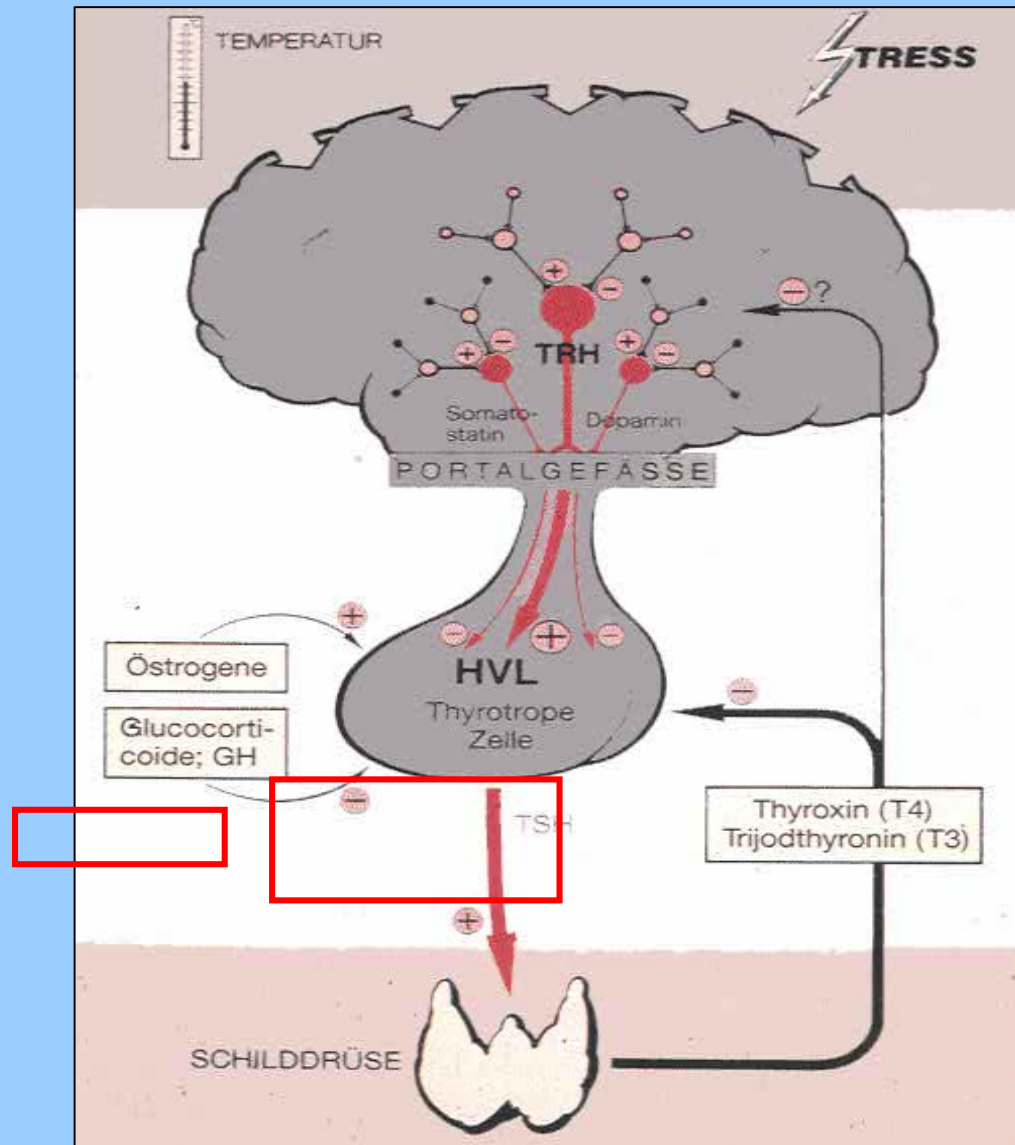
Im Vergleich zu den 100 g einer normalen Struma (unten) brachte die Schilddrüse dieser Patientin 5.1 kg (oben) auf die Waage.

Schilddrüsenhormone - Regulation

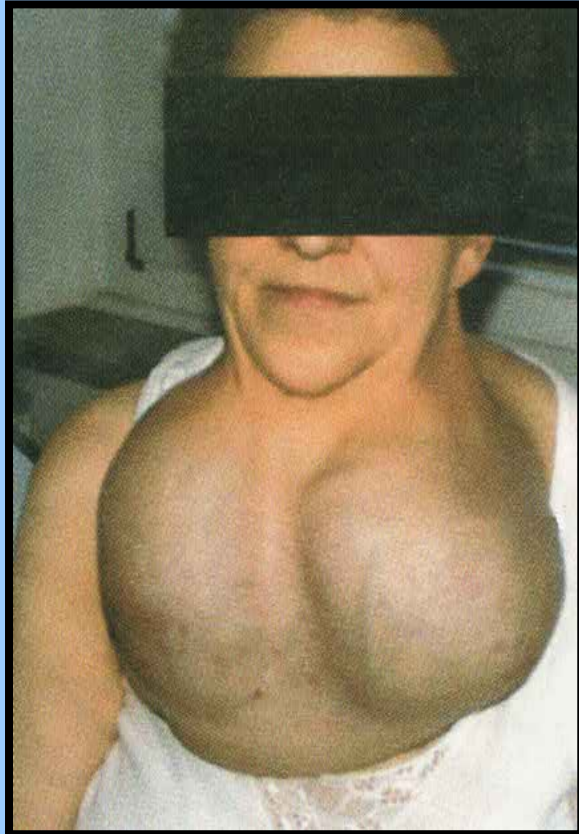


Thyroxin, Jod

Schilddrüsenhormone - Therapie



Schilddrüsenhormone - Therapie



Jodmangel-Struma (“Kropf”):

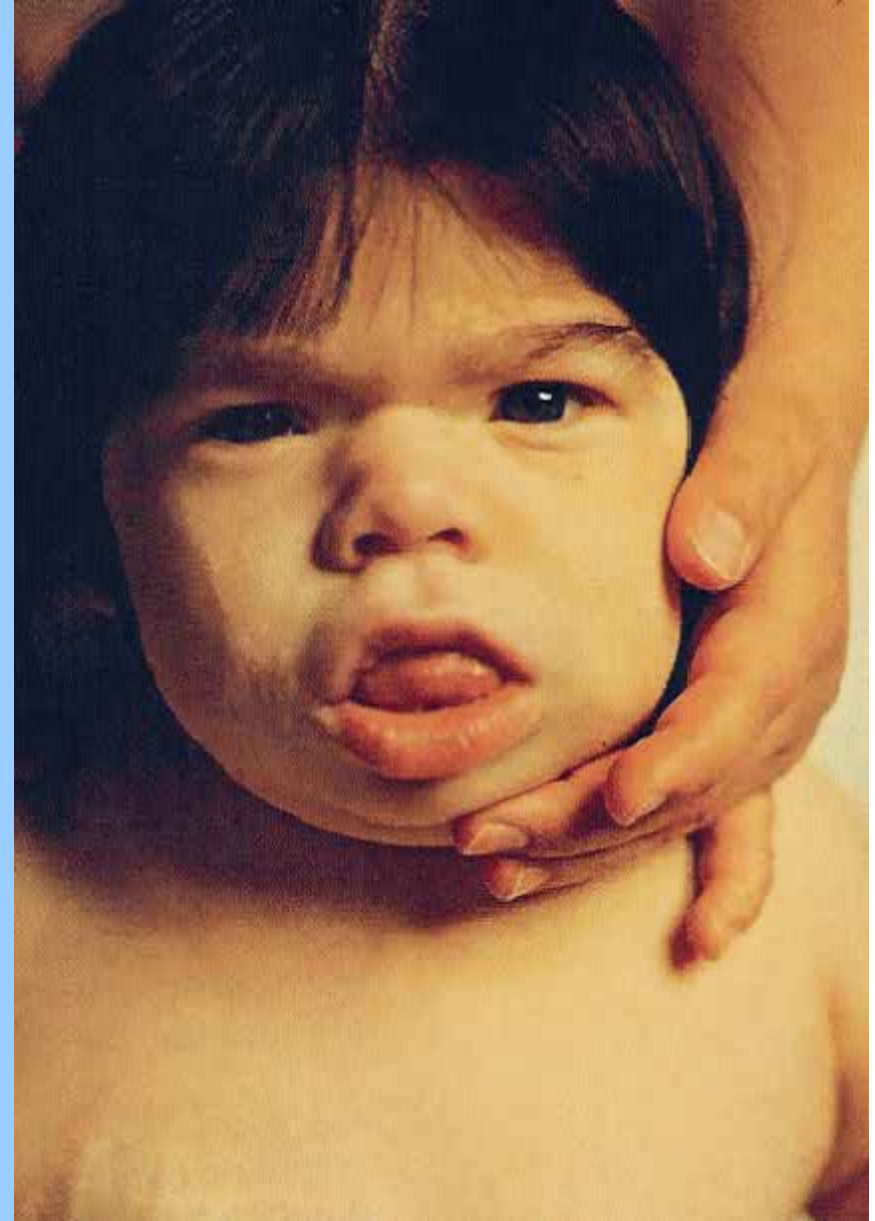
- Thyroxin infolge Jodmangel ↓
- Regulatorische TRH und TSH ↑
- Volumen der Schilddrüse ↑

Hypothyreose

3-Jährige:
gesund (96 cm)

krank (74 cm)

10-jähriges unbehandeltes Mädchen



Insulin

Insulin: Pancreas (Bauchspeicheldrüse)

senkt den Blutzuckerspiegel

Mechanismen: fördert die **Glucoseaufnahme und den Glucoseverbrauch**

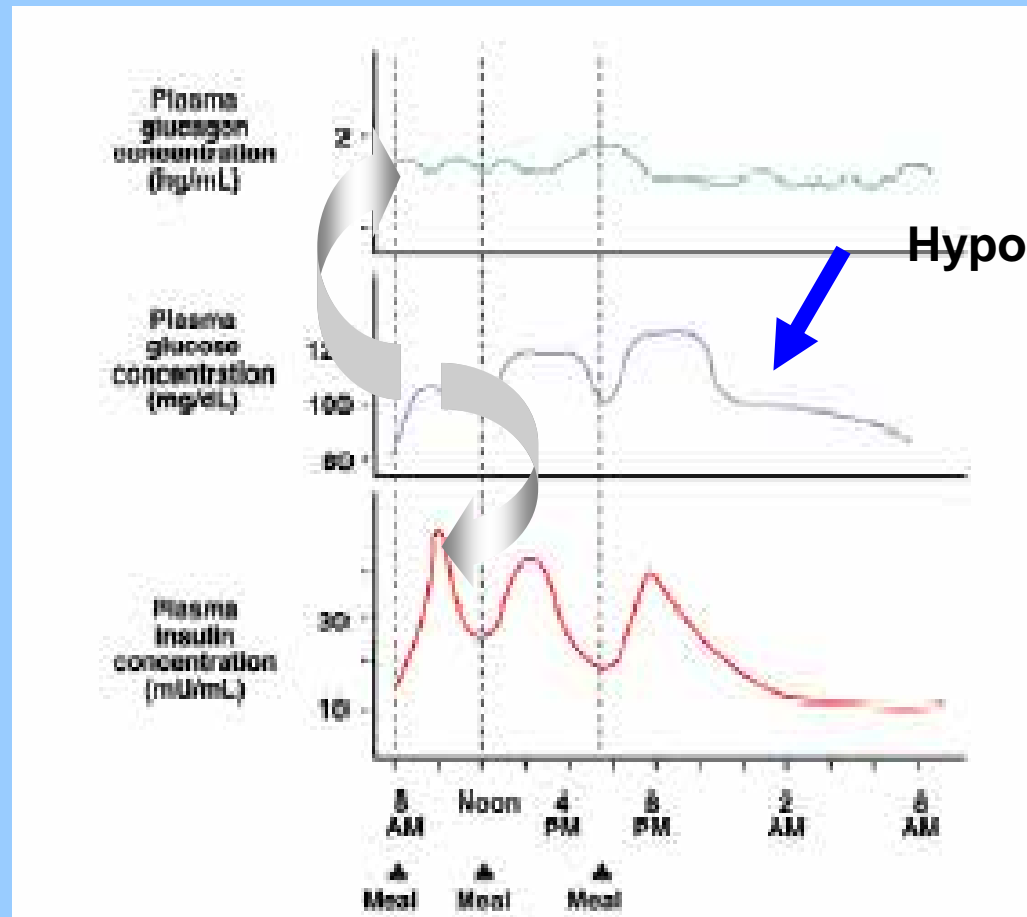
hemmt den Abbau von Glycogen und fördert die **Synthese von Glycogen** aus Glucose

fördert den Fettabbau aus Glucose und **hemmt die Lipolyse**

fördert den Eiweißaufbau

Glucagon: Bildungsort α -Zellen, Antagonist, erhöht den Blutzuckerspiegel (Glykogenolyse)

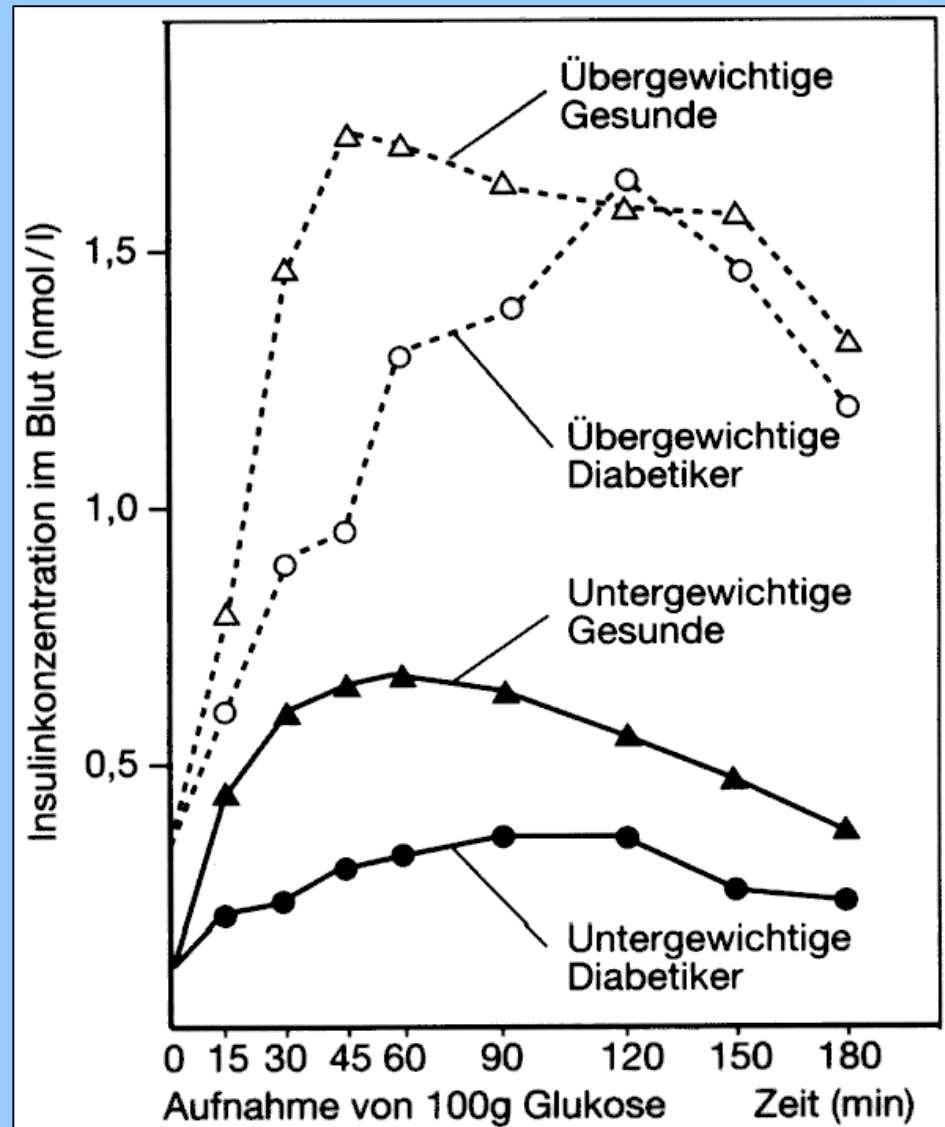
Postprandiale Blutzuckerregulation



Hypoglykämie ??

BZ steigt

Diabetes mellitus Typ II



- erhöhte Blutzuckerspiegel
- erhöhte Insulinspiegel
- **periphere Insulinresistenz**
- **verminderte Insulinsensitivität**

Diabetes mellitus Typ II

Zunahme der
Erkrankungen
als Folge
körperlicher
Inaktivität
(Volkskrankheit)

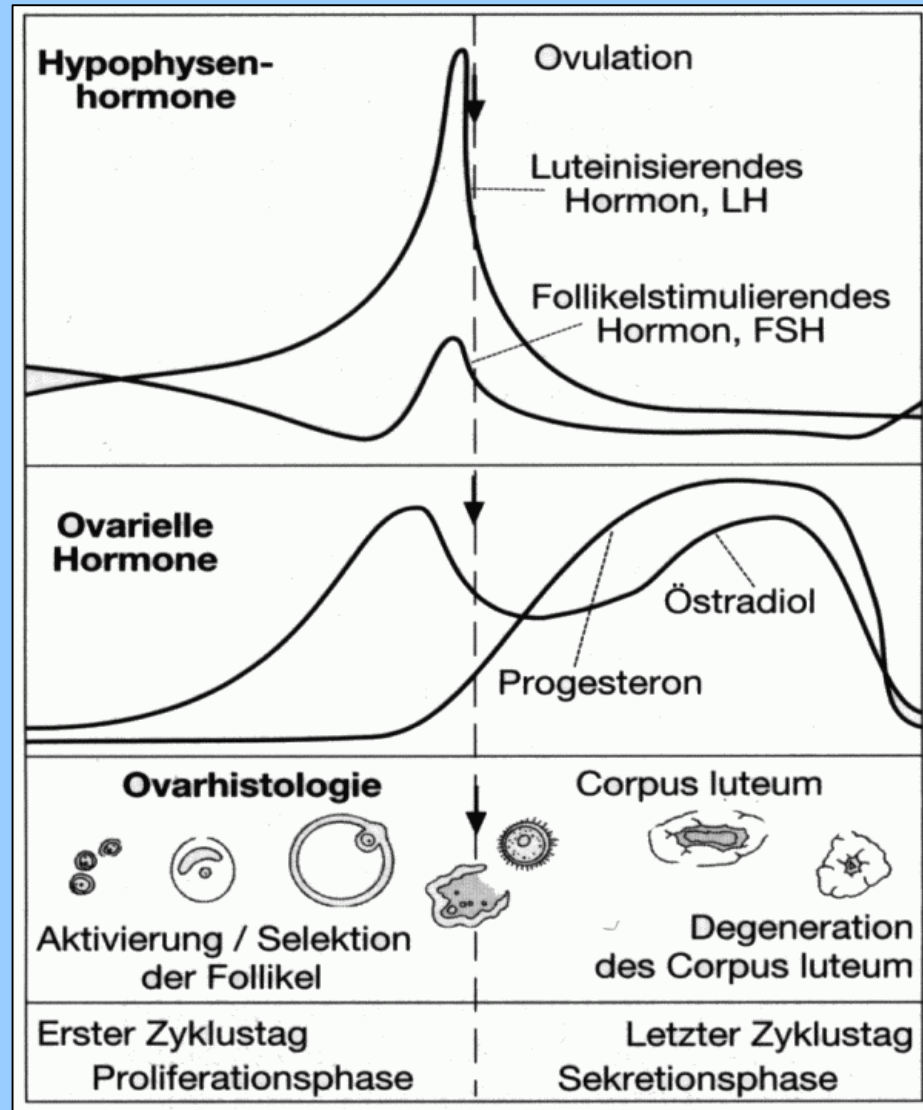


Weltweit nimmt die Zahl der Altersdiabetiker (Typ-2) rasch zu:

| | | |
|-----------------------------|------|--------------|
| Entwicklung in Deutschland: | 1990 | 5 Millionen |
| | 2000 | 10 Millionen |
| | 2010 | 20 Millionen |

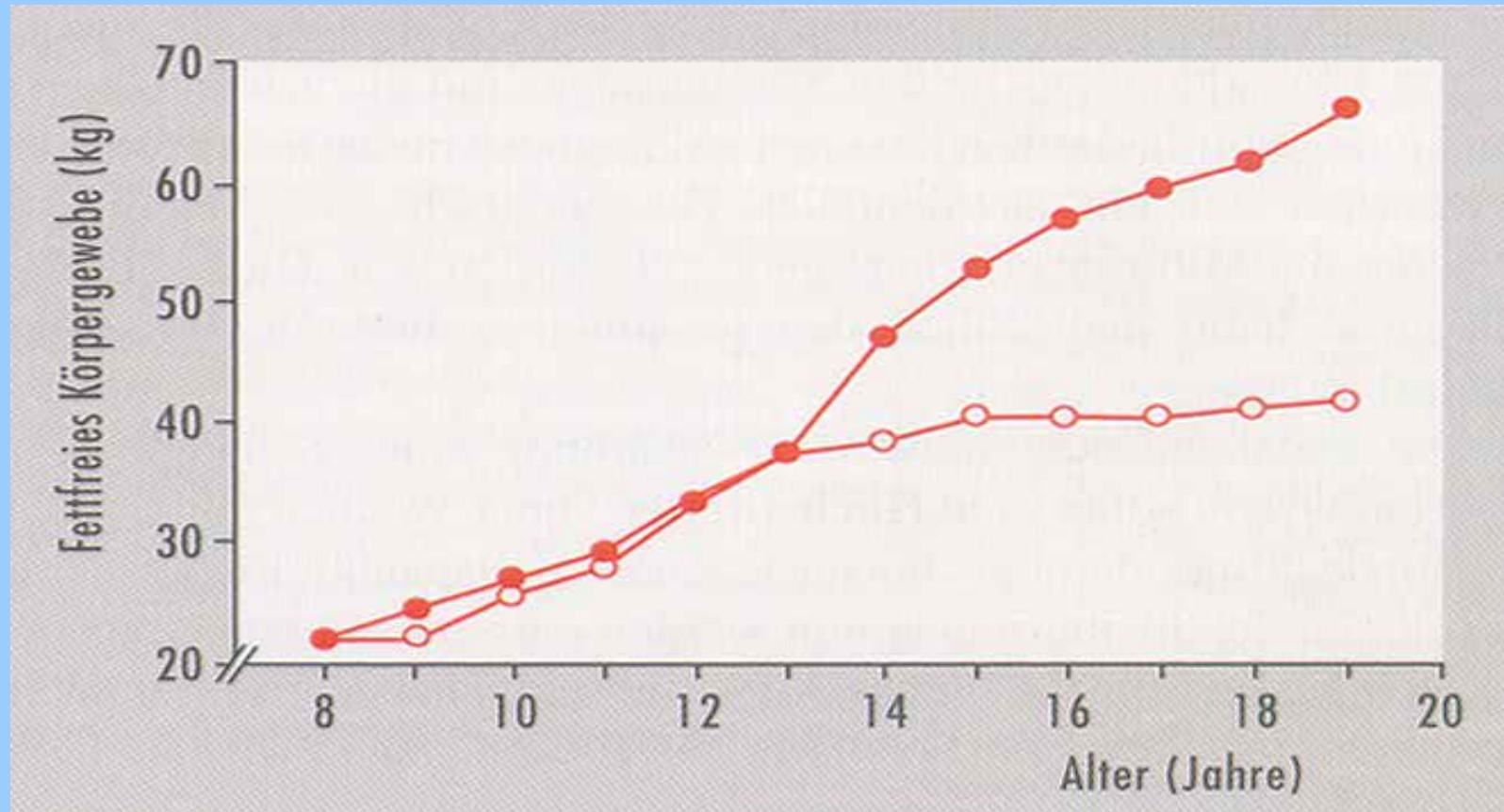
Therapie: Sport zur Prävention und Rehabilitation u.a.

Geschlechtshormone



**Hormonspiegel im Blut
und Entwicklung der
Ovarienfollikel im
Verlauf eines
Menstruationszyklus**

Geschlechtshormone



Die Veränderung der fettfreien Körpermasse (LBM) im Zuge des Wachstums bei durchschnittlich aktiven männlichen (rote Punkte) und weiblichen Personen (rot umrandete Punkte) (nach Wilmore u. Costill, 1988).

Geschlechtshormone und Sport

Östradiol (E_2), Östron (E_1), Testosteron (T) und freies Testosteron (**Freies T**) bei 15 Frauen vor Beginn des Ausdauertrainings (**Baseline**), nach 9-monatigem Training mit wöchentlich 30 Meilen und nach weiteren 5 Monaten Training mit wöchentlich 50 Meilen.

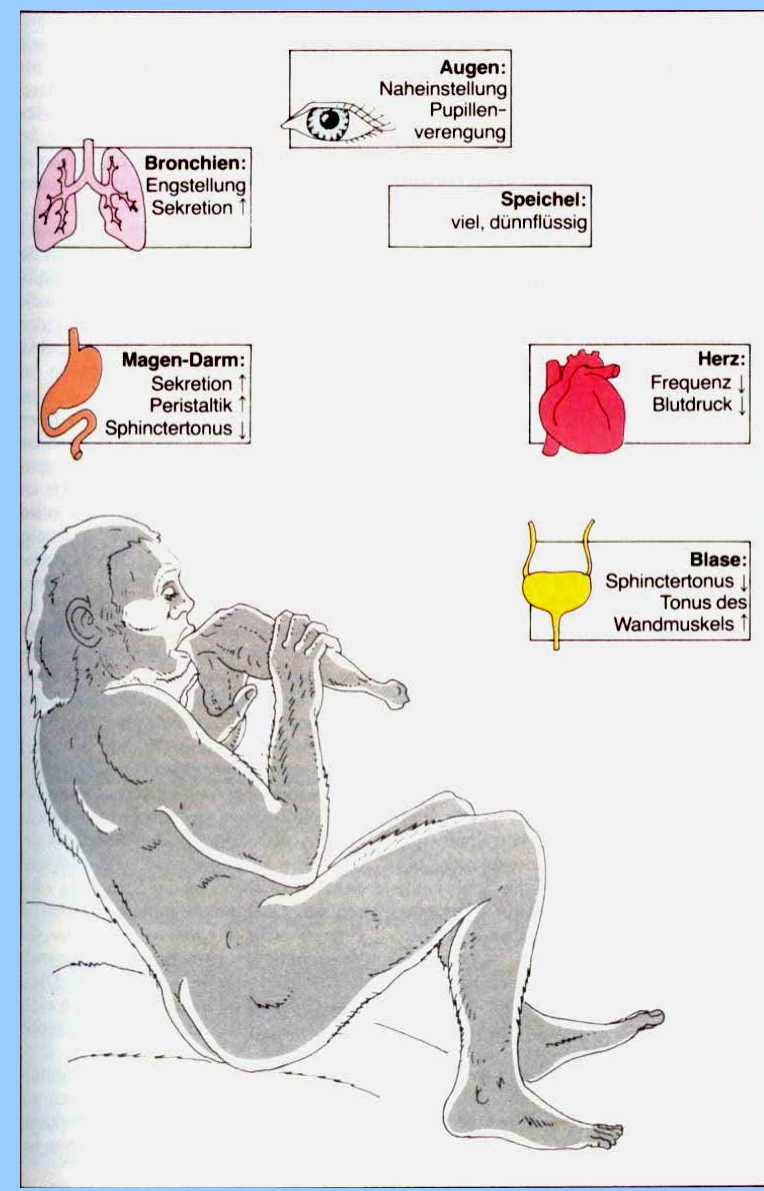
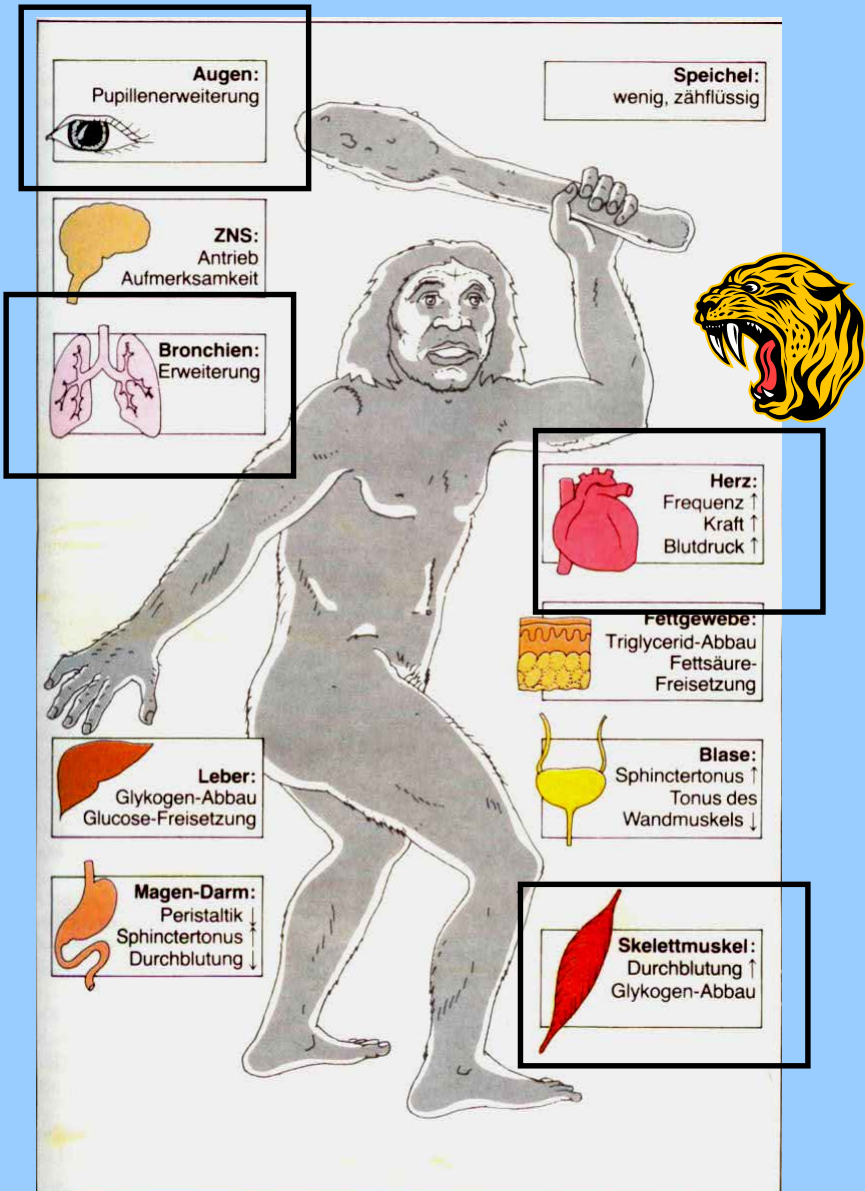
(Nach Boyden et al. 1983)

| | Baseline | $\Delta 30$ | $\Delta 50$ |
|---------------|------------------|------------------|------------------|
| E_2 [pg/ml] | 70,6 \pm 13,9 | 53,6 \pm 8,7 | 33,6 \pm 4,8 |
| E_1 [pg/ml] | 52,6 \pm 3,2 | 48,8 \pm 2,8 | 44,7 \pm 3,4 |
| T [pg/ml] | 242,0 \pm 29,2 | 206,3 \pm 20,8 | 222,5 \pm 32,6 |
| Freies T [%] | 1,1 \pm 0,1 | 1,2 \pm 0,1 | 1,2 \pm 0,1 |

Varianzanalyse: $F = 4,35$; $p = 0,03$



Die physiologische Streßreaktion



Die hormonelle Streßregulation im Sport

Herz-Kreislauf:



**Herzfrequenz
Blutdruck
Vasomotorik**

Atmung:



**Ventilation
Bronchomotorik**

Stoffwechsel:



**Glukoneogenese (Leber)
Glykogenolyse (Muskel)
Lipolyse**

Hormoneffekte auf den Kohlenhydrat- und Fettstoffwechsel

| Hormon Funktion | Insulin satt ← Puffer → hungrig | Glucagon | Adrenalin Alarm, Arbeit | Cortisol Bereitstellung |
|----------------------------------|------------------------------------|-----------------|----------------------------|----------------------------|
| Glucose Aufnahme in die Zelle | + | | + | |
| Glykolyse | + | - | + | - |
| Gluconeogenese (Leber) | - | + | + | + |
| Glykogen Bildung ← Abbau | Leber, Muskel ← | Leber → | Leber, Muskel → | Leber ← |
| Fett Bildung ← Abbau | Leber, Fettgewebe ← | Fettgewebe → | Fettgewebe → | Fettgewebe → |