

Allgemeinerkrankungen und das Auge

3. neu bearbeitete und erweiterte Auflage

Einleitung



Das Auge ist, obgleich es von Knochen umgeben an exponierter Stelle des Körpers liegt, kein isoliertes Organ. Es steht über Blutgefäße und Nerven in stetigem Informationsaustausch mit dem restlichen Organismus, sodass nicht nur der Organismus auf das Auge einwirken kann, sondern das Auge auch auf physiologische und psychische Prozesse Einfluss nimmt. Das Auge ist weit mehr als nur ein Sehorgan im Dienste des Sehens.

Über die Blutbahn kommunizieren Auge und Körper intensiv miteinander. Nährstoffe, Sauerstoff oder Hormone werden mit dem Blut zum Auge transportiert. Immunreaktionen, die in anderen Organen des Körpers ihren Ursprung haben, können über die Blutbahn auch auf das Auge einwirken. Umgekehrt kommuniziert das Auge auch mit der Milz oder dem Darm, um Immunreaktionen im und am Auge zu kontrollieren. Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems oder der Nieren erreichen immer auch das Auge.

Über Nervenbahnen erreichen das Auge nicht nur Befehle zur Steuerung der Augenmuskeln oder der Tränendrüse; das Auge liefert an das Gehirn – abgesehen von visuellen Reizen – auch Informationen über den Hell-Dunkel-Rhythmus, was wiederum den Schlaf- und Wach-Rhythmus, die Hormonproduktion oder die Psyche beeinflusst. Die Winterdepression ist ein eindrucksvolles Beispiel, wie Licht – vermittelt über das Auge – auf das Wohlbefinden des ganzen Körpers einwirken kann.

1.1 Kommunikationsbahnen zwischen Auge und Körper

Auge und Körper kommunizieren über das Kreislaufsystem und das Nervensystem miteinander, wobei diese Kommunikationsbahnen keine Einbahnstraßen sind; das Auge wirkt auch auf den Körper zurück. Über diese Bahnen erreichen die Auswirkungen von Allgemeinerkrankungen das Auge. Neben der Bildverarbeitung, die unbestritten seine Hauptfunktion ist, wirkt das Auge über spezielle blauempfindliche Ganglienzellen auch auf den Schlaf-Wach-Rhythmus, die Hormonproduktion und die circadiane Rhythmik („innere Uhr“) regulierend ein. Das seelische Wohlbefinden wird durch Licht gefördert. Die Schmerzempfindung kann durch Licht modifiziert werden, was viele Migräne-Patienten immer wieder leidvoll erfahren.

1.1.1 Auge und Kreislaufsystem

Anatomie der Blutversorgung des Auges

Die Blutversorgung des Auges ist eng an die Blutversorgung des Gehirns gekoppelt. Das Herz pumpt das Blut aus der linken Herzkammer über die Aorta in den Körperkreislauf. Von der Aorta zweigen die Arterien ab, die mit Ausnahme der Lunge alle Organe des Körpers versorgen. Das Gehirn erhält über vier Arterien alle lebensnotwendigen Nährstoffe und Sauerstoff. Dies sind die beiden Halsschlagadern (Arteria carotis communis) und die beiden „Wirbelarterien“ (Arteria vertebralis). Die Arteria carotis communis, die die linke Hälfte des Kopfes und des Gehirns versorgt, entspringt direkt aus dem Aortenbogen.

Die Arteria carotis communis der rechten Seite entstammt dem Truncus brachiocephalicus, einem gemeinsamen Gefäßstamm der Unterschlüsselbeinschlagader (Arteria subclavia) und der rechten Halsschlagader, der ebenfalls dem Aortenbogen entstammt (siehe Abb. 1.1).

An der Karotidgabel, die sich in Höhe der Schilddrüse befindetet, teilt sich die Halsschlagader in die Arteria carotis externa und die Arteria carotis interna. Die äußere Halsschlagader versorgt den äußeren Teil des Kopfes sowie den Kehlkopf, die Schilddrüse und den Rachen. Die Arteria carotis interna (innere Halsschlagader) versorgt den vorderen Teil des Gehirns und die Augen. Der hintere Bereich des Gehirns, darunter auch die Sehrinde, wird über die vor der Wirbelsäule verlaufende Arteria vertebralis versorgt. Die Durchblutungsgebiete der Arteria vertebralis und Arteria carotis interna sind über die Arteria communicans posterior miteinander verbunden.

Von der inneren Halsschlagader zweigt, nachdem sie den Sinus cavernosus verlassen hat, die Arteria ophthalmica ab. Dieses

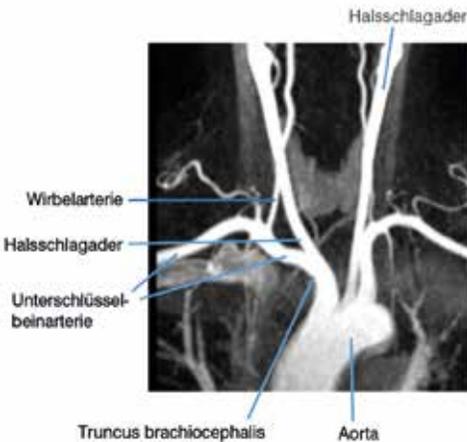


Abb. 1.1: Lage der zum Gehirn führenden Blutgefäße im Bereich des Aortenbogens

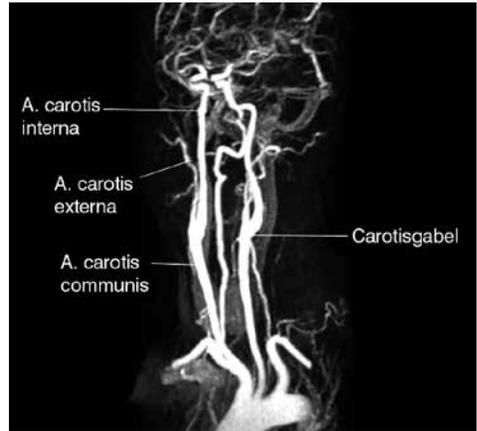


Abb. 1.2: Blutversorgung des Auges. Die Arteria carotis interna ist einer der beiden Äste der Halsschlagader (Arteria carotis communis). Sie versorgt den vorderen Teil des Gehirns einschließlich des Auges. Veränderungen in der A. carotis interna können die Durchblutung des Auges stören, was sich in Sehstörungen manifestieren kann.

Blutgefäß tritt zusammen mit dem Sehnerv durch den Sehnervenkanal (Canalis opticus) in die Augenhöhle. Die Arteria ophthalmica teilt sich in verschiedene Äste auf, die das Auge, die Augenhöhle und die Stirn versorgen. Einige dieser Äste und der von ihnen versorgten Strukturen sind

- Zentrale Netzhautarterie (A. centralis retinae): Sehnerv und Netzhaut
- Lange hintere Ziliararterie (A. ciliares posteriores longae): vorderer Augenabschnitt
- Kurze hintere Ziliararterie (A. ciliares posteriores brevis): hinterer Augenabschnitt
- Arteria lacrimalis: Tränendrüse
- Rami musculares: Augenmuskeln und Episklera
- Arteria palpebralis medialis: oberer und unterer Lidrand

Die zentrale Netzhautarterie tritt etwa einen Zentimeter hinter dem Auge in den Sehnerv ein. Im Innern des Sehnervs erreicht die zent-

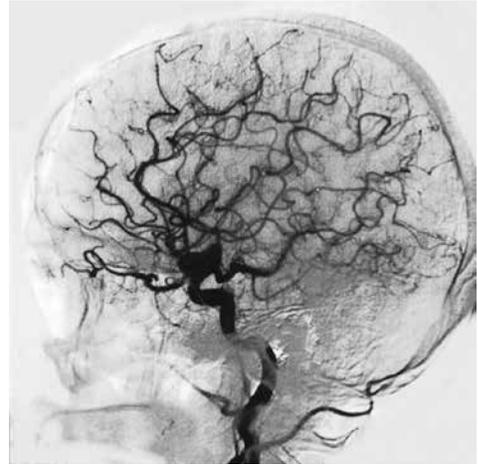
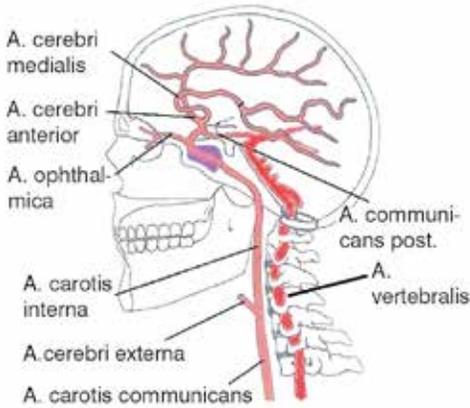


Abb. 1.3: Laterale Ansicht der Blutversorgung des Kopfes und der Augen

rale Netzhautarterie schließlich an der Papille das Auge. Hier gabelt sie sich zunächst in einen oberen und einen unteren Ast auf. Diese beiden Äste wiederum bilden je einen temporalen und nasalen Ast. An den Bifurkationsstellen der genannten Arterien können sich Thromben oder Emboli festsetzen, die einen Ausfall der Blutversorgung der Netzhaut bedingen und damit zu Seheinbußen führen können.

Bezogen auf ein Gramm Masse hat das Auge die mit Abstand höchste Durchblutungs-

rate des gesamten Körpers. Diese ist erforderlich, um die Bildung des Kammerwassers, die Ernährung der Netzhaut und besonders deren Kühlung zu gewährleisten. Neben stark durchbluteten Geweben hat das Auge auch bradytrophe Gewebe, das heißt Gewebe, die nicht durchblutet sind. Diese Gewebe sind einem hohen Risiko von Ablagerungen ausgesetzt.

Über die Blutbahn können Tumorzellen, Krankheitserreger oder Substanzen, die vom Körper nicht abgebaut und ausgeschieden

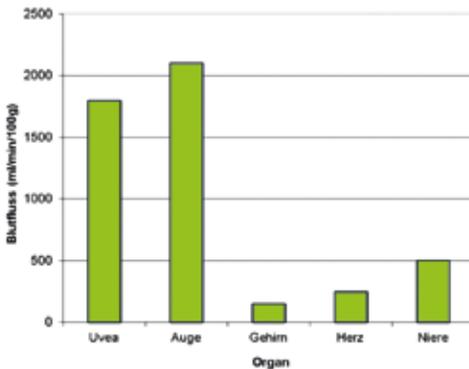


Abb. 1.4: Blutversorgung des Auges. Bezogen auf gleiche Masse ist das Auge das mit weitem Abstand am stärksten durchblutete Organ des Körpers, wobei auf die Uvea der größte Teil des durch das Auge fließenden Bluts entfällt. Die Bildung des Kammerwassers, die Ernährung der Netzhaut und vor allem deren Kühlung hängen von einer starken Durchblutung ab.

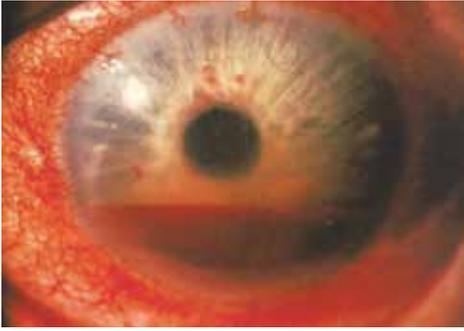


Abb. 1.5: Blutung in der Vorderkammer

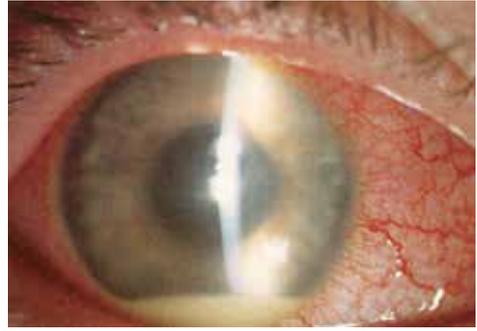


Abb. 1.6: Hypopyon in der Vorderkammer

werden, in das Auge gelangen. Medikamente können ebenfalls auf diesem Weg in das Auge gelangen und Nebenwirkungen verursachen.

Viele Bestandteile des Blutes sind potentiell neurotoxisch, weshalb die Netzhaut über eine spezielle Blutschranke, die Blut-Retina-Schranke, verfügt. Diese Blutschranke verhindert einen unkontrollierten Austritt von Blut in die Netzhaut. Die Blutgefäße des Augeninnern sind durch spezielle Zellkontakte zwischen den Endothelzellen der Gefäße „abgedichtet“, sodass ein Eindringen von Entzündungszellen und Entzündungsmediatoren in das Auge nicht möglich ist. Der dichte Zellverband in den Blutgefäßen des Auges ist ebenfalls Teil der Blutschranke. Auch zwischen den Zellen des retinalen Pigmentepithels sind Zellkontakte ausgebildet, die das Blut der Aderhaut daran hindern, in die Netzhaut einzudringen.

Schäden an der Blut-Retina-Schranke ermöglichen den unkontrollierten Austritt von Flüssigkeit und Inhaltsstoffen des Blutes aus den Blutgefäßen in die Netzhaut. Makulaödeme können nach einem unkontrollierten Flüssigkeitsaustritt aus den tieferen Blutgefäßen der Netzhaut entstehen. Harte Exsudate, die regelmäßig bei systemischen Erkrankungen wie Diabetes oder Bluthochdruck in der Netzhaut beobachtet werden können, sind

Lipidablagerungen in der Netzhaut, die nach Schädigungen der Blutgefäße möglich sind.

Eine weitere Blutschranke, die Blut-Kammerwasser-Schranke, besteht im vorderen Augenabschnitt. Diese soll den unkontrollierten Austritt von Blutbestandteilen aus den Blutgefäßen der Iris und des Ziliarkörpers in das Kammerwasser verhindern. Die Folge eines unkontrollierten Austritts dieser Blutbestandteile wäre eine Trübung des Kammerwassers. Das Tyndall-Phänomen lässt sich leicht mit der Spaltlampe beobachten. Es beruht auf der Lichtstreuung an großen Molekülen oder Zellen, die bei einem Defekt der Blut-Kammerwasser-Schranke in das Kammerwasser gelangt sind. Gelangen größere Moleküle oder Zellen in die ableitenden Kammerwasserwege, können diese die Poren des Trabekelwerks verstopfen und so einen Anstieg des Augeninnendruckes verursachen.

Die Blutschranken des Auges verhindern auch, dass unkontrolliert Leukozyten und Zellen des Immunsystems ins Augeninnere gelangen. Hierdurch werden Entzündungsreaktionen, die die Transparenz der Augenmedien und die Integrität der Netzhaut bedrohen, verhindert. Das Auge entzieht sich mit Hilfe der Blutschranken einer Kontrolle durch das Immunsystem. Reichern sich im Kammerwas-

ser als Folge von Entzündungen Entzündungszellen an, sinken diese als Sediment auf den Boden der Vorderkammer. Man spricht von einer Spiegelbildung oder Hypopyon. Die Lage des Hypopyons ist abhängig von der Lage des Kopfes. Verlagert sich das Hypopyon bei Veränderung der Kopflage nicht, kann dies ein Hinweis auf Tumorzellen in der Vorderkammer sein.

Hämatogene Übertragungen

Die starke Durchblutung des Auges hat zur Folge, dass Erkrankungen des Körpers, die sich über die Blutbahn im Körper ausbreiten, leicht auch das Auge erreichen. Etwa zehn Prozent aller Tumor-Patienten erleiden auch Metastasierungen ins Auge. Krankheitserreger wie Bakterien oder Viren können sich über die Blutbahn ausbreiten. Toxische Substanzen, seien es Medikamente, exogene Toxine oder Bakterientoxine, rufen, nachdem sie über die Blutbahn in das Auge gelangt sind, hier pathologische Veränderungen hervor.

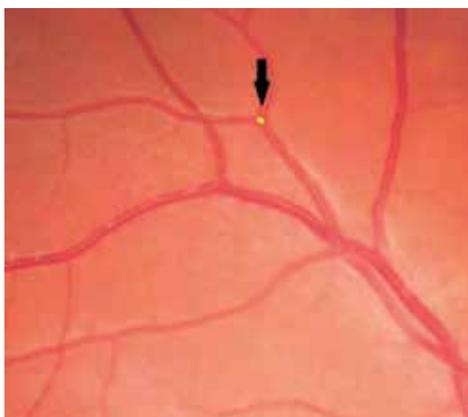


Abb. 1.7: Embolus (Hollenhorst-Plaques) an der Gabelung der Arterien in der oberen Netzhauthälfte

Emboli, die sich von verstopften Blutgefäßen oder defekten Herzklappen abgelöst haben und über die Arteria ophthalmica in die Blutgefäße der Netzhaut gelangt sind, können zu Verschlüssen der Netzhautgefäße führen.

Hämatogene Metastasen

Bösartige (maligne) Tumoren metastasieren in andere Organe. Die Tochterzellen dieser Primärtumoren können entweder über die Blutbahn, das heißt hämatogen oder über die Lymphgefäße (lymphogen) im Körper verteilt werden. Metastasen sind die häufigsten intraokularen Tumoren. Bis zu zehn Prozent aller Tumoren entwickeln Metastasen im Auge. Da weder Auge noch Orbita über Lymphgefäße verfügen, erfolgt die Metastasierung von Tumoren anderer Organe ins Auge über die Blutbahn. Metastasen, die von einem Primärtumor ausgehen, erreichen das Auge über die Arteria carotis interna, die Arteria ophthalmica und die Ziliargefäße. Auf Grund dieses Ausbreitungsweges ist ersichtlich, dass die Uvea mit weitem Abstand am häufigsten von Metastasen betroffen ist. Orbita (12%) und Sehnerv (2%) werden deutlich seltener von Metastasen befallen. Die Symptome, die durch die okulären Metastasen hervorgerufen werden, sind

- Sehverschlechterungen
- Schmerzen
- Exophthalmus
- Netzhautablösung
- Uveitis
- sekundäres Glaukom

Der häufigste ins Auge metastasierende Primärtumor ist der Brustkrebs, der für insgesamt 40 bis 50 Prozent aller Metastasen im Auge verantwortlich ist. Am zweithäufigsten sind Bronchialkarzinome, die etwa in 20



Abb. 1.8: Okuläre Metastase bei Brustkrebs als Primärtumor

bis 30 Prozent die Ursache okulärer Metastasen sind. Bei Frauen sind rund drei Viertel aller Metastasen auf Brustkrebs als primären Tumor zurückzuführen. Bei Männern geht rund jeder zweite Fall okulärer Metastasen auf Lungenkrebs zurück. Hier kann es häufig zu Metastasierungen kommen, ehe sich Symptome des Primärtumors zeigen. Die Lebenserwartung des Patienten ist unter diesen Bedingungen nur noch gering. Seltenere treten Darmkrebs, Nierenzellkarzinome, Schilddrüsenkarzinome oder Melanome der

Haut als Verursacher von okulären Metastasen in Erscheinung.

Die Leukämie ist kein solider Tumor wie beispielsweise Brust- oder Lungenkrebs, sondern eine Erkrankung des Blutes, weshalb die Augenbeteiligung bei der Leukämie sehr hoch ist. Bis zu zwei Drittel aller Leukämiepatienten haben auch klinische Zeichen einer Leukämie am Auge. Nicht selten wird die Leukämie aufgrund von Veränderungen der Augen diagnostiziert.

Hämatogene Infektionen

Krankheitserreger, die in den Körper eingedrungen sind, können über die Blutbahn auch in das Auge gelangen. Auch Infektionserkrankungen, die bereits lange überstanden sind, können, wenn der Erreger sich dauerhaft im Körper befindet, wieder neu ausbrechen und über die Blutbahn oder im Falle von Viren über die Nerven wieder in das Auge gelangen. Erreger, die über die Blutbahn das Auge befallen, sind *Toxoplasma gondii* oder das Zytomegalievirus, das über infizierte Monozyten in die Netzhaut eindringt. Pilze wie *Candida albicans*

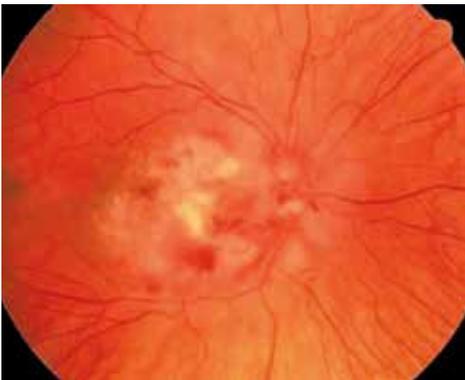


Abb. 1.9: Hämatogene Übertragung. Zytomegalie-retinitis

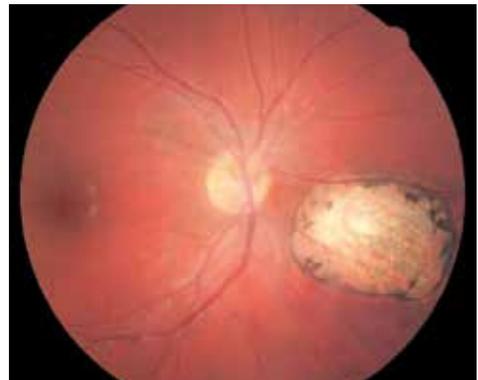


Abb. 1.10: Hämatogene Infektion. Toxoplasmose

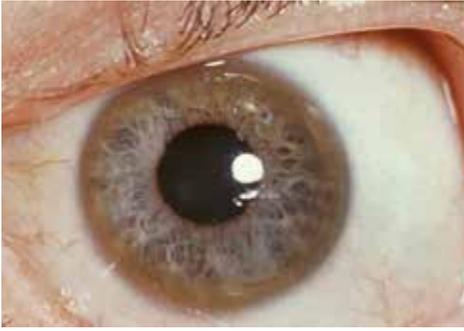


Abb. 1.11: Kupferablagerungen (Kayser-Fleischer-scher Ring) bei Morbus Wilson



Abb. 1.12: Hypercarotinämie: Ablagerung von β -Carotin in Hornhaut und Bindehaut

cans, Aspergillus-Arten oder Kryptokokken gelangen häufig über die Atemwege in den Körper und werden vor allem dann, wenn das Immunsystem geschwächt ist, über die Blutbahn in das Auge eingeschwemmt.

Ablagerungen im Auge

Das Auge besitzt mit Hornhaut, Linse und Glaskörper Gewebe, die nicht durchblutet sind (bradytrophe Gewebe). Die Gefäßfreiheit dieser Gewebe ist Voraussetzung für die Transparenz der optischen Medien des Auges und Teil des immunologischen Privilegs des Auges. Bradytrophe Gewebe werden durch Diffusion aus den umgebenden Flüssigkeiten versorgt. Für Hornhaut und Linse ist dies das Kammerwasser, über das die Versorgung erfolgt. In sehr geringem Maße können Substanzen auch über den Tränenfilm in die Hornhaut gelangen. Bradytrophe Gewebe neigen zu Ablagerungen endogener und exogener Substanzen, da aufgrund der fehlenden Blutgefäße nur sehr geringe Mengen der abgelagerten Substanzen wieder abtransportiert werden. Es dauert mehrere Wochen bis Monate bis Medikamentenablagerungen

nach dem Absetzen der Medikation wieder vollständig verschwunden sind. Bei Ablagerungen im Auge kann es sich unter anderem um folgende Substanzen handeln

- Metalle bei Speicherkrankheiten (Kupfer), Nierenerkrankungen (Calcium) oder Veränderungen der Hornhaut und des Tränenfilms (Eisen)
- Lipide bei Störungen des Lipidstoffwechsels
- Aminosäuren bei Störungen des Aminosäurestoffwechsels (z. B. Phenylketonurie, Alkaptonurie, Cystinose)
- Medikamente bei Dauertherapien (z. B. Amiodaron, Indometacin, Chloroquin, Phenothiazine)

In Kürze: Bezogen auf ein Gramm Masse ist das Auge das am stärksten durchblutete Organ im gesamten Körper. Es enthält aber, ebenso wie die Orbita, keine Lymphgefäße. Die Blutversorgung des Auges erfolgt über die innere Halsschlagader, von der die Arteria ophthalmica abzweigt. Die Äste der A. ophthalmica versorgen die ein-

zeln Abschnitte des Auges sowie dessen Adnexe. Blutschranken verhindern den unkontrollierten Austritt von Blut in die Netzhaut und das Kammerwasser. Über die Blutbahn können Krankheitserreger, Metastasen anderer Primärtumoren usw. das Auge erreichen. In dem bradytrophen, das heißt nicht durchbluteten Gewebe des Auges kann es zu Ablagerungen von Metallen, Aminosäuren, Lipiden usw. kommen.

1.1.2 Nervensystem und Auge

Auge und Gehirn tauschen kontinuierlich Informationen untereinander aus. Mehr als 80 Prozent aller Informationen, die das Gehirn aus der Umwelt aufnimmt, erreichen dies über

die Augen. Ungefähr zwei Drittel der Hirnaktivitäten des Menschen dient der Verarbeitung visueller Informationen und der Steuerung der Augenbewegungen. Die visuelle Wahrnehmung ist das Resultat der Verarbeitung der von der Netzhaut aufgenommen Sehreize durch das Gehirn. Veränderungen des Gehirns äußern sich immer auch in Störungen der visuellen Wahrnehmung. Auch psychische Faktoren beeinflussen häufig – wie es das Beispiel psychogener Sehstörungen zeigt – die Wahrnehmung.

Sechs der zwölf Hirnnerven sind mit dem Auge, den Augenbewegungen und dem Sehen befasst. Der Sehnerv leitet die visuellen Informationen von der Netzhaut zur Sehrinde. Einige Tausend der Ganglienzellen der Netzhaut, die nicht der Bildverarbeitung dienen, steuern den Schlaf- und Wach-Rhythmus sowie die Hormonproduktion. Diese sogenannten iPR-Ganglienzellen enthalten das

Tabelle 1.1: Hirnnerven und Auge

Nerv	Zielstruktur	Funktion
Sehnerv	Sehrinde	Reizleitung zur Sehrinde
Nervus oculomotorius	Musculus rectus superior Musculus rectus inferior Musculus rectus medialis Musculus obliquus inferior Musculus levator palpebrae Ziliarmuskel Musculus sphincter pupillae	Augenbewegung Öffnen der Lider Nahakkommodation Miosis
Nervus trochlearis	Musculus obliquus superior	Augenbewegung
Nervus trigeminus	Hornhaut Bindehaut	Schmerzempfindung Neurotrophe Funktion
Nervus abducens	Musculus rectus lateralis	Augenbewegung
Nervus facialis	Musculus orbicularis oculi Tränendrüse	Lidschluss Tränenproduktion

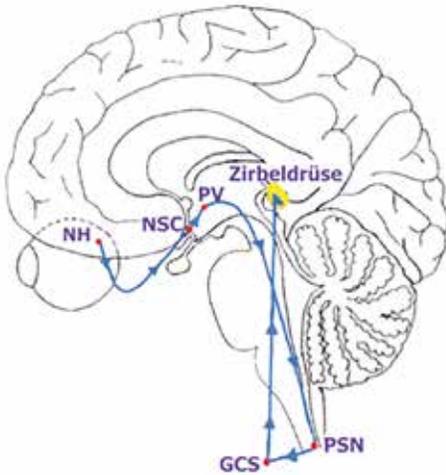


Abb. 1.13: Nichtvisuelle Nervenbahnen zur Steuerung der Zirbeldrüse durch Licht. (NH = Netzhaut, NSC = Nucleus suprachiasmaticus, PV = Nucleus paraventricularis, PSN = präsynaptisches sympathisches Neuron, GCS = Ganglion cervicale superior)



Abb. 1.14: Auswirkungen einer Schädigung des Nervus oculomotorius des linken Auges durch Diabetes mellitus. Oben: Blick nach oben. Mitte: Blick geradeaus. Unten: Blick nach unten.

Fotopigment Melanopsin und wirken selbst als Lichtrezeptoren, wobei sie besonders empfindlich auf blaues Licht reagieren. Die Axone dieser Ganglienzellen erreichen den oberhalb des Chiasmata gelegenen Nucleus suprachiasmaticus (NSC), der unter anderem die innere Uhr synchronisiert. Vom NSC ausgehend ziehen Nervenfasern zur Zirbeldrüse, die den Schlaf-Wach-Rhythmus und die sexuelle Reifung steuert. Blaues Licht unterdrückt die Bildung des Schlafhormons Melatonin. Vom NSC ausgehend erreichen Nervenfasern auch die Hypophyse, die die anderen hormonproduzierenden Drüsen des Körpers reguliert. Die Aktivität der Bereiche des Gehirns, die an der Schmerzverarbeitung beteiligt sind, wird

durch Nervenbahnen, die vom NSC ausgehen, modifiziert. Dies betrifft in besonderem Maße Migränepatienten. Sie suchen bei einer Migräneattacke die Dunkelheit auf, da Licht die ohnehin schon unerträglichen Schmerzen noch weiter verstärkt. Das blaue Licht, das von den iPR-Ganglienzellen absorbiert wird, wirkt sich auch positiv auf die Psyche und die Alertness, das heißt Wachheit und Leistungsfähigkeit aus.¹

Der Nervus oculomotorius, Nervus trochlearis und Nervus abducens steuern als okulomotorische Nerven die Augenbewegungen. Zusätzlich sind parasympathische Fasern des Nervus oculomotorius für die Nahakkommodation und die Pupillenbewegung verantwort-

¹ Cajochen C, Zeitzer JM, Czeisler CA, Dijk DJ. Dose-response relationship for light intensity and ocular and electroencephalographic correlates of human alertness. Behavioural Brain Research 2000; 115: 75-83