

# 1 Endokrines System

## 1.1 Einführung

### Definition

#### Hormone

Hormone sind biochemische Botenstoffe, die zahlreiche Körperfunktionen in Gang setzen und/oder steuern. Sie werden von speziellen Drüsen oder Zellgeweben produziert. Deren Gesamtheit wird als endokrines System bezeichnet.

Der menschliche Organismus koordiniert die Funktionen aller Körperzellen über 2 Kommunikationssysteme (► Tab. 1.1):

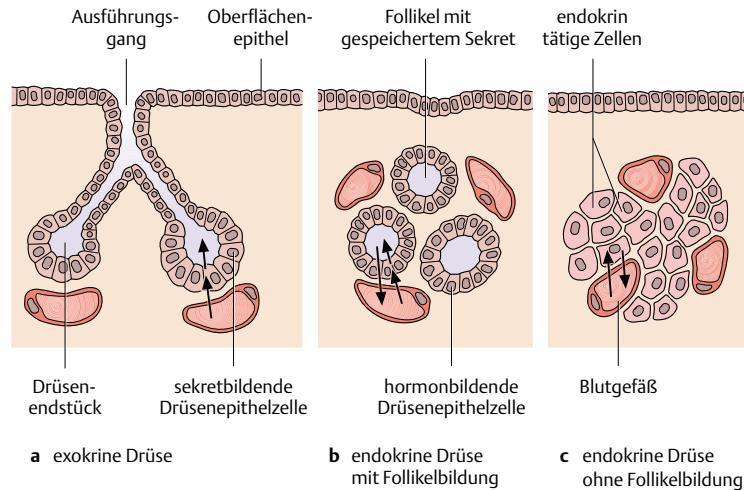
1. das **Nervensystem** (vor allem rasche, unmittelbare Informationen)
2. das **endokrine System** (vor allem langfristige, komplexe Einstellungen und Beeinflussung der Organe)

Bei der Steuerung der Körperfunktionen arbeiten das Nervensystem und das Hormonsystem eng zusammen. Das **Nervensystem** nutzt zur Informationsweiterleitung vorwiegend **elektrische Reize**, die sich mit hoher Geschwindigkeit entlang der Nervenbahnen fortpflanzen. Demgegenüber kann man das endokrine System als „drahtloses“ Kommunikationssystem (► Tab. 1.1) bezeichnen: Das **Hormonsystem** verwendet zur Informationsweitergabe ausschließlich **chemische Botenstoffe**, die überwiegend über den Blutweg transportiert werden. So können sie von jedem Ort des Körpers an jeden anderen gelangen.

Tab. 1.1 Informationsvermittlung über das Hormon- und Nervensystem.

|                            | Das endokrine System                            | Das Nervensystem   |
|----------------------------|---|--|
| Träger der Information     | chemische Botenstoffe                           | elektrische Impulse (Nerven)/chemische Botenstoffe (Synapse)                   |
| Zielgewebe/-zellen         | alle Körperzellen mit den jeweiligen Rezeptoren | andere Nervenzellen, Zellen des Bewegungsapparates, Drüsen                     |
| Wirkungseintritt/-zeitraum | Sekunden bis Monate                             | Millisekunden bis Sekunden   |
| Wirkung                    | sehr variabel; v. a. Stoffwechselreaktionen     | Aktivierung weiterer Nervenimpulse, Muskelan- und entspannung, Drüsenaktivität |

Abb. 1.1 Exokrine und endokrine Drüsen.



Einteilung der Drüsen nach dem Transport des Sekrets. Abb. aus: Schünke M, Schünke G. Was sind Hormone und wo werden sie produziert? In: Schünke M, Faller A, Hrsg. Der Körper des Menschen. 18. Auflage. Thieme; 2020

Die Signal- und Botenstoffe des endokrinen Systems steuern zahlreiche lebenserhaltende Funktionen wie Stoffwechsel, Sexualität, Körpertemperatur, Blutdruck und Wachstum. Zudem nehmen Hormone entscheidend Einfluss auf das psychische Befinden.

Erkrankungen und Störungen des Hormonsystems können vor diesem Hintergrund ein äußerst breites Spektrum von Symptomen zeigen. Für den Therapeuten sind diese vielfach nicht auf den ersten Blick „zusammenzubringen“. Häufig kann erst die Bestimmung der Botenstoffe im Blut zielführende Hinweise geben.

### Merke

#### Unterschied exokrine und endokrine Drüsen

**Exokrine** Drüsen geben ihre Produkte in den Darm oder an die Hautoberfläche ab.

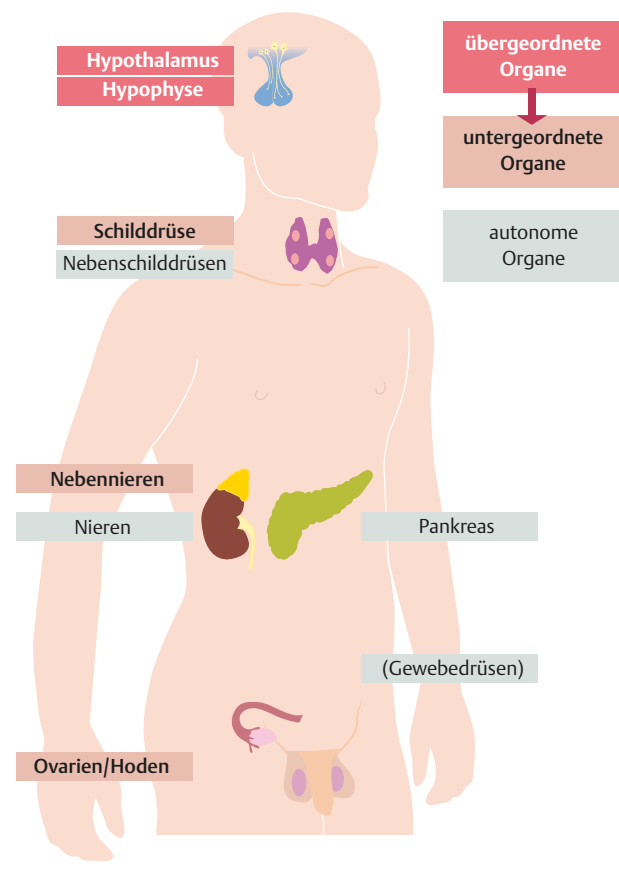
**Endokrine** Drüsen sezernieren Botenstoffe ins Blut oder wirken lokal direkt oder indirekt auf ihre Zielzellen (► Abb. 1.1).

## 1.2 Organe und Gewebe mit endokriner Funktion

Das endokrine System (Endokrinum) beschreibt **keine zusammenhängende Organstruktur**, sondern umfasst sehr unterschiedliche Organe und Gewebe, die über den gesamten Körper „verstreut“ sind (► Abb. 1.2). Dazu gehören:

- Teile des Gehirns: Hypothalamus, Hypophyse (Hirnanhangsdrüse) und Epiphyse (Zirbeldrüse)
- Schilddrüse
- Nebenschilddrüsen
- Nebennieren (mit Nebennierenrinde und Nebennierenmark)
- endokriner Anteil des Pankreas (Inselorgan)
- Geschlechtsorgane/Keimdrüsen (Eierstöcke und Hoden, Gebärmutter)
- sowie verschiedene Gewebe, die sog. Gewebshormone bilden (z. B. im Magen-Darm-Trakt)

Abb. 1.2 Wichtige Organe und Gewebe mit endokriner Funktion.



Daneben produzieren auch die Nieren, das Herz und das Fettgewebe Hormone bzw. hormonähnliche Botenstoffe.

## 1.2.1 Hierarchie im endokrinen System

Ein Teil der Hormonproduktion und -ausschüttung im menschlichen Körper ist eingebunden in ein hierarchisches System, an dessen Spitze der Hypothalamus und die Hypophyse stehen (sog. **Hypothalamus-Hypophysen-Achse**).

In diese Hierarchie eingebunden sind in erster Linie: **Hypothalamus, Hypophyse, Schilddrüse, Nebennierenrinden, Keimdrüsen (Hoden, Ovarien und Uterus) sowie die am Wachstum beteiligten Gewebe**. Andere Organe arbeiten unabhängig von der Hypothalamus-Hypophysen-Achse; z. B. die Nebenschilddrüsen, das Nebennierenmark und das Inselorgan des Pankreas.

Der Hypothalamus ist innerhalb dieses Steuerungssystems die wichtigste Kontrollinstanz. Als Schnittstelle zwischen Nerven- und Hormonsystem erhält er von Teilen des Gehirns wie auch aus der Körperperipherie Informationen über den Zustand des Körpers. Je nach Rückmeldungen werden bestimmte Hormone ausgeschüttet oder ihre Sekretion vermindert. Dadurch trägt er maßgeblich zur Homöostase (Gleichgewicht der Körperfunktionen) bei.

Entscheidende Kriterien sind hierbei u. a. der Blutdruck und die Sauerstoffversorgung des Körpers, die Menge vorhandener Stoffwechselprodukte und Elektrolyte, die Körpertemperatur und nicht zuletzt die Gefühlslage (z. B. Stress).

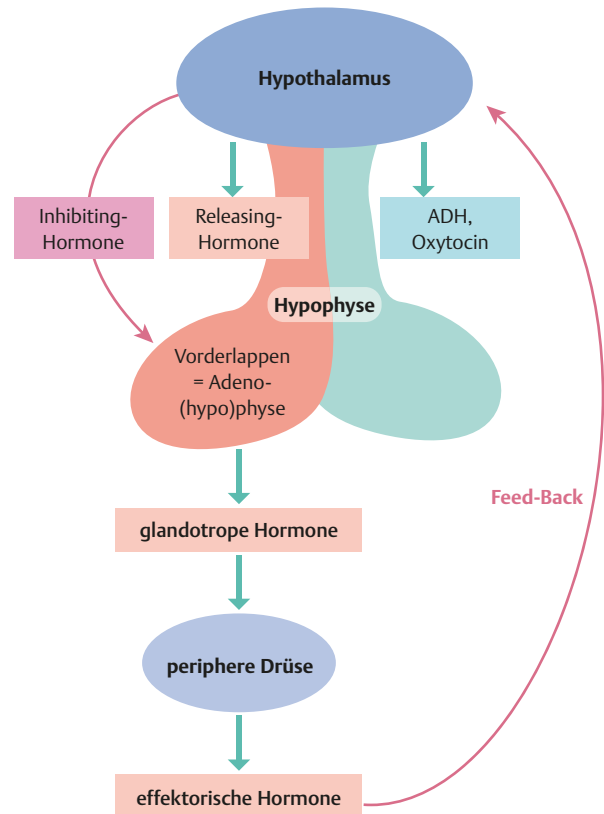
**Die Steuerung der Hormonfreisetzung erfolgt dabei in 4 Stufen:**

1. Der Hypothalamus steuert über sog. Releasing-Hormone (RH, auch: Liberine) die Aktivität des Hypophysenvorderlappens (HVL).
2. Der HVL setzt nach diesem Impuls Hormone frei, die wiederum an weitere endokrine Drüsen andocken (sog. glandotrope Hormone). Diese Botenstoffe haben also noch keinen unmittelbaren Effekt, sondern steuern verschiedene „Zwischenstationen“.
3. Die glandotropen Hormone bewirken an den jeweiligen Drüsen, dass effektorische Hormone freigesetzt werden.
4. Diese erreichen (in der Regel über den Blutweg) Zielorgane bzw. Zielzellen und lösen dort eine unmittelbare Wirkung aus (► **Abb. 1.3**).

Als Beispiel: Der Hypothalamus setzt das **Releasing-Hormon TRH** (Thyreotropin-Releasing-Hormon) frei. Dessen Ziel ist der Hypophysenvorderlappen, an dem es die Ausschüttung von TSH (Thyreoida-stimulierendes Hormon) triggert. Das Ziel des **glandotropen TSH** ist die Schilddrüse (TSH ist also das glandotrope Hormon), an der es die Freisetzung der Schilddrüsenhormone ( $T_3$ ,  $T_4$ ) bewirkt. Die **effektorischen Schilddrüsenhormone** wiederum docken an viele verschiedene Organe an und fördern dort z. B. den Stoffwechsel.

Gleichzeitig hemmen die Effektorhormone über einen **Rückkopplungsmechanismus** direkt die Ausschüttung der Steuerhormone aus dem Hypothalamus und der Hypophyse bzw. bewirken im Hypothalamus die Ausschüttung von sog. Release-Inhibiting-Hormonen, die die Hypophyse hemmen. Über diesen Regelkreis wird erreicht, dass der Körper nicht zu viel und nicht zu wenig Hormone produziert.

Abb. 1.3 Steuerung der Hormonfreisetzung.



Die Steuerung der Hormonfreisetzung erfolgt in mehreren Stufen und verfügt über einen Feedbackmechanismus.

### ✓✓✓ Fazit – das müssen Sie wissen

#### Hormone, endokrine Organe und endokrine Gewebe

Hormone sind **biochemische Botenstoffe**, die zahlreiche Körperfunktionen in Gang setzen und/oder steuern. Sie werden von speziellen Drüsen oder Zellgeweben produziert. Deren Gesamtheit wird als **endokrines System** bezeichnet. Teilweise fungieren die Botenstoffe auch im Nervensystem als Informationsträger.

**Organe**, die dem endokrinen System zugeordnet werden, sind Teile des Gehirns (Hypothalamus, Hypophyse und Epiphyse), Schilddrüse, Nebenschilddrüsen, Nebennieren, endokriner Anteil des Pankreas (Inselorgan), Geschlechtsorgane/Keimdrüsen sowie verschiedene Gewebe, die sog. Gewebshormone bilden (z. B. im Magen-Darm-Trakt).

Ein Teil der Hormonproduktion und -ausschüttung im menschlichen Körper ist eingebunden in ein **hierarchisches System**, an dessen Spitze der Hypothalamus und die Hypophyse stehen. Eingebunden sind hier Schilddrüse, Nebennierenrinden, Keimdrüsen sowie die am Wachstum beteiligte Gewebe. Die anderen endokrinen Organe arbeiten autonom.

### 1.2.2 Vertiefungsfragen

#### ?? Vertiefungsfragen

**Frage 1**

Nerven- und Hormonsystem wirken bei der Steuerung der Körperfunktion zusammen, arbeiten aber in vielen Aspekten unterschiedlich. Ordnen Sie in der nachfolgenden Aufstellung (► Tab. 1.2) dem Nervensystem und dem Hormonsystem die Eigenschaften bzw. Aspekte der linken Spalte zu:

Tab. 1.2 Aufgabe: Unterschiede Nerven- und Hormonsystem.

| Eigenschaft/Aspekt                             | Nervensystem | Hormonsystem |
|--|--------------|--------------|
| chemische Botenstoffe                          |              |              |
| elektrische Reize                              |              |              |
| schneller Wirkungseintritt                     |              |              |
| Regelung von „Grundeinstellungen des Körpers“  |              |              |
| Wirkung an Drüsen                              |              |              |
| Wirkung an der Muskulatur                      |              |              |
| Steuerung teilweise unter Einfluss des Gehirns |              |              |

**Musterlösung:**

**Hormonsystem:** chemische Botenstoffe, Regelung von „Grundeinstellungen“ des Körpers, Wirkung an Drüsen, Steuerung teilweise unter Einfluss des Gehirns  
**Nervensystem:** elektrische Reize, schneller Wirkungseintritt, Wirkung an Drüsen, Wirkung an der Muskulatur, Steuerung teilweise unter Einfluss des Gehirns

**Frage 2**

Zum endokrinen System gehören zahlreiche Organe und Gewebe. Zählen Sie diese in der linken Spalte der ► Tab. 1.3 auf. Überlegen Sie, ob diese Organe oder Gewebe Teil des Hypothalamus-Hypophysen-Systems sind bzw. davon abhängen oder ob sie autonom/unter Einfluss anderer Faktoren agieren. Setzen Sie dazu ein Kreuz in Spalte 2 oder 3.

Tab. 1.3 Aufgabe: Endokrine Organe und ihre Steuerung.

| Organ/Gewebe | Teil des/abhängig vom Hypothalamus-Hypophysen-Systems | autonom/unter Einfluss anderer Faktoren |
|--------------|---|---|
|              |   |   |
|              |   |   |
|              |   |   |
|              |   |   |
|              |   |   |
|              |   |   |
|              |   |   |
|              |   |   |
|              |   |   |
|              |   |   |
|              |   |   |
|              |   |   |
|              |   |   |

**Musterlösung:**

**Autonom** bzw. unter Einfluss anderer Faktoren: Epiphyse (Zirbeldrüse), Nebenschilddrüsen, Nebennierenmark, Inselorgan des Pankreas, Gewebe z. B. des Verdauungstraktes (Gewebshormone), Herz, Nieren, Fettgewebe.  
 Abhängig vom **Hypothalamus-Hypophysen-System:** Hypothalamus, Hypophyse (Hirnanhangsdrüse), Schilddrüse, Nebennierenrinne, de. Geschlechtsorgane/Keimdrüsen (Eierstöcke, Hoden, Gebärmutter).

**Frage 3**

Warum muss man auch in der Diagnostik von Erkrankungen berücksichtigen, ob ein Organ in die Steuerungsmechanismen zwischen Hypothalamus, Hypophyse und Zielorganen eingebunden ist?

**Musterlösung:**

Wenn z. B. eine Problematik entsteht, weil im Körper zu viele oder zu wenige Schilddrüsenhormone vorliegen, kann das auf einer Erkrankung der Schilddrüse selbst beruhen. Es ist aber auch möglich, dass das Organ selbst einwandfrei funktioniert, seine Steuerung durch die Hypophyse jedoch gestört ist. Insofern müssen in der Diagnostik beide Organe berücksichtigt werden. Wenn hierbei keine Ursache zu ermitteln ist, müsste man noch eine weitere Stufe in der Steuerungsschase beleuchten und nach einer Störung in der nächsten höheren Instanz (Hypothalamus) suchen.

## 1.3 Aufbau und Eigenschaften von Hormonen

### 1.3.1 Glanduläre und aglanduläre Hormone

Je nachdem, wie das Organ aufgebaut ist, von dem die Hormone gebildet werden, unterscheidet man **glanduläre und aglanduläre Hormone** (► Tab. 1.4).

### Glanduläre Hormone

Glanduläre Hormone sind die **Produkte von Drüsen** (Glandulae). Dies ist z. B. bei der Hypophyse, der Schilddrüse oder den Nebennieren der Fall.

Eine Sonderstellung nimmt das Pankreas ein. Die Bauchspeicheldrüse ist – wie der Name sagt – ebenfalls ein drüsiges Organ, hat aber 2 grundverschiedene Funktionen: Dort werden in jeweils spezialisierten Geweben **sowohl exokrine als auch endokrine Sekrete** gebildet. Die exokrinen Drüsen dienen der Produktion von Verdauungsenzymen; die in das Pankreas eingelagerten Inselzellen (Inselorgan (S.32) geben ihre Sekrete in die Blutbahn ab (vertiefende Informationen dazu finden Sie in Lernmodul 9: „Ernährung und Verdauung“).

Tab. 1.4 Glanduläre Hormone. (Anm.: Die fett dargestellten Begriffe sind die gebräuchlichen Bezeichnungen.)

| Bildungs-/ Speicherort | Hormon (Akronyme)    | vollständiger Name/ Synonym  | Zielorgane (Hauptwirkungs-ort)       | Anmerkung   |
|------------------------|----------------------|--|--------------------------------------|---|
| Hypophyse              | <b>ADH</b>           | Antidiuretisches Hormon, Adiuretin   | Niere                                | gebildet im Hypothalamus, gespeichert im Hypophysenhinterlappen (HHL) |
|                        | <b>Oxytocin</b>      | –  | Gebärmutter, Brustdrüse (Milchfluss) |   |
|                        | <b>ACTH</b>          | Adrenokortikotropes Hormon, Corticotropin                                      | Nebennierenrinde                     | Merke: ACTH wirkt nicht auf das Nebennierenmark!                      |
|                        | <b>TSH</b>           | Thyreoida-stimulierendes Hormon, Thyreotropin                                  | Schilddrüse                          |   |
|                        | <b>FSH</b>           | Follikel-stimulierendes Hormon   | Keimdrüsen                           |   |
|                        | <b>LH</b>            | Luteinisierendes Hormon  | Keimdrüsen                           |   |
|                        | PRL o. LTH           | <b>Prolaktin</b>   | Brustdrüse (Milchbildung)            |   |
|                        | GH, STH              | Growth Hormone bzw. <b>Wachstumshormon, Somatotropin</b> , somatotropes Hormon | Knochen                              | auch Wirkung auf den Stoffwechsel insgesamt                           |
|                        | <b>MSH</b>           | <b>Melanotropin</b> , Melanozyten-stimulierendes Hormon                        | Melanozyten (Pigmentzellen)          | Bildung im Hypophysenzwischenlappen und auch im Hypothalamus          |
| Zirbeldrüse (Epiphyse) | <b>Melatonin</b>     | –  | verschiedene                         |   |
| Schilddrüse            | <b>T<sub>4</sub></b> | Thyroxin   | verschiedene                         | insgesamt stoffwechselanregend  |
|                        | <b>T<sub>3</sub></b> | Trijodthyronin   |                                      |   |
|                        | Kalzitonin           | –  | Knochen, Niere, Darm                 | Senkung des Serum-Kalziumspiegels                                     |
| Nebenschilddrüse       | PTH                  | <b>Parathormon</b>   | Knochen, Niere, Darm                 | Anhebung des Serum-Kalziumspiegels                                    |
| Nebennierenrinde (NNR) | Mineralokortikoide   | –  | Niere                                | Wichtigster Vertreter: <b>Aldosteron</b>                              |
|                        | Glukokortikoide      | –  | verschiedene                         | Wichtigster Vertreter: <b>Kortisol</b>                                |
|                        | Androgene            | –  | verschiedene                         | Wichtigster Vertreter: <b>Testosteron</b>                             |

► Tab. 1.4 Fortsetzung.

| Bildungs-/ Speicherort  | Hormon (Akronyme)   | vollständiger Name/ Synonym      | Zielorgane (Hauptwirkungs-ort) | Anmerkung   |
|-------------------------|---------------------|----------------------------------|--------------------------------|---|
| Nebennierenmark         | Katecholamine       | –                                | verschiedene                   | <b>Adrenalin</b><br><b>Noradrenalin</b>                     |
| Inselorgan des Pankreas | <b>Glukagon</b>     | –                                | Leber                          | Regulierung des Blutzuckerspiegels                          |
|                         | <b>Insulin</b>      | –                                | Muskeln, Leber                 |   |
|                         | <b>Somatostatin</b> | –                                | Magen, Darm, verschiedene      | Regulierung von Verdauungsvorgängen, Hemmung von GH und TSH |
|                         | PP                  | <b>Pankreatisches Polypeptid</b> | Magen, Darm                    | Regulierung von Verdauungsvorgängen                         |

### Gewebshormone (aglanduläre Hormone)

Aglanduläre Hormone (► Tab. 1.5) entstammen Geweben, bei denen die spezialisierten endokrinen Zellen nur vereinzelt oder in kleinen Gruppen vorliegen. Sie werden deshalb auch als **Gewebshormone** bezeichnet. Zu den sog. **diffusen endokrinen Geweben** zählen z.B. der Hypothalamus, das Endothel des Magen-Darm-Trakts, das Fettgewebe sowie Blutzellen (Makrophagen).

### Hormone im weiteren Sinne

Neben den „klassischen Hormonen“, die von den o.g. Organen gebildet werden, wirkt das endokrine System auch über weitere Gewebshormone. Diese Signal- und Überträgerstoffe (**Mediatoren**) werden in zahlreichen, teilweise sehr unterschiedlichen Zellen gebildet.

Tab. 1.5 Die wichtigsten aglandulären Hormone. (Anm.: Die fett dargestellten Begriffe sind die gebräuchlichen Bezeichnungen.)

| Bildungsort                                    | Hormon (Kürzel)     | vollständiger Name/ Synonym   | Zielorgane (Hauptwirkungsort)                                     | Anmerkungen   |
|--|---------------------|---|---|---|
| Keimdrüsen (Eierstöcke, Gebärmutter und Hoden) | <b>Östrogene</b>    |   | verschiedene, v. a. Gebärmutter, Eierstöcke, Scheide, Brustdrüsen |   |
|  | <b>Gestagene</b>    |   | verschiedene, v. a. Gebärmutter und Brustdrüse                    |   |
|  | <b>Androgene</b>    |   | verschiedene, v. a. Hoden, Knochen, Muskeln                       | wichtigster Vertreter: <b>Testosteron</b>                       |
|  | <b>hCG</b>          | humanes Choriongonadotropin   | Gelbkörper, Nebennierenrinde des Fötus, Hoden                     | laborchemischer Parameter zur frühen Schwangerschaftsbestimmung |
| Magen-Darm-Trakt                               | <b>Gastrin</b>      |   | Magen, Bauchspeicheldrüse, Gallenblase, Leber                     |   |
|  | <b>Somatostatin</b> |   |   |   |
| Darm   | <b>CCK</b>          | Cholezystokinin   |   |   |
|  | <b>Gastrin</b>      |   |   |   |
|  | <b>GIP</b>          | gastric inhibitory peptide/Glukose-abhängiges insulinotropes Peptid |   |   |
|  | <b>GLP</b>          | Glucagon-like-Peptide   |   |   |
|  | <b>Motilin</b>      |   |   |   |
|  | <b>Neurotensin</b>  |   |   |   |
|  | <b>Sekretin</b>     |   |   |   |
|  | <b>Somatostatin</b> |   |   |   |

► Tab. 1.5 Fortsetzung.

| Bildungsort | Hormon (Kürzel)    | vollständiger Name/<br>Synonym   | Zielorgane<br>(Hauptwirkungsort)            | Anmerkungen  |
|-------------|--------------------|--|---|--|
| Nieren      | <b>EPO</b>         | Erythropoetin  | Knochenmark                                 |  |
|             | <b>Renin</b>       |  | Angiotensinogen im Blut                     |  |
| Herz        | <b>ANP und BNP</b> | atriales natriuretisches Peptid und B-Typ-natriuretisches Peptid (auch Faktor ANF und BNF) | Gefäße<br>Nieren (Tubulusapparat)           | BNP: laborchemischer Parameter zur Einschätzung einer Herzinsuffizienz |
| Fettgewebe  | <b>Leptin</b>      |  | Gehirn (Steuerung von Hunger und Sättigung) |  |

### Zu den wichtigsten Mediatoren zählen:

- **Histamin:** Diese Substanz ist vorwiegend an allergischen und entzündlichen Reaktionen beteiligt. Sie wirkt außerdem an der Regulation der Magensäurefreisetzung mit.
- **Kinine:** Der wichtigste Vertreter dieser Gruppe, **Bradykinin**, ist ebenfalls an Entzündungsreaktionen beteiligt.
- **Eicosanoide:** Zu dieser Gruppe gehören die **Prostaglandine**, die eine wichtige Rolle bei Entzündungen und bei der Entstehung von Schmerzen und Fieber spielen.
- **Stickstoffmonoxid (NO):** Stickstoffmonoxid ist ein hoch wirksamer Vasodilatator.
- **Zytokine:** Sie regulieren vorwiegend Abläufe auf **Zellebene**, wie z. B. das Zellwachstum oder die Zellreifung. Zu ihnen gehören die **Interleukine**, die bei der Immunabwehr die Informationsvermittlung zwischen den Abwehrzellen sicherstellen.
- **Wachstumsfaktoren:** Verschiedene Stoffe, die beim Körper- und Organwachstum eng mit den klassischen Hormonen zusammenarbeiten. Zytokine können sowohl parakrin und autokrin als auch endokrin wirken.

### 🔍 Lerntipps

#### Hormon, Enzym, Signalstoff, Neurotransmitter ...?

Die Frage, ob ein Enzym oder eine anderweitige chemische Substanz dem Hormonsystem, dem Immunsystem oder dem Nervensystem zuzuschreiben ist, ist vielfach nicht eindeutig zu beantworten. Zahlreiche Stoffe übernehmen gleichzeitig verschiedene Funktionen an unterschiedlichen Orten!

Wenn Sie zudem bedenken, dass es eine Vielzahl endokrin aktiver Gewebe, variantenreiche Transportwege und keinen einheitlichen Aufbau von Hormonen gibt, ist es oft sinnvoll, den Blick auf das Ganze zu werfen und die Zusammenhänge zu vereinfachen: Fassen Sie zunächst alle Substanzen, die an der Informationsvermittlung im Körper beteiligt sind, als **Botenstoffe** zusammen. Das entspricht der Realität mehr als die akademische Differenzierung – so interessant und wichtig diese auch sein mag. :-)

### 📌 Fazit – das müssen Sie wissen

#### Hormone: Grundlagen

Der menschliche Organismus koordiniert die Funktionen aller Körperzellen über 2 Kommunikationssysteme: das **Nervensystem** und das **Hormonsystem** (endokrines System). Das **Nervensystem** nutzt zur Informationsweiterleitung vorwiegend **elektrische Reize**. Das Hormonsystem verwendet zur Informationsweitergabe ausschließlich **chemische Botenstoffe**, die vor allem langfristige, komplexe Einstellungen bewirken.

Hormone gelangen von ihren sehr variantenreichen Produktionsorten auf verschiedenen Wegen zu ihren mit spezifischen Rezeptoren ausgestatteten Zielzellen:

- **endokrin:** Sie erreichen ihre Zielzellen auf dem Blutweg.
- **parakrin:** Sie erreichen ihre Zielzellen durch Diffusion durch das Gewebe.
- **autokrin:** Sie beeinflussen die Zelle, von der sie gebildet wurden.

Bei den Hormonen unterscheidet man:

- In Drüsen gebildete **glanduläre Hormone**,
- **aglanduläre Hormone (Gewebshormone)**, die von nicht drüsigen Geweben gebildet werden sowie
- **weitere Gewebshormone (Mediatoren)**, die meist auf **para-** oder **autokrinem** Weg wirken und von vielen verschiedenen Zellen gebildet werden.

## 1.3.2 Signalübertragung

Die Botenstoffe aus den verschiedenen endokrin aktiven Geweben gelangen auf unterschiedliche Weise an ihr Ziel. Die meisten glandulären Hormone, gelegentlich auch als „klassische“ bezeichnet, werden in das Blut abgegeben. Andere jedoch nehmen sozusagen den direkten Weg:

### Übertragung über die Blutbahn

Die oben angesprochenen endokrinen Organe geben ihre Botenstoffe über Kapillaren in die Blutbahn ab. Dort „kreisen“ sie, bis sie nach dem Schlüssel-Schloss-Prinzip an spezifische Rezeptoren unterschiedlichster weiterer Organe andocken. An diesen Zielorganen lösen sie direkte Reaktionen aus oder stoßen Reaktionsketten an.

## Para- und autokrine Signalübertragung

Bei der **parakrinen Signalübertragung** erreichen die Botenstoffe ihre Zielzellen nicht über den Blutweg, sondern durch unmittelbare Diffusion. Dabei befinden sich die hormonbildenden Gewebe in unmittelbarer Umgebung des Zielortes. Bei der **autokrinen Signalübertragung** wirkt der Botenstoff unmittelbar auf diejenige Zelle, von der er produziert und abgegeben wurde.

### 1.3.3 Chemische Einteilung der Hormone

Die einzelnen Hormone unterscheiden sich auch in ihren Grundbausteinen, also der chemischen Struktur, und damit auch in ihren Eigenschaften beim Transport und in ihrer Wirkung an der Zielzelle.

- **Wasserlösliche Hormone** können i. d. R. frei in der Blutbahn transportiert werden, biologische Membranen aber nicht durchdringen.
- **Wasserunlösliche bzw. fettlösliche Hormone** können auf dem Blutweg nur mit Hilfe von Trägerstoffen transportiert werden. Das heißt, sie liegen dort an sog. Transportproteine gebunden vor. Fettlösliche Hormone sind andererseits in der Lage, die fetthaltige Membran (Lipiddoppelschicht) von Zellwänden zu durchdringen.

Anhand der chemischen Struktur kann man die Hormone 4 Gruppen zuordnen (► **Tab. 1.6**).

**Tab. 1.6** Differenzierung der Hormone nach ihrer chemischen Struktur.

| Gruppe                                 | Aufbau  | Hormone (Bsp.)  | Hauptbildungsort                      |
|--|---|---|---------------------------------------|
| <b>Peptidhormone</b>                   | Eiweiße, aufgebaut aus langen Aminosäuren-Ketten                            | Insulin, Glukagon   | Inselorgan des Pankreas               |
|  |   | Oxytocin, ADH<br>Releasing-Hormone (RH)                   | Hypothalamus                          |
|  |   | Wachstumshormon (GH),<br>Prolaktin, TSH, LH, FSH,<br>ACTH | Hypophysen-Vorderlappen               |
|  |   | Parathormon (PTH)   | Nebenschilddrüse                      |
|  |   | Kalzitonin  | Schilddrüse                           |
| <b>Aminosäuren-<br/>Abkömmlinge</b>    | eine einzelne Aminosäure, teilweise wasserlöslich                           | T <sub>3</sub> , T <sub>4</sub>                           | Schilddrüse                           |
|  |   | Adrenalin, Noradrenalin                                   | Nebennierenmark                       |
|  |   | Melatonin   | Zirbeldrüse                           |
| <b>Steroidhormone</b>                  | Lipide aus Cholesterin, fettlöslich, wasserunlöslich                        | Aldosteron, Kortisol                                      | Nebennierenrinde                      |
|  |   | Testosteron   | Nebennierenrinde, Hoden               |
|  |   | Östrogene, Gestagene (v. a. Progesteron)                  | Ovarien                               |
| <b>Arachidonsäure-<br/>Abkömmlinge</b> | Fettsäureabkömmlinge aus einer Arachidonsäure, fettlöslich, wasserunlöslich | Prostaglandine, Thromboxan                                | <i>ohne eingrenzbare Lokalisation</i> |

### 1.3.4 Hormonrezeptoren

Voraussetzung dafür, dass ein Botenstoff an einer bestimmten Zelle wirkt, ist, dass sich Hormon und Zelle gegenseitig erkennen. Bildlich gesprochen: Es muss einen Briefkasten für die Nachricht geben.

Dafür besitzen die Zielzellen spezifische **Rezeptoren**, an die ein bestimmtes Hormon (oder mehrere Hormone) andocken können. Die Wirkung erfolgt also nach dem **Schlüssel-Schloss-Prinzip**: Passt der „Schlüssel in das jeweilige Schloss“, bindet das Hormon an den Rezeptor und löst an der Zielzelle eine Reaktion aus. Diese Reaktion kann sehr unterschiedlich ausfallen: Sie kann z. B. eine unmittelbare Wirkung auslösen – etwa die Ausschüttung eines Sekrets, eine Zellteilung oder eine Muskelkontraktion. Oder aber es werden durch das Signal weitere Botenstoffe aktiviert, die nachfolgende Wirkungen bedingen (sog. Second-Messenger-Effekt).

Viele **Hormone können unterschiedliche Wirkungen vermitteln**. Das liegt zum einen daran, dass sie **an verschiedene Zellen andocken** und dort spezifische Reaktionen auslösen können. So bewirken z. B. die Katecholamine (Adrenalin und Noradrenalin) über einen Rezeptor an der Harnblasenmuskulatur eine Erschlaffung, über einen Rezeptor am inneren Harnröhrensphinkter jedoch eine Anspannung. Sie stellen die Pupillen weit, die Blutgefäße in der Haut hingegen eng.