

# 1 Anatomie und Physiologie des Nervensystems

Das Nervensystem ist neben dem endokrinen System die übergreifende Instanz unseres Körpers, die

- Informationen erfasst, auswertet, speichert,
- in spontane oder langfristig wirkende Reaktionen oder
- Regelmechanismen umsetzt und **Organfunktionen** und
- **Bewegungsabläufe** steuert.

Unter anderem stellt das Nervensystem die Kommunikation des Körpers mit der Außenwelt sicher. Es ist Grundlage für Lernen, Bewusstsein, Denken und Gefühle.

## 1.1 Überblick und Einteilung

Das Nervensystem ist ein äußerst komplexes Konstrukt – anatomisch wie auch funktionell betrachtet. Die Kenntnis der wichtigsten Strukturen und Vorgänge ist unabdingbar, um den Pathomechanismus und die Symptomatik vieler Erkrankungen nachzuvollziehen. Das Nervensystem kann nach verschiedenen Kriterien unterteilt werden.

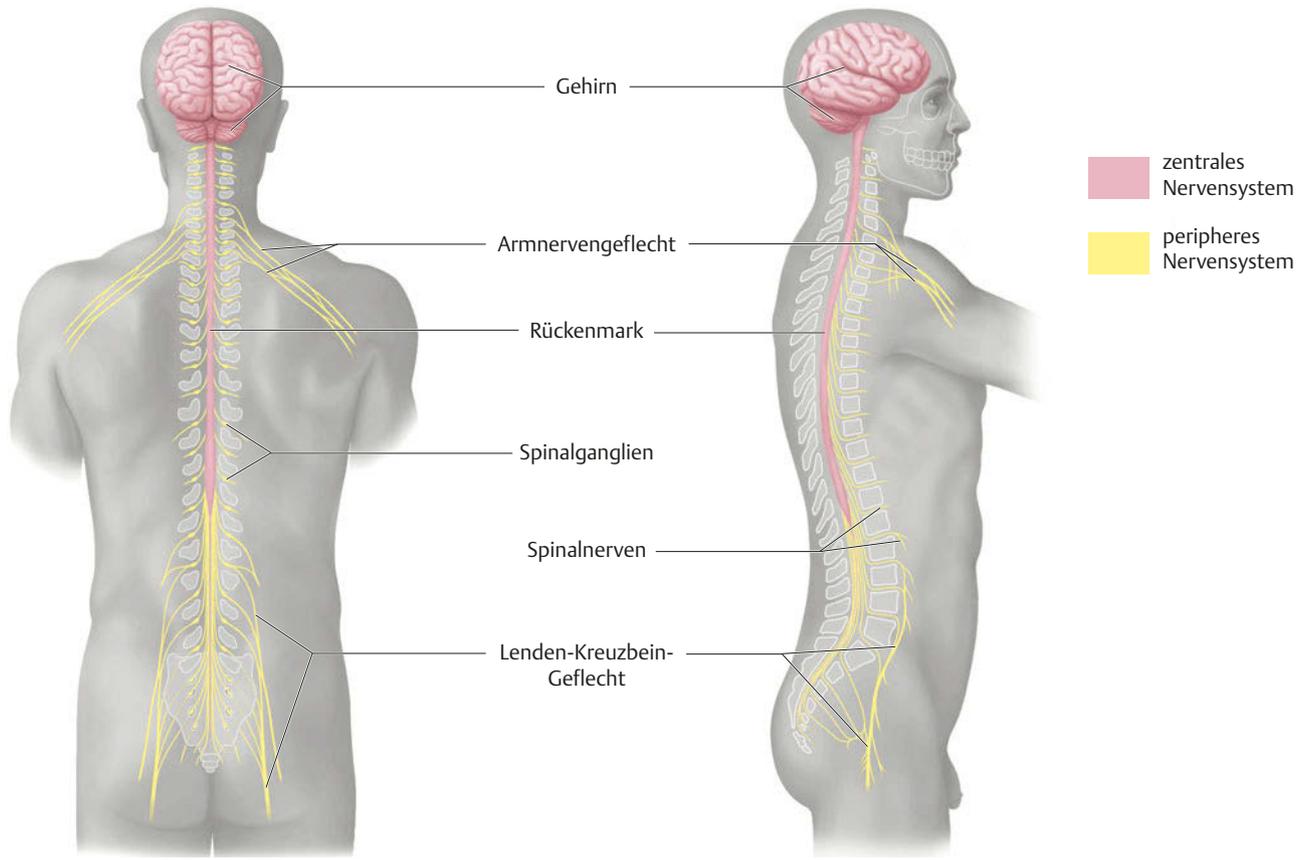
Nach anatomischen Kriterien unterscheidet man (► Abb. 1.1):

- **Zentralnervensystem (ZNS)** mit Gehirn und Rückenmark. Das Rückenmark verbindet die Peripherie mit dem Gehirn und schaltet ein- und austretende Impulse um; das Gehirn verarbeitet und speichert Signale.
- **peripheres Nervensystem (PNS)** mit allen Nerven, die außerhalb des zentralen Nervensystems liegen; es leitet Impulse aus der Peripherie zum ZNS und vom ZNS zur Peripherie.

Nach funktionellen Kriterien unterscheidet man:

- **vegetatives Nervensystem:** erhält die lebenswichtigen Organ-tätigkeiten aufrecht; es steuert z. B. die Atmung, regelt Kreislauf, Stoffwechsel und Fortpflanzung und innerviert die Darmmuskulatur. Das vegetative Nervensystem wird auch als **unwillkürliches, viszerales** oder **autonomes Nervensystem** bezeichnet. Innerhalb des vegetativen Nervensystems (S.39) kann nochmals differenziert werden in das sympathische, parasympathische und enterische Nervensystem. Vereinfacht gesagt, befindet sich der Körper im Aktionszustand, wenn der **Sympathikus** überwiegt, im Ruhezustand, wenn der **Parasympathikus** überwiegt. Das **enterische** System bezeichnet das Darm- oder Eingeweidenervensystem, umgangssprachlich auch „Bauchhirn“ genannt.
- **somatisches** (oder auch animalisches oder zerebrospinales) **Nervensystem** mit allen Neuronen (Nervenzellen), die Erregungen vom ZNS über motorische Nervenfasern zu quer-gestreiften Muskeln und von den Sinnesrezeptoren über sensible Nervenfasern zum ZNS leiten. Das somatische Nervensystem wird auch als **willkürliches** Nervensystem bezeichnet.

Abb. 1.1 Zentrales und peripheres Nervensystem.



Das zentrale Nervensystem (ZNS) besteht aus Gehirn und Rückenmark. Es geht in das periphere Nervensystem (PNS) über, das die Reize vom ZNS in die Peripherie bzw. umgekehrt leitet. Das PNS ist nicht komplett dargestellt. *Abb. aus: I care Anatomie Physiologie, 2. Auflage Thieme; 2020. Nach: Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Hrsg. Prometheus LernAtlas - Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. Illustrationen von Voll M und Wesker K, 5. vollständig überarbeitete Auflage. Stuttgart: Thieme; 2018*

Diese Einteilungen sind ein Hilfs- und Denkkonzept zur Strukturierung (► **Abb. 1.2**). Die einzelnen Elemente des Nervensystems können nur schwer voneinander getrennt werden. Bei der **funktionalen Einteilung** ist es **unwichtig**, ob die entsprechende **Struktur zentral oder peripher** liegt. ZNS und PNS haben sowohl somatische als auch vegetative Anteile, genauso wie das somatische und das vegetative Nervensystem jeweils sowohl aus einem zentralen als auch einem peripheren Teil bestehen.

Wie Nervenzellen aufgebaut sind, welche Zellarten es gibt und was ein Axon und ein Dendrit sind, lesen Sie im Lernmodul 2 „Biologie, Pathologie, Infektiologie“.

## 1.2 Zentrales Nervensystem (ZNS)

### 1.2.1 Das Gehirn

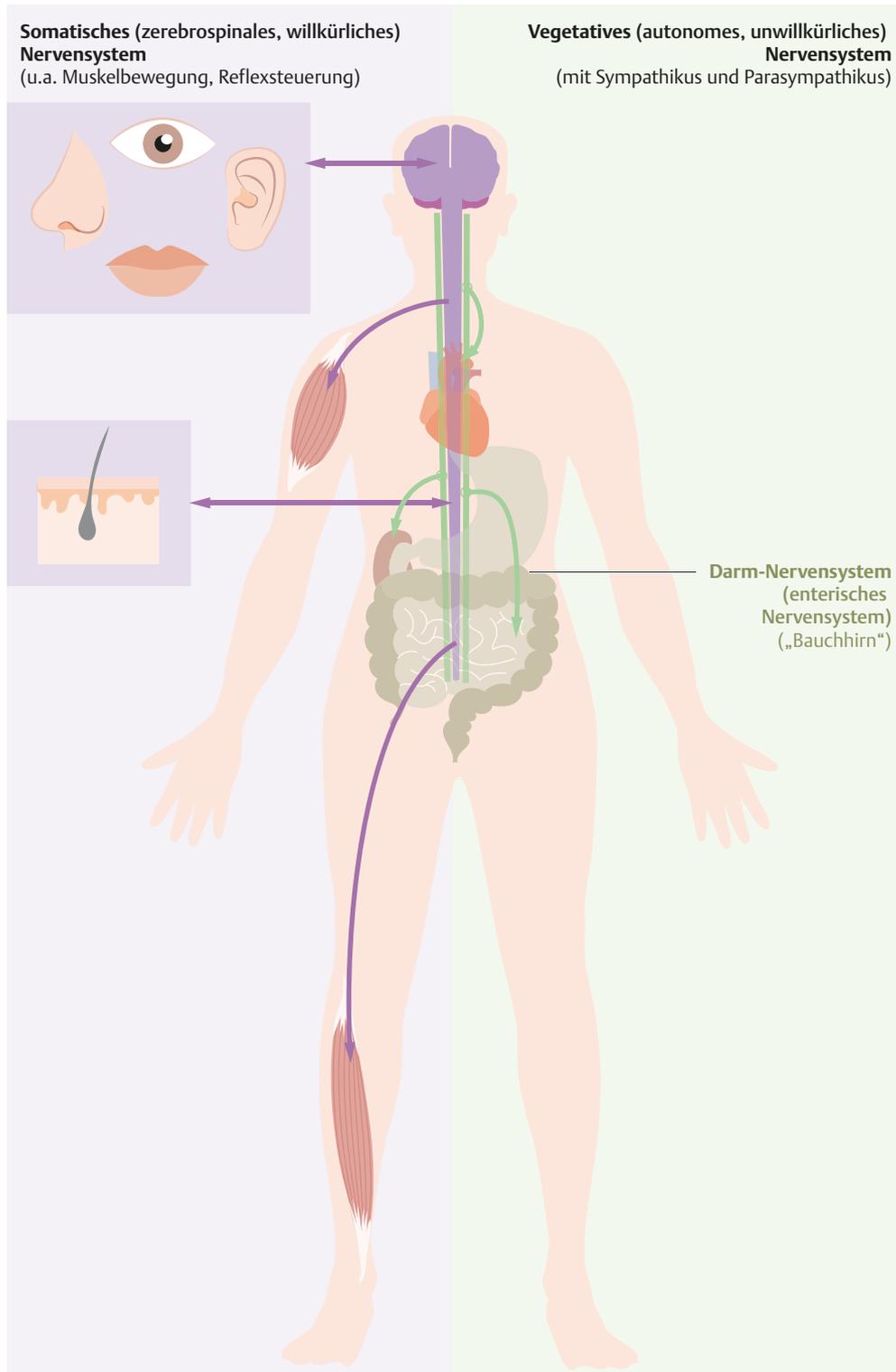
Das wichtigste Organ des ZNS ist das Gehirn (Enzephalon). Es ist die Hauptschaltstelle und gleichzeitig der wichtigste Informationsspeicher des Nervensystems. Es kann in unterschiedliche Funktionsbereiche unterteilt werden.

Seine Verbindung zur Peripherie ist das Rückenmark.

#### Lage des Gehirns

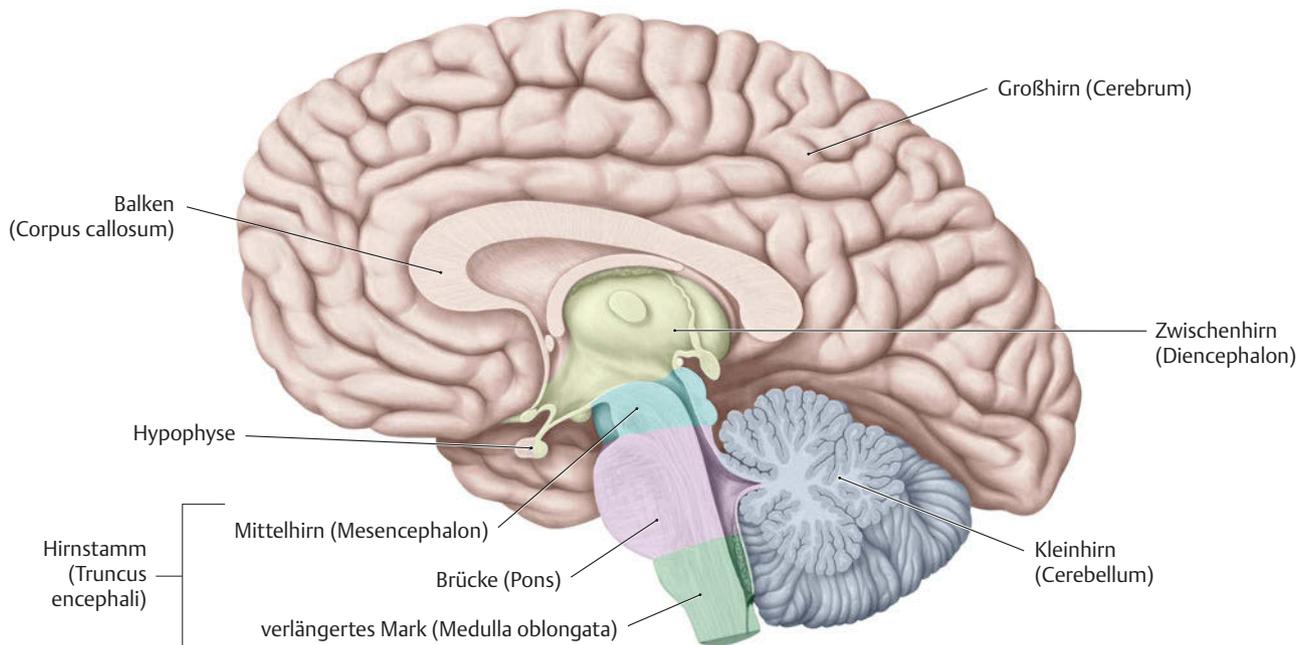
Das Gehirn liegt in der knöchernen Schädelkapsel, ist von Hirnhäuten umgeben und hat ein mittleres Gewicht von 1.350 g. Das Gehirn liegt der Schädelbasis, dem knöchernen Boden des Schädels, auf. Die obere, gewölbte Fläche wird vom Schädeldach, der Kalotte, umfasst.

Abb. 1.2 Somatisches und vegetatives Nervensystem mit enterischem Nervensystem.



Vereinfachte Darstellung.

Abb. 1.3 Das Gehirn und seine Abschnitte.



Längsschnitt durch das Gehirn. Das Gehirn gliedert sich in Großhirn, Zwischenhirn, Hirnstamm und Kleinhirn. Die Oberfläche der Großhirnhemisphären ist in zahlreiche Windungen (Gyri) gelegt. Abb. aus: Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K. *Makroskopische Gliederung des Gehirns*. In: Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K, Hrsg. *Prometheus LernAtlas - Kopf, Hals und Neuroanatomie*. 2., überarbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart: Thieme; 2009

## Einteilung des Gehirns

Man kann das Gehirn in folgende Abschnitte unterteilen (► **Abb. 1.3**):

- **Großhirn** mit Hirnrinde, 2 Großhirnhälften, Riechhirn, subkortikalen Kernen
- **Zwischenhirn** (Diencephalon) mit Thalamus, Hypothalamus, Hypophyse
- **Hirnstamm** (Truncus encephali) mit Mittelhirn (Mesencephalon), Brücke (Pons) und verlängertem Mark (Medulla oblongata)
- **Kleinhirn** (Cerebellum)

Verschiedene Abschnitte des Gehirns lassen sich zusammenfassen. Die Zuordnungen sind in wissenschaftlichen Beschreibungen und in der Literatur nicht immer einheitlich.

### ☑☑☑ Fazit – Das müssen Sie wissen

#### Einteilung des Gehirns

Das Gehirn (Enzephalon) unterteilt sich in Großhirn, Zwischenhirn, Hirnstamm und Kleinhirn. Das **Großhirn** (Cerebrum) besteht aus 2 Hälften (Großhirnhemisphären), deren Oberfläche in zahlreiche Windungen (Gyri) gelegt ist. Das **Zwischenhirn** (Diencephalon) liegt zwischen Großhirn und Hirnstamm. Der längliche **Hirnstamm** (Truncus encephali) bildet den Übergang zum Rückenmark. Ihm sitzt das **Kleinhirn** (Cerebellum) an seiner Rückseite auf.

## Graue und weiße Substanz des Gehirns

Im Gewebe des Gehirns lassen sich sowohl im Erscheinungsbild als auch funktionell 2 verschiedene Bereiche unterscheiden (► **Abb. 1.4**):

- Die **graue Substanz** liegt vor allem an der Oberfläche und beherbergt hauptsächlich **Nervenzellkörper** in hoher Dichte.
- Die **weiße Substanz** liegt im Inneren des Gehirns und wird aus **Nervenbahnen** gebildet, die entweder von der Hirnrinde abwärtsziehen oder von unten aufsteigen.

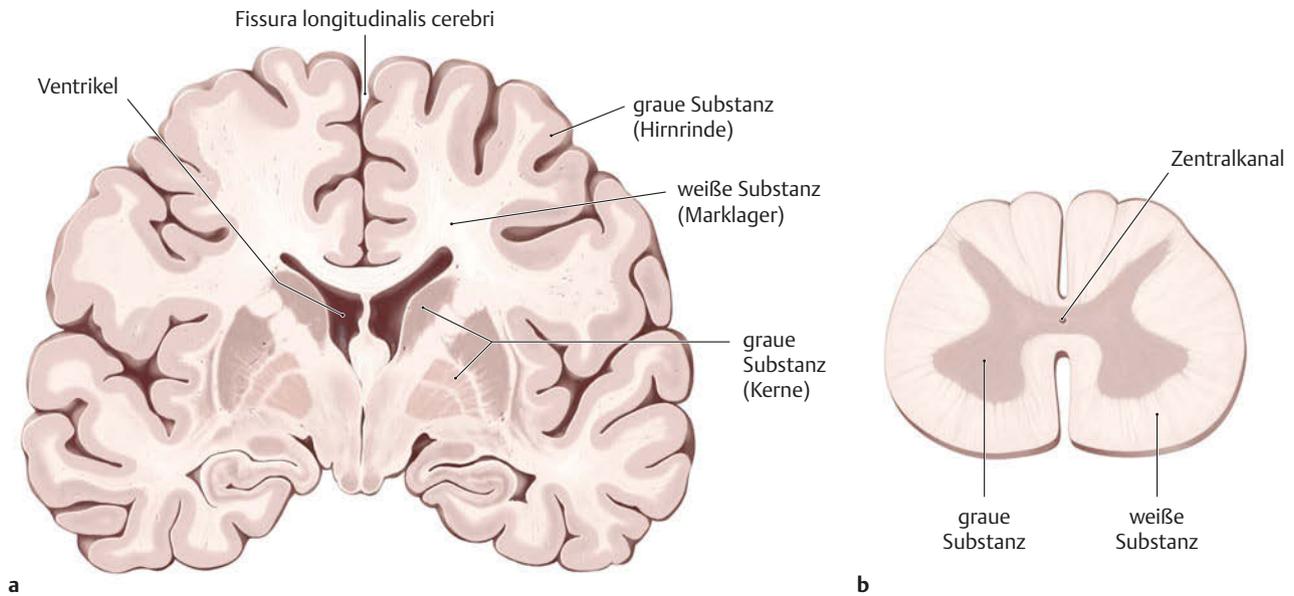
Im Gehirn legt sich die graue Substanz in einigen Bereichen (Großhirn und Kleinhirn) wie eine Schicht über die weiße Substanz. In diesen Bereichen wird sie deshalb auch als Hirnrinde (**Kortex**) bezeichnet. Die Hirnrinde ist am Großhirn (s. u.) besonders stark entwickelt.

### ☑☑☑ Fazit – Das müssen Sie wissen

#### Graue und weiße Substanz

Am Nervengewebe des ZNS lassen sich 2 Bereiche unterscheiden: Die **graue Substanz** besteht aus **Nervenzellkörpern**. Die **weiße Substanz** wird überwiegend von **Nervenfasern** gebildet.

Abb. 1.4 Weiße und graue Substanz.



- a** Frontalschnitt durch das Großhirn. Im Gehirn liegt die weiße Substanz im Inneren, die graue Substanz vorwiegend an der Oberfläche (Hirnrinde). Im Inneren bildet sie die Kerne, die in die weiße Substanz eingebettet sind. *Abb. aus: Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus LernAtlas - Kopf, Hals und Neuroanatomie. Illustrationen von M. Voll und K. Wesker. 5. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2018*
- b** Querschnitt durch das Rückenmark. Hier liegt die graue Substanz innen, die weiße außen. *Abb. aus: Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K. 8.5 Aufbau eines Rückenmarkssegmentes. In: Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K, Hrsg. Prometheus LernAtlas - Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 5., vollständig überarbeitete Auflage. Stuttgart: Thieme; 2018*

## Großhirn (Telencephalon)

### Definition

#### Das Großhirn

Das Großhirn (Telencephalon, Endhirn) macht – wie der Name andeutet – den größten Teil der Gesamthirnmasse aus. Es wiegt beim Erwachsenen ca. 1300 Gramm; makroskopisch sind 2 Hirnhälften sowie ein typisch wulstiges Oberflächenrelief zu erkennen.

### Hemisphären

Makroskopisch sind eine **linke und eine rechte Hirnhälfte (Hemisphäre) erkennbar**, die durch einen Längsspalt unterteilt werden, aber nicht komplett voneinander getrennt sind. Sie stehen über Kommissurenbahnen, z. B. den Balken (Corpus callosum) in Verbindung. Das Kleinhirn ist durch einen Querspalt vom Großhirn getrennt.

### Sulci und Gyri

Die Hemisphärenoberfläche zeigt ein typisches **Relief von Windungen (Gyri) und Furchen (Sulci)**, siehe ► **Abb. 1.5**). Die wichtigste Furche ist der Sulcus centralis (Zentralfurche) zwischen Stirn- und Scheitellappen.

### Lappen

Einige der Furchen, die auf der Oberfläche des Großhirns erkennbar sind, sind besonders tief und unterteilen jede Großhirnhemisphäre in sog. Lappen (► **Abb. 1.6**), denen bestimmte Funktionsbereiche zugeordnet werden:

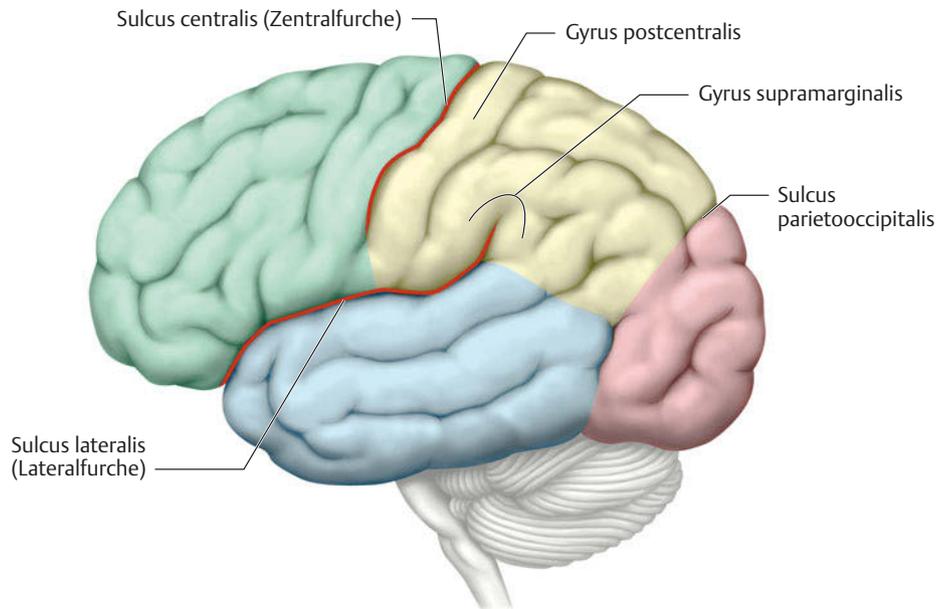
- Stirnlappen (Lobus frontalis): Persönlichkeit, kognitive und motorische Zentren, Kontrolle von Emotionen und des Sozialverhaltens
- Scheitellappen (Lobus parietalis): somatosensorische und visuelle Zentren, Verarbeitung somatosensorischer und visueller Reize
- Hinterhauptslappen (Lobus occipitalis): Sehen
- Schläfenlappen (Lobus temporalis): Hören
- Insellappen (Lobus insularis, ► **Abb. 1.6b**): Geschmack

### Fazit – Das müssen Sie wissen

#### Aufbau des Großhirns

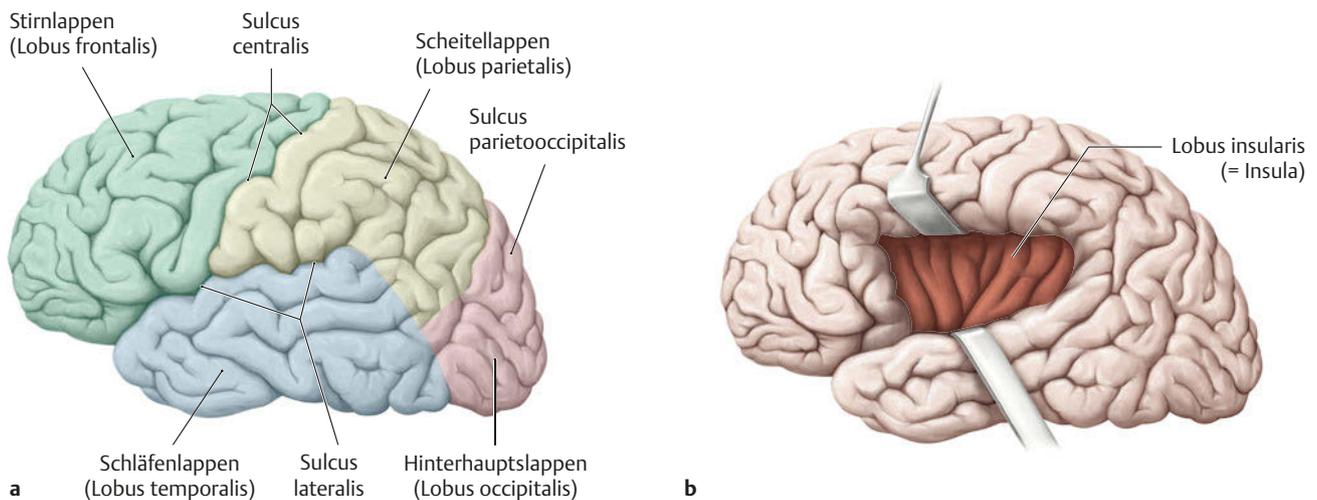
Die beiden Großhirnhälften werden durch den Balken (Corpus callosum) miteinander verbunden. Die Oberfläche jeder Großhirnhemisphäre gliedert sich in einen Stirn-, einen Scheitel-, einen Schläfen- und einen Hinterhauptslappen.

Abb. 1.5 Oberfläche des Gehirns.



Linke Hirnhälfte von außen. Die Hirnwindungen (Gyri) und die Furchen (Sulci) sind deutlich zu sehen. Abb. aus: Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus LernAtlas - Kopf, Hals und Neuroanatomie. Illustrationen von M. Voll und K. Wesker. 5. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2018

Abb. 1.6 Großhirnlappen.



a Die verschiedenen Großhirnlappen sind zur besseren Unterscheidbarkeit unterschiedlich eingefärbt. Abb. aus: Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus LernAtlas - Kopf, Hals und Neuroanatomie. Illustrationen von M. Voll und K. Wesker. 5. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2018

b Insellappen (Lobus insularis). Ansicht mit aufgespreiztem Gehirn. Der Lobus insularis ist ebenfalls eingefärbt. Abb. aus: Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K. 6.1 Entwicklung und äußere Struktur. In: Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K, Hrsg. Prometheus LernAtlas - Kopf, Hals und Neuroanatomie. 5. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2018

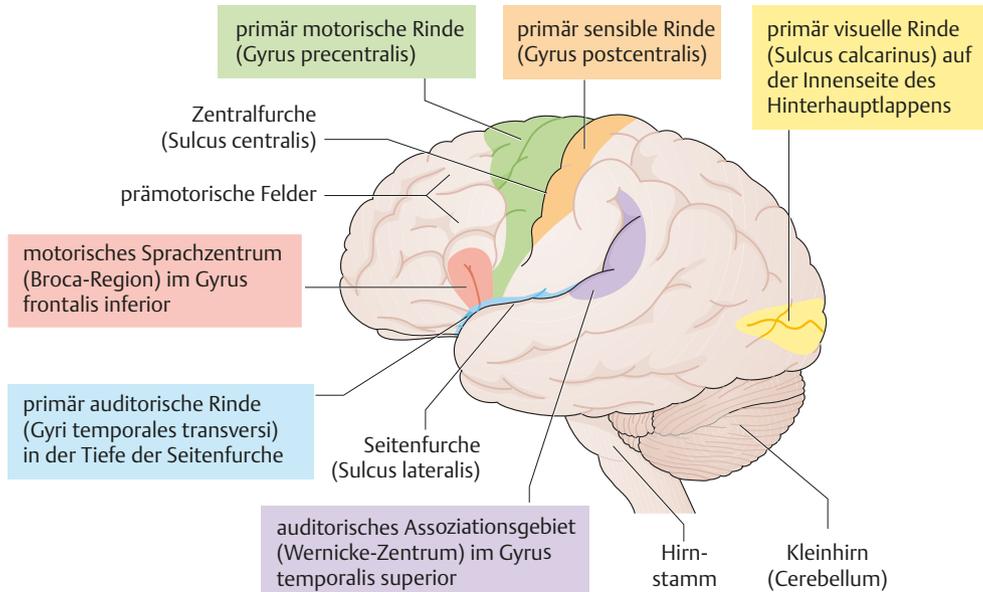
### Rindenfelder

Innerhalb der Lappen unterscheidet man Rindenfelder (► **Abb. 1.7**). Dies sind Gebiete innerhalb des Großhirnkortex, in denen Nervenzellen liegen, die dieselben oder ähnliche Funktionen erfüllen (z.B.: die Motorik, das Sehen und Hören sowie die Interpretation der eingehenden Informationen). Alle Felder sind durch sog. Assoziationsbahnen miteinander verbunden.

### Beispiele für Funktionen der Rindenfelder:

- **primäres motorisches Rindenfeld** (prämotorische Rinde im Stirnlappen): Ausgangspunkt der Pyramidenbahnen zur Steuerung der Willkürmotorik und der Feinmotorik
- **sekundäre motorische Rindenfelder** (motorische Rinde im Stirnlappen), z.B. motorisches Sprachzentrum (Broca-Zentrum)

Abb. 1.7 Hirnrindenareale.



Funktionelle Hirnrindenareale in der linken Großhirnhälfte. Abb. aus: Schünke M, Schünke G. *Großhirn oder Endhirn (Telencephalon)*. In: Schünke M, Faller A, Hrsg. *Der Körper des Menschen*. 18., unveränderte Auflage. Stuttgart: Thieme; 2020

- **primäres sensibles Rindenfeld** (im Scheitellappen): Endpunkt aller sensiblen Nervenbahnen, verantwortlich für bewusste Wahrnehmung
- **sekundäre sensible Rindenfelder** (sensorische Rinde im Scheitel- und Schläfenlappen): z.B. sensorisches Sprachzentrum (sog. Wernicke-Areal), Speicherung von Klangbildern (Verstehen der gesprochenen Sprache)
- **Sehrinde** (visuelle Rinde im Hinterhauptlappen): optisches Erinnerungsfeld (Verbindung zwischen optischen Eindrücken und Begriffen)
- **Hörrinde** (auditive Rinden am Schläfen- und Scheitellappen): akustisches Erinnerungsfeld (Verbindung zwischen akustischen Eindrücken und Begriffen)

### Merke

#### Zerebrale Ausfälle geben Hinweise auf die Lokalisation einer Erkrankung

Ausfälle können je nach Ausprägung Hinweise auf die Lokalisation eines Geschehens (z. B. Tumor, Blutung, Infarkt) geben. Das Gehirn kann bis zu einem bestimmten Grad Ausfälle kompensieren, z. B. indem neue synaptische Verbindungen entstehen und ein benachbartes Areal „einspringt“.

### Fazit – Das müssen Sie wissen

#### Rindenfelder

Die graue Substanz bildet im Gehirn die **Hirnrinde (Kortex)**. Nervenzellen mit ähnlichen Funktionen sind in der Hirnrinde zu **Rindenfeldern** angeordnet. Die **primären motorischen Rindenfelder** steuern die Bewegungen, sie befinden sich im Stirnlappen. Die **primären sensiblen Rindenfelder** befinden sich überwiegend im Scheitellappen und sind für die bewusste Wahrnehmung verantwortlich. Zu den **sensorischen Rindenfeldern** zählen auch das Hör- und das Sehzentrum. In den sekundären motorischen bzw. sensiblen Rindenfeldern werden Bewegungsabläufe bzw. Erfahrungen oder Fähigkeiten gespeichert.

#### Basalganglien

Die Basalganglien (auch subkortikale Kerne, Stammganglien oder Basalkerne) sind Ansammlungen von Nervenzellkörpern, die an der Basis der beiden Gehirnhälften in der weißen Substanz lokalisiert sind. Sie sind vor allem verantwortlich für die Balance von phasischen und tonischen Komponenten der Motorik, aber auch für kognitive und emotionale Leistungen und Reaktionen. Dazu gehören z. B. Spontaneität und Affekt, Antrieb und Willenskraft, vorwegnehmendes Denken und Planen sowie die Herausbildung von Erwartungen. Sie sind eng verbunden mit den motorischen, sensorischen und assoziativen Rindenarealen. Zu den Basalganglien gehören im engeren Sinne:

- **Streifenkörper** (Corpus striatum) mit Schweifkern (Nucleus caudatus), Schalenkern (Putamen) und blasser Kugel (Globus pallidus)
- **Putamen und Pallidum**; früher auch zusammengefasst als Linsenkern (Nucleus lentiformis); aus blasser Kugel (auch: blasser Kern = Globus pallidus) und Schalenkern (Putamen)
- **Clastrum** (Riechfunktion)
- Corpus amygdaloideum (**Mandelkern**)

Diese Kerngebiete haben enge funktionelle Beziehungen zum Nucleus ruber und zur Substantia nigra (sog. "schwarzer Kern", ein Kernkomplex im Mittelhirn).

### Fazit – Das müssen Sie wissen

#### Basalganglien

Kleinere Ansammlungen grauer Substanz, die Kerne (Nuclei), liegen innerhalb der weißen Substanz im Inneren des Gehirns. Die Basalkerne im Großhirn koordinieren in Zusammenarbeit mit anderen Hirnbereichen (u. a. dem Mittelhirn) den Bewegungsablauf.

## Riechhirn

Das Riechhirn (Rhinencephalon) bezeichnet eine funktionelle Einheit aus sehr verschiedenen Anteilen v. a. des Großhirns, die die Aufnahme und sehr komplexe Verarbeitung von olfaktorischen Signalen sicherstellt. Ausgangspunkt sind die paarig angelegten Riechkolben (**Bulbi olfactorii**, ► **Abb. 1.8**), von denen die Nerven des Tractus olfactorius als Teil der Riechbahn ausgehen und über komplexe Verschaltungen zu den entsprechenden Rindengebieten ziehen. Aufgrund anatomischer und funktioneller Besonderheiten wird der Riechnerv nicht immer den Hirnnerven, sondern dem Gehirn selbst zugeordnet.

Die Bezeichnung „Riechhirn“ wird insgesamt leider nicht einheitlich verwendet. Gelegentlich werden Teile des Riechsystems auch dem limbischen System zugeordnet.

## Zwischenhirn (Diencephalon)

### Definition

#### Zwischenhirn

Das Zwischenhirn (Diencephalon) liegt zwischen den beiden Großhirnhälften. Zum Diencephalon gehören u. a. folgende Strukturen: **Thalamus**, **Hypothalamus**, **Hypophyse** und **Epithalamus** mit **Epiphyse** (► **Abb. 1.9**).

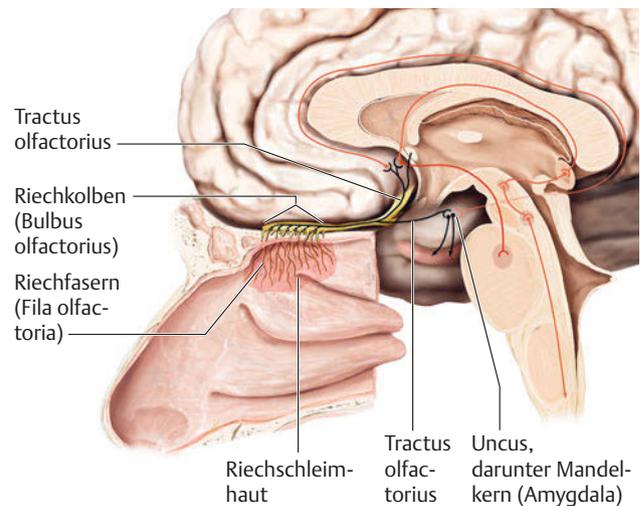
## Thalamus

Der Thalamus ist die größte Struktur des Zwischenhirns und **wichtigste Schaltstation** der Bahnen, die zum Großhirn aufsteigen, weshalb er häufig als „**Tor zum Bewusstsein**“ bezeichnet wird. Er bildet ein unbewusst arbeitendes Integrationszentrum für fast alle sensiblen und sensorischen Afferenzen (Tiefen- und Oberflächensensibilität, Seh- und Hörfunktion; Ausnahme: Riechfasern). Äußere Signale werden durch Schaltung über den Thalamus zu **bewussten Empfindungen**. Der Thalamus erhält auch Informationen aus anderen Hirnteilen – z. B. dem Kleinhirn – und hat Anteil an der **Koordination** von Bewegungen.

## Hypothalamus

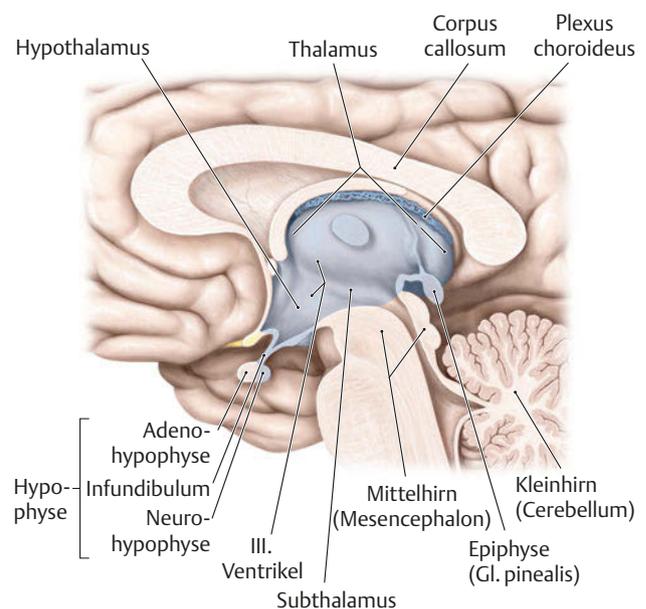
Der Hypothalamus ist die **Schnittstelle** zwischen **Nerven-** und **Hormonsystem** und somit das Koordinations- und Kontrollzentrum des vegetativen Nervensystems. Er beeinflusst den **Wasser- und Elektrolythaushalt** und damit den Blutkreislauf sowie Grundfunktionen wie Hunger und Durst, Stoffwechsel, **Körpertemperatur** und Sexualität.

**Abb. 1.8 Riechschleimhaut, Riechkolben und ihre zentralen Verbindungen.**



Ansicht im Mediansagittalschnitt. Die Riechschleimhaut liegt im Dach der Nasenhöhle, der Riechkolben befindet sich direkt über der Siebbeinplatte. *Abb. aus: Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K. 13.24 Geruchssinn. In: Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K, Hrsg. Prometheus LernAtlas - Kopf, Hals und Neuroanatomie. 5. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2018*

**Abb. 1.9 Zwischenhirn (Diencephalon).**



Das Zwischenhirn mit Thalamus, Hypothalamus und Neurohypophyse ist zur besseren Erkennbarkeit bläulich eingefärbt. Die Zirbeldrüse (Epiphyse) wird zum Epithalamus gerechnet. *Abb. aus: Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus LernAtlas - Kopf, Hals und Neuroanatomie. Illustrationen von M. Voll und K. Wesker. 5. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2018*