

Neurophysiologische Grundlagen des Einsatzes der Strobobrille

Eine Strobobrille ist eine Shutterbrille (Verschlussbrille), die dem Träger der Brille zeitlich und partiell visuelle Informationen vorenthält. Dies geschieht durch definierte Verschlüsse eines oder beider Brillengläser. Das Gehirn des Nutzers muss damit bei temporär fehlenden visuellen Informationen lernen, externe Bewegungen im visuellen Umfeld verstärkt zu antizipieren. Damit ist die Strobobrille ein neuronales Trainingsgerät, mit der hypothetisch auch die gezielte Stimulation an der visuellen Verarbeitung relevanter Hirnareale herbeigeführt werden kann. Im Folgenden beleuchte ich die neurophysiologischen Grundlagen des Einsatzes der Strobobrille. Die Überlegungen sollen dem Praktiker ein theoretisches Fundament in der Arbeit mit der Strobobrille bieten.

Information im Photorezeptor

Das Auge, genauer die Netzhaut (Retina) im Auge, ist ein Sinnesrezeptor (Photorezeptor), und als solcher hauptsächlich für eine bestimmte Art physikalischer Energie, nämlich dem Licht, empfänglich. Diese Reizenergie wird in der Retina in eine elektrochemische Energie umgewandelt, die allen sensorischen Systemen gemeinsam ist (Kandel et al. 1996). Anschließend erfolgt die neuronale Codierung, wobei das erzeugte neuronale Signal eine Folge von Aktionspotentialen im N. opticus auslöst. Diese neuronal codierten Informationen gelangen über den N. opticus und nach dem Chiasma opticum auf dem Tractus opticus zum Corpus geniculatum laterale des Thalamus und, nach der Umschaltung auf ein weiteres Neuron, weiter über die Radiata optica (Sehstrahlung) schließlich zum primären visuellen Cortex an der medialen Seite des Okzipitallappens (Area striata, BRODMANN-Area 17) mit Ausstrahlungen in die BRODMANN-Area 18 und 19 (Schmidt & Thews 1990; Duus 1987).

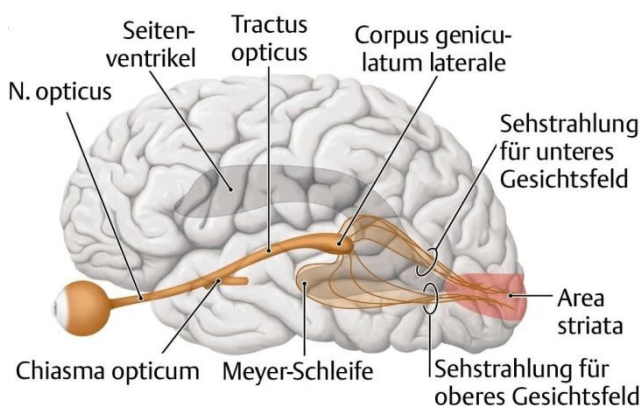


Abb. 1: Schematischer Überblick über den Verlauf der Sehbahn in der Ansicht von links. Die Meyer-Schleife ist der Teil der Radiata optica, die um das Unterhorn des dritten Seitenventrikels zum primären visuellen Cortex zieht. (Bildquelle: Schünke et al. 2006)

Informationsverteilung

Der rechte und der linke N. opticus treffen im Chiasma opticum aufeinander, kreuzen hier jedoch nur zur Hälfte: Die Fasern, die von den temporalen Retinahälften kommen bleiben ungekreuzt, die Fasern der nasalen Retinahälften kreuzen jedoch auf die Gegenseite. In dem rechten und dem linken Tractus opticus, nach der Kreuzung im Chiasma opticum, sind die Fasern, die von der jeweiligen ipsilateralen temporalen Hälfte der Retina und jene, die von der jeweiligen kontralateralen nasalen Retinahälfte kommen, vereint (vgl. Abb. 2). Trotz dieser teilweisen Kreuzung der Nervenfasern im Chiasma opticum wird eine strenge Punkt-zu-Punkt-Anordnung bis in die Sehrinde hinein beibehalten (Duus 1987).

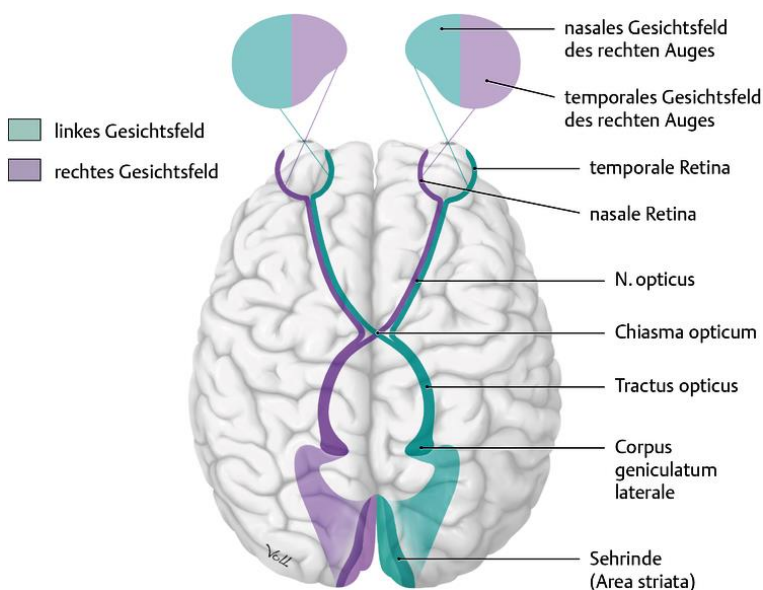


Abb. 2: Die visuelle Informationsverteilung: Repräsentation des rechten und linken Gesichtsfeldes in der jeweils ipsi- und kontralateralen Sehrinde. (Bildquelle: Schünke et al. 2006)

Ein beim Geradeausblick im linken Gesichtsfeld befindlicher Gegenstand wird damit auf der nasalen Retinahälfte des linken Auges und auf der temporalen Retinahälfte des rechten Auges abgebildet. Die sich daraus ableitenden Potentiale werden nach dem Chiasma opticum durch den rechten Tractus opticus über das rechte Corpus geniculatum laterale zur rechten Sehrinde geleitet. Dementsprechend gelangen alle visuellen Informationen von dem rechten Gesichtsfeld über den linken Tractus opticus zur linken Sehrinde.

Neben den temporalen und nasalen Gesichtsfeldern müssen auch die kranialen (oberen) und kaudalen (unteren) unterschieden werden: Von den kranialen Gesichtsfeldern (kaudale Retina) werden die Impulse über den kaudalen Anteil der Radiata optica, um das Seitenhorn des dritten Ventrikels im Temporallappen (Meyer-Schleife) zum primär visuellen Kortex geleitet (Area striata, BRODMANN-Area 17). Von den kaudalen Gesichtsfeldern (kraniale Retina) werden die Impulse über den kranialen Teil

der Sehstrahlung, der über den Parietallappen verläuft, ebenfalls zur Area striata (BRODMANN-Area 17) geleitet (vgl. Abb. 1 und 3).

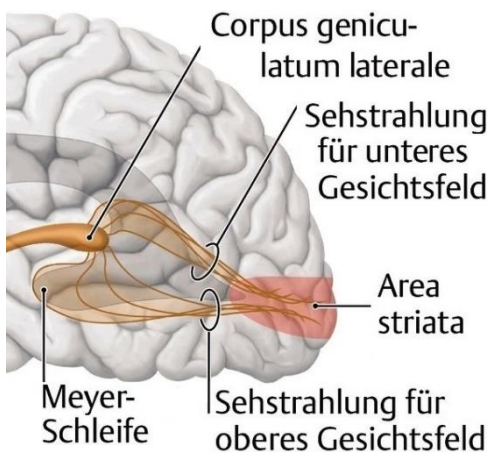


Abb. 3: Die Sehstrahlungen des kaudalen (unteren) und kranialen (oberen) Gesichtsfeldes in der Radiata optica (Sehtrahlung). Ansicht auf die linke hintere Hirnhälfte. (Bildquelle: Schünke et al. 2006)

Visuelle Wahrnehmung

Die Konstruktion der visuellen Wahrnehmung ist jedoch weitaus komplexer als das bloße Abbild eines Objektes auf der Retina und der Weiterleitung dieser Sinnesinformation bis zum visuellen Cortex (Friedrich 2017; Kandel et al. 1996). Denn am visuellen Cortex findet erst die eigentliche Gestaltung des gesamtvisuellen Eindruckes statt. Diese bewusste Wahrnehmung der biretinalen Informationen wird mit früheren Seheindrücken verglichen und interpretiert, wobei benachbarte Cortexareale mitwirken.

Blickachse und Körperorientierung

Die visuellen Informationen und damit die Blickziele mit der einhergehenden Verlagerung der Blickachse spielen eine entscheidende Rolle bei der Körperorientierung im Raum. Der Blick ist die visuelle Achse im Raum, zusammengesetzt aus der Position des Auges relativ zur Umgebung, die Position des Auges relativ zum Kopf und die Position des Kopfes relativ zur Umgebung und damit auch relativ zum restlichen Körper (vgl. Cullen & Guitton 1997). Die periphere Retina ist für die dynamische Haltungskontrolle wichtig (Berthoz 1974), weil dort das visuelle Raumorientierungssystem seinen Ausgangspunkt hat (Levin & Arnold 2005). Beim Einsatz der Strobobrille werden der Retina und damit auch den oben beschriebenen zentralen Strukturen temporär Informationen vorenthalten und damit die Blickachse unterbrochen. Dieser Informationsmangel muss durch eine entsprechende

Antizipationsleistung des visuellen Raumorientierungssystems kompensiert werden, um die Haltungskontrolle zu wahren.

Technik und Prinzip der Strobobrille

Beide Gläser der Strobobrille bestehen aus gebogenen Flüssigkristalllinsen für ein 180°-Sichtfeld. Die Flüssigkristalllinsen können elektronisch zw. durchlässig und undurchlässig umgeschaltet werden. Damit lässt sich wahlweise das rechte und/oder linke Auge in einer definierten Verschlusszeit zw. 1 und 10.000ms abdunkeln. Bei dem Modell Quad kann jedes Brillenglas zusätzlich in vertikale oder horizontale Hälften und sogar in allen Quadrantenfeldern abgedunkelt werden.



Abb. 4: Die Strobobrille Quad kann neben dem vollständigen temporären Verschluss eines oder beider Brillengläser (Beispiel rechts) zusätzlich im wahlweisen Verschluss einzelner Quadranten abgedunkelt werden (Beispiel links). (Bildquelle: Strobobrille.de)

Durch den temporären Verschluss eines oder beider Brillengläser bzw. einzelner Hälften oder Quadranten in einem einzigen Brillenglas wird der Retina Licht vorenthalten und damit die Blickachse (teilweise) unterbrochen. Damit kommt es zu einer temporären und partiellen Informationsunterbrechung aus einer oder beiden Retinae an den visuellen Cortex. Dies hat zur Folge, dass die fehlenden Informationen durch die komplex antizipatorische Visualleistung des Gehirns auf der Basis von Erfahrungen und Lernprozessen kompensiert werden muss. So sollte der Übende trotz fehlender visueller Informationen in der Lage sein, ein sich bewegendes Objekt weiter mit den Augen zu folgen und dessen Bewegung im Raum im Moment der Informationsstille vorwegzunehmen (Antizipation).

Einsatz der Strobobrille in der Therapie

Der therapeutische Einsatz der Strobobrille verfolgt primär das Ziel, zentrale Strukturen der visuellen Be- und Verarbeitung je nach Indikation zu stimulieren oder zu unterdrücken. Hierbei muss der Therapeut sich im Klaren sein, welche Bereiche der Retina Lichtreize bekommen sollen und welchen Bereichen diese vorenthalten werden sollen. Um die Beeinflussung bestimmter visueller Regionen mit

der Strobobrille zu verstehen, müssen wir uns die oben beschriebenen Informationswege aus den unterschiedlichen Retinafeldern vor Augen führen. Mit diesem Hintergrundwissen haben wir die Möglichkeit, durch die Auswahl entsprechender Verschlussprogramme an der Strobobrille bestimmte Gesichtsfelder bei der statischen oder dynamischen Fixierung eines Objektes zu belichten oder zu verdecken.

Folgende exemplarische Verschlüsse, welche über die SENAPTEC®-App eingestellt und verwaltet werden können, bieten sich für zentrale Stimulationen an. Selbstverständlich sind bei entsprechenden Indikationen auch zeitliche und laterale Kombinationen der verschiedenen Verschlüsse möglich. Die motorischen Aufgaben, die mit der Verwendung der Strobobrille kombiniert werden sind immens groß und würden in den Darstellungen den Rahmen dieses Beitrages sprengen. Es gilt bei der Übungsauswahl jedoch immer zu berücksichtigen, welche peripheren Stimulationen welche zentralen Stimulationen und Reaktionen zur Folge haben.

① Stimulation des rechten Corpus geniculatum laterale des Thalamus und weiter der rechten Area striata (BRODMANN-Area 17) im primär visuellen Kortex:

→ Chronische Belichtung der nasalen Retinahälfte links und der temporalen Retinahälfte rechts. Ich empfehle zunächst die längste mögliche Verschlusszeit von 10.000 Millisekunden. Diese 10 Sekunden Verschlusszeit kann daneben als Orientierung für die Dauer eines Übungsintervalles dienen.



Abb. 5: Individuell eingestelltes Programm der Strobobrille zur Belichtung der nasalen Retinahälfte links und der temporalen Retinahälfte rechts, Blick von hinten durch die Brille. (Bildquelle: SENAPTEC-App)

Indikationen:

- Vergrößerung des physiologischen blinden Flecks rechts. Die Untersuchung des physiologischen blinden Flecks dient dazu, die Integration visueller Stimuli im Bereich des Corpus geniculatum laterale des Thalamus und damit den Aktivitätszustand des Thalamus der jeweiligen Hirnhälfte zu prüfen (Garten 2016). Neben einer Hypoafferenzierung aus der Retina senkt insbesondere eine Hypoafferenzierung aus peripheren skelettalen Rezeptoren der kontralateralen Seite den

Aktivitätszustand des Thalamus herab. Daher ist es therapeutisch sinnvoll, die visuelle Stimulation des Thalamus mit einer kontralateralen Stimulation peripherer Rezeptoren zu kombinieren (z.B. durch manuelle Techniken oder auf sensomotorischen Geräten).

- Funktionschwäche des rechten zerebralen Kortex.



Abb. 6: Übungsbeispiel zur Stimulation des rechten Thalamus über die Belichtung der nasal Retinahälfte links und der temporalen Retinahälfte rechts mit der Strobobrille und gleichzeitiger peripherer Rezeptorstimulation links mittels Einbeinstand links auf dem Bioswing®-Posturomed 202. Zusätzliche Ausarbeitung der zentralmotorischen Feed-Forward-Stabilisation durch einen Ballwurf links (auf die Beteiligung weitere zentralmotorischer Strukturen wird hier aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht weiter eingegangen). Alternativ kann diese Übung auch auf einer Vibrationsplatte durchgeführt werden. Dies hat den Vorteil, das die zusätzliche Vibrationsinformationen aus den Exterozeptoren über die spinalen Hinterstränge direkt mit nur einer Verschaltung in den kontralateralen Thalamus unter Umgehung des Zerebellums geleitet werden. Als optimal würde sich in diesem Fall die Kombination aus dem Posturomed 202 mit einer sich darauf befindlichen Vibrationsplatte erweisen.

② Stimulation des linken Corpus geniculatum laterale des Thalamus und weiter der linken Area striata (BRODMANN-Area 17) im primär visuellen Kortex:

→ Chronische Belichtung der nasal Retinahälfte rechts und der temporalen Retinahälfte links. Ich empfehle zunächst die längste mögliche Verschlusszeit von 10.000 Millisekunden. Diese 10 Sekunden Verschlusszeit kann daneben als Orientierung für die Dauer eines Übungsintervalles dienen.



Abb. 7: Individuell eingestelltes Programm der Strobobrille zur Belichtung der nasal Retinahälfte rechts und der temporalen Retinahälfte links, Blick von hinten durch die Brille. (Bildquelle: SENAPTEC-App)

Indikationen:

- Vergrößerung des physiologischen blinden Flecks links (Erläuterungen siehe oben).
- Funktionsschwäche des linken zerebralen Kortex.



Abb. 8: Übungsbeispiel zur Stimulation des linken Thalamus über die Belichtung der nasalen Retinahälfte rechts und der temporalen Retinahälfte links mit der Strobobrille und gleichzeitiger peripherer Rezeptorstimulation rechts mittels Einbeinstand rechts auf dem Bioswing®-Posturomed 202. Zusätzliche Ausarbeitung der zentralmotorischen Feed-Forward-Stabilisation durch einen Ballwurf rechts (auf die Beteiligung weitere zentralmotorischer Strukturen wird hier aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht weiter eingegangen). Alternativ kann diese Übung auch auf einer Vibrationsplatte durchgeführt werden. Dies hat den Vorteil, das die zusätzliche Vibrationsinformationen aus den Exterozeptoren über die spinalen Hinterstränge direkt mit nur einer Verschaltung in den kontralateralen Thalamus unter Umgehung des Zerebellums geleitet werden. Als optimal würde sich in diesem Fall die Kombination aus dem Posturomed 202 mit einer sich darauf befindlichen Vibrationsplatte erweisen.

3 Bilaterale Stimulation des Seitenhorns des dritten Ventrikels im Temporallappen und weiter der Area striata (BRODMANN-Area 17) im primär visuellen Kortex:

→ Chronische Belichtung der kaudalen Retinahälften. Ich empfehle zunächst die längste mögliche Verschlusszeit von 10.000 Millisekunden. Diese 10 Sekunden Verschlusszeit kann daneben als Orientierung für die Dauer eines Übungsintervalles dienen.



Abb. 9: Individuell eingestelltes Programm der Strobobrille zur bilateralen Belichtung der kaudalen Retinahälften, Blick von hinten durch die Brille. (Bildquelle: SENAPTEC-App)

Indikationen:

- Funktionsschwäche des Seitenhorns des dritten Ventrikels und/oder der Area striata

④ Bilaterale Stimulation der Parietallappen und weiter der Area striata (BRODMANN-Area 17) im primär visuellen Kortex:

→ Chronische Belichtung der kranialen Retinahälften. Ich empfehle zunächst die längste mögliche Verschlusszeit von 10.000 Millisekunden. Diese 10 Sekunden Verschlusszeit kann daneben als Orientierung für die Dauer eines Übungsintervalles dienen.



Abb. 10: Individuell eingestelltes Programm der Strobobrille zur bilateralen Belichtung der kranialen Retinahälften, Blick von hinten durch die Brille. (Bildquelle: SENAPTEC-App)

Indikationen:

- Funktionsschwäche der Parietallappen und/oder der Area striata.

Grundsätzlich richtet sich die Wahl der Verschlussbereiche und der Verschlusszeiten nach der zentralvisuellen und zentralmotorischen Organisation der Patienten. Je besser diese organisiert sind, desto wechselndere Verschlüsse und desto längere vollständige Verschlusszeiten können genutzt werden.

Einsatz der Strobobrille im Leistungs- und Hochleistungssport

In der Arbeit mit Leistungs- und Hochleistungssportlern können wir zunächst davon ausgehen, auf ein zentralmotorisch hoch organisiertes und leistungsfähiges System zu treffen. Defizite zeigen sich hier erst bei hohen, meist multiplen Beanspruchungen des sensomotorischen Systems. Daher unterscheidet sich die Arbeit mit der Strobobrille gegenüber dem therapeutischen Einsatz in höheren kompletten Verschlusszeiten und eingeschränkteren, sich rascher wechselnden Belichtungen.

Das elegante an der Strobobrille ist der zumeist sportartspezifische Einsatz der Brille. So kann die Brille entweder bei der eigentlichen sportlichen Bewegung (z.B. einem Korbwurf im Basketball, einer Rückhand im Tischtennis), einer Teilbewegung (z.B. der Startposition beim Sprint mit visuellen

Zusatzaufgaben, dem Passen eines Balles) oder einer sportartunspezifischen Handlung (z.B. dem Balljonglieren oder der Arbeit auf labilen Unterlagen) eingesetzt werden.



Abb. 11: Der Einsatz der Strobobrille im Leistungssport, hier am Beispiel eines Drillings im Basketball. (Bildquelle: senaptec.com)

In der Arbeit mit Leistungssportlern sind bei fehlenden Kontraindikationen dem Einsatz der Strobobrille kaum Grenzen gesetzt. Der variable Einsatz von Verschlusszeiten und Belichtungen ermöglicht eine immense Vielfalt an zentralen Stimuli, gepaart mit entsprechenden sportartspezifischen oder allgemeinen Aufgaben. Details hierzu sprengen definitiv den Rahmen eines solchen Beitrages!

Leistungslimitierende Faktoren bei der Verwendung der Strobobrille

Die Verwendung der Strobobrille zeigt, wie wir dies auch aus der sensomotorischen Therapie und dem sensomotorischen Training generell kennen, teils deutliche Defizite und damit auch teils deutliche Unterschiede zw. verschiedenen Patienten oder Sportlern auf. Generell ist die Leistung bei einer mangelnden sensorischen Integrität gegenüber einer vollfunktionsfähigen zentralsensorischen und – motorische Leistungsfähigkeit teils deutlich herabgesetzt. Dies zeigt sich z.B. in einer unsicheren Raumorientierung, einer herabgesetzten motorischen Koordinationsleistung oder in deutlichen Defiziten beim Folgen oder Fangen sich bewegender Objekte im Raum sowie beim Werfen von Objekten. Die Gründe hierfür sind überwiegend im zentralen Nervensystem, teils auch peripher lokalisiert und können mit entsprechenden klinisch neurologischen Testverfahren verifiziert werden (vgl. hierzu Garten 2016). Beispielsweise können folgende klinische Funktionsstörungen die Leistung bei Verwendung der Strobobrille überschießend negativ beeinflussen:

- Gestörte Augenfolgebewegungen
- Hypo- oder hypermetrische Sakkaden
- herabgesetzte Optokinese

- Vergenzstörungen
- Instabile Pupillen-Lichtreaktion
- Vergrößerung des physiologischen blinden Flecks
- Peripher sensorische Störungen der Propriozeption, z.B. bei Funktionsstörungen der Rezeptororgane wie Füße, ISG, Kopfgelenke, Kiefergelenke
- Peripher sensorische Störungen der Exterozeption, z.B. bei Neuropathien

Fazit: Mit der Strobobrille steht eine Shutterbrille zur Verfügung, die die neurozentrierte Therapie und das neurozentrierte Training deutlich bereichert. Durch die App-gesteuerte Programmierung der Verschlusszeiten und Hälften- bzw. Quadranteneinteilungen kann die Brille exakt an das jeweilige Leistungsniveau des Übenden bzw. an die Indikationen und Kontraindikationen angepasst werden. Das visuelle System als das entscheidende sensorische Inputsystem wird als Vehikel der Beeinflussung und des Trainings zentralmotorischer Strukturen genutzt. So sind dem neurozentrierten Trainingskonzepten insbesondere im Leistungs- und Hochleistungssport kaum Grenzen gesetzt.

Bleiben Sie in Bewegung!

Ihr Christof Otte

Literatur

- Appelbaum, L.G.** et al. (2012) *Stroboscopic visual training improves information encoding in short-term memory*. In: Attention, Perception, & Psychophysics (74) 8, 1681-1691.
- Berthoz, A.** (1974) *Oculomotor activity and proprioception*. In: Rev Electroencephalogr Neurophysiol Clin 4(4), 569-586.
- Cullen, K.E.; Guitton, D.** (1997) *Analysis of primate IBN spike trains using system identification techniques. II. Gaze versus eye movement based models during combined eye-head gaze shifts*. In: J Neurophysiol 78(6), 3283-3306.
- Duus, P.** (1987) *Neurologisch-topische Diagnostik*. Thieme, Stuttgart.
- Friedrich, M.** (2017) *Interdisziplinäre Optometrie*. DOZ, Heidelberg.
- Garten, H.** (2016) *Applied Kinesiology – Funktionelle Myodiagnostik in Osteopathie und Chirotherapie*. Elsevier, München.
- Kandel, E.R.** et al (1996) *Neurowissenschaften*. Spektrum, Heidelberg
- Laube, W.** et al (2009) *Sensomotorisches System: Physiologisches Detailwissen für Physiotherapeuten*. Thieme, Stuttgart.
- Levin, L.A.; Arnold, A.C.** (2005) *Neuro-Ophthalmology*. Thieme, New York.
- Schmidt, R.F.; Thews, G.** (Hrsg.) (1990) *Physiologie des Menschen*. Springer, Berlin.
- Schünke, M.; Schulte, E.; Schumacher, U.; Voll, M.; Wesker, K.** (2006) *Prometheus LernAtlas der Anatomie – Kopf und Neuroanatomie*. Thieme, Stuttgart – New York.

(Veröffentlicht: 18.12.2019)