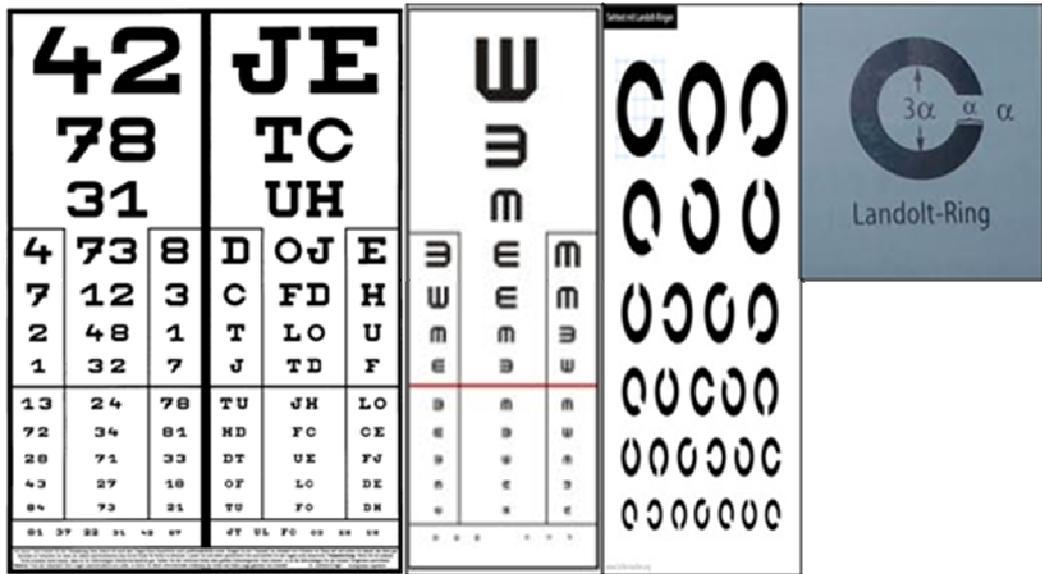


# VI. Sinnesorgane

## 1. Sehschärfeuntersuchung

Man verwendet die Visustafel (Sehprobentafel) um die Sehschärfe zu bestimmen. Auf der Tafel sind unterschiedliche Sehzeichen (Snellen-Buchstaben/Snellen-Haken, Zahlen oder Landoltringe), in von oben nach unten abnehmender Größe zu sehen. Neben den Sehzeichen stehen Zahlen, die die Entfernung angeben, aus der ein Mensch mit normaler Sehschärfe die Sehzeichen der entsprechenden Reihe scharf erkennen kann. Dabei beträgt der Sehwinkel für das gesamte Zeichen 5, und für die Details des jeweiligen Zeichens 1. Die Details der obersten Zeichen sollten aus 50 m gesehen werden können, die Details der vorletzten Reihe aus 1 m. Die allerletzte Reihe dient der Untersuchung einer eventuellen Hyperakuität, sprich einer Sehschärfe von über 100% bzw. über 1. Die Buchstaben in der Tafel werden in einem großen Quadrat gezeichnet, welches in 25 kleine Quadrate unterteilt wird. Das große Quadrat wird unter einem Sehwinkel von 5 gesehen, die kleinen unter einem von 1 (aus der jeweils angegebenen Distanz neben der Reihe!).

Wir führen die Untersuchung mit gut ausgeleuchteter Tafel aus. Der Patient positioniert sich 5 Meter von der Tafel entfernt, welche sich idealerweise in Augenhöhe befindet, und bedeckt ein Auge mit der Hand. Dann lassen wir ihn die Zahlen und Buchstaben von oben nach unten lesen. Uns interessiert dabei das kleinste Zeichen welches der Patient noch sicher erkennen kann.



## Visustafel

Die Sehschärfe (der Visus) wird als Bruch ausgedrückt:

$$V = d/D$$

d: die Entfernung des Patienten von der Tafel (in Meter angegeben).

D: die Entfernung, aus der laut Norm, das erkannte Zeichen unter  $5^\circ$  Sehwinkel und die Details des Zeichens unter  $1^\circ$  Sehwinkel sichtbar sind.

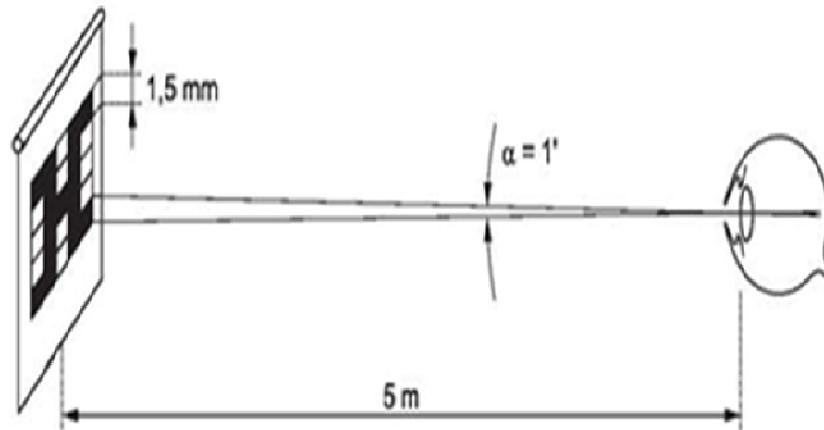
Normalwert:  $V = 5\text{m} / 5\text{m} = 1$

Wenn der Patient aus 5 m Entfernung nur die Zeichen erkennt, welche laut Norm aus 15 m mit  $5^\circ$  Sehwinkel erkennbar sein sollten, ist seine Sehschärfe  $V = 5/15$ .

Es kommt vor, dass der Patient nicht mal das oberste Zeichen sehen kann. In diesem Fall rücken wir die Tafel näher. Zum Beispiel: wenn er das oberste Zeichen aus 2 m Entfernung sieht, ist sein Visus:  $2/50$ .

Wenn das Tafellesen erfolglos ist, lassen wir den Patienten aus verschiedenen Entfernungen (ab 5 m näher werdend) Finger ablesen. In diesem Fall geben wir den Abstand anstelle des Visus an, aus der der Patient sicher unsere aufgezeigten Finger vor einem dunklen Hintergrund ablesen kann (zum Beispiel: Fingerlesen aus 2 m

Entfernung). Wenn er auch das nicht schafft, müssen wir prüfen ob er überhaupt die Bewegungen der Hände erkennen kann, oder zu Hell-Dunkel-Sehen fähig ist.



### Sehwinkel

## 2. Korrektur von Brechungsfehlern des Auges (theoretisch)

Wir untersuchen den Patienten mit Hilfe der Visustafel. Wenn sein Visus vom Normalwert abweicht, legen wir verschiedene Linsen vor seine Augen und korrigieren dadurch die Abweichung mit der entsprechenden Linse. Unter der Linsen gibt es bikonkave, bikonvexe und zylindrische Linsen mit unterschiedlicher Refraktion, die in den Brillenrahmen gesetzt werden können. Wir korrigieren dabei stets nur den Brechungsfehler eines Auges. Das andere Auge wird durch eine Metallplatte im Brillenrahmen bedeckt.

a) **Normalsichtiges Auge** - unter ruhigen Bedingungen, wenn das Auge nicht akkommodiert, werden die aus unendlicher Ferne kommenden parallelen Lichtstrahlen so gebrochen, dass sie auf der Netzhaut im Bereich der Fovea centralis gebündelt auftreten: emmetropes Auge.

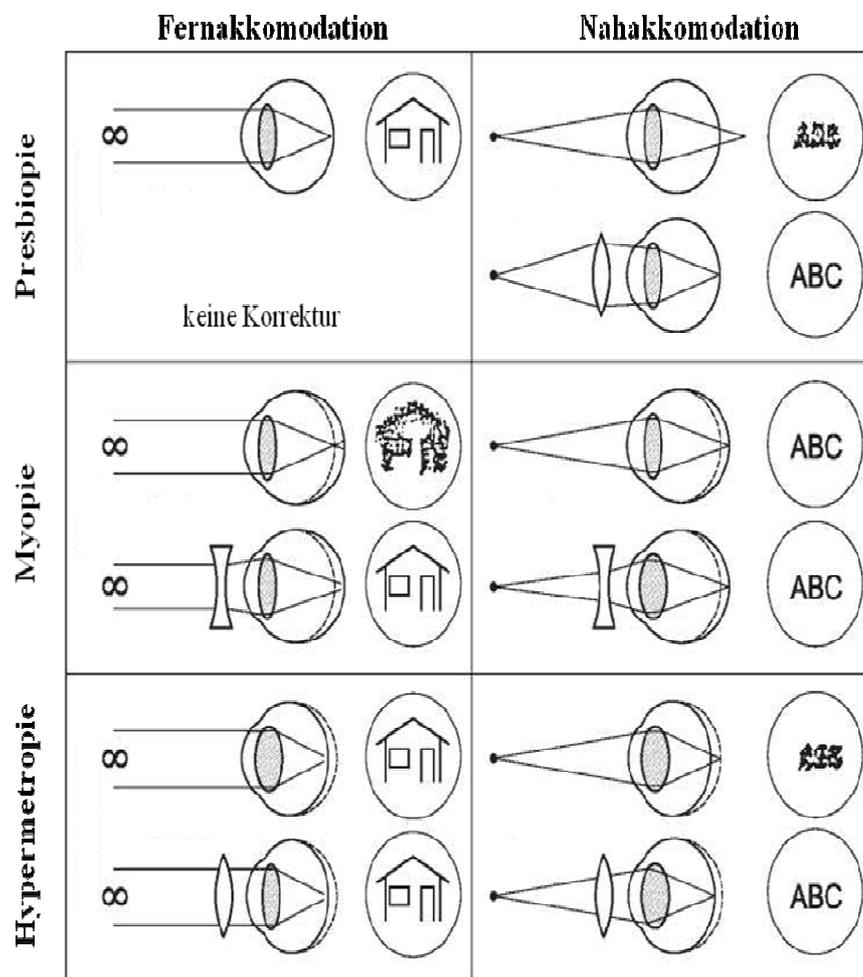
b) **Myopes (kurzsichtiges) Auge** - hat eine längere Längsachse als normal, oder die Brechkraft ist im Verhältnis zu der Länge des Bulbus

zu stark. Die aus unendlicher Ferne kommenden parallelen Lichtstrahlen schneiden sich vor der Netzhaut.

Wenn wir eine Konkavlinse vor das myope Auge legen, werden die unendlichen, parallelen Lichtstrahlen divergiert. Somit treffen sie sich auf der Netzhaut.

c) **Hypermetropes (weitsichtiges) Auge** - die Längsachse ist kürzer als normal, oder die Brechkraft ist im Verhältnis zur Länge des Bulbus zu schwach. Die im Auge gebrochenen Lichtstrahlen treffen sich erst hinter der Netzhaut.

Wenn wir eine Konvexlinse vor das nicht akkommodierte Auge setzen, werden die parallelen Lichtstrahlen konvergiert. Somit treffen sie sich auf der Netzhaut.



Brechungsfehler des Auges und ihre Korrektur

### **3. Untersuchung von Astigmatismus (Hornhautverkrümmung, Stabsichtigkeit)**

Wenn die Oberflächenkrümmung der Hornhaut in den verschiedenen Meridianen nicht gleich ist, sprechen wir von Astigmatismus. Normalerweise hat die Hornhaut eine um 0,5 Dioptrie stärkere Brechkraft in senkrechter Richtung als horizontal: physiologischer Astigmatismus. Wenn die Krümmung in einem Meridian regelmäßig ist und die am stärksten und am schwächsten brechenden Meridiane einen rechten Winkel bilden, sprechen wir von regulärem Astigmatismus. Der reguläre Astigmatismus wird mit einer Zylinderlinse korrigiert, welche eine Konvex - oder Konkavlinse mit zylindrischer Oberfläche ist. Der Zylinder funktioniert als Planplatte und hat entlang seiner Längsachse keine Brechkraft. Die Brechkraft ist senkrecht zur Längsachse maximal und der Übergang dazwischen ist nicht linear.

Es gibt zwei Möglichkeiten um den Astigmatismus zu untersuchen:

#### **a) mit der Placido-Scheibe (Keratoskop)**

Das Keratoskop ist eine Scheibe von etwa 25 cm Durchmesser mit einem Stiel. Auf der Scheibe sind konzentrische Ringe aufgemalt und in der Mitte befindet sich eine runde Öffnung.

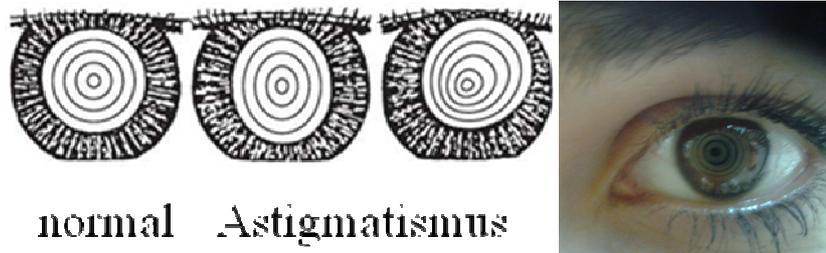


**Placido-Scheibe**

Wir lassen den Proband mit dem Rücken zur Lichtquelle stehen und halten das Keratoskop vor unser Auge. Durch die runde Öffnung kann

man das Spiegelbild der konzentrischen Ringe auf der Hornhaut des Probanden betrachten.

Wenn sich die Krümmungsradien in den einzelnen Meridianen nicht in größerem Maße voneinander unterscheiden, besteht das Spiegelbild des Keratoskops aus konzentrischen Ringen auf der Hornhaut. Bei Astigmatismus verzerrt sich das Spiegelbild der konzentrischen Ringe.

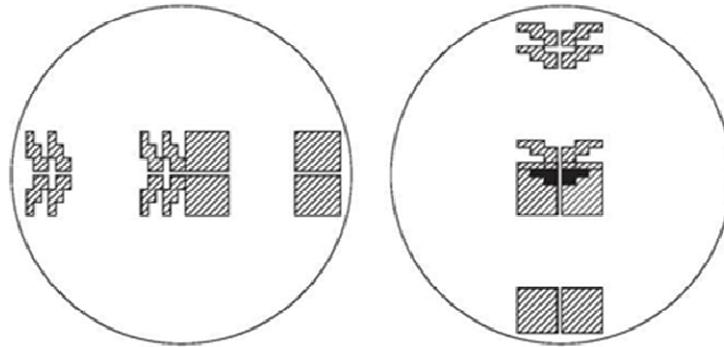


### **b) mit dem Ophthalmometer (Keratometer) nach Javal-Schiötz**

Mit Hilfe dieses Gerätes bestimmen wir die Brechkraft und den Krümmungsradius in den einzelnen Meridianen der Hornhaut. Die Untersuchung wird in einem dunklen Raum durchgeführt. Die Kinnablage stellen wir so ein, dass sich die Augen in der richtigen Höhe befinden. Ein Auge wird anschließend zugedeckt. Die vom Gerät produzierten ringförmigen Lichtflecken müssen zuerst auf die künstliche Hornhaut des Ophthalmometers, dann auf die Kornea des Patienten projiziert werden. Danach werden die projizierten Lichtstrahlen verdeckt.

Durch das senkrecht zum Mittelpunkt der Kornea stehende Fernrohr sehen wir das korneale Spiegelbild der zwei leuchtenden Bilder. Ein Bild ist treppenartig, das Andere ist rechteckig; die Bilder sind doppelt sichtbar. Die doppelten Bilder stellen wir scharf und verschieben sie bis sie sich berühren. Hierbei kann man die Brechkraft und den Krümmungsradius auf dem Kreisbogen direkt ablesen. Normalwert: 42,75 - 43,50 dpt, bzw. 7,8 mm.

Im Fall von Astigmatismus, verändert sich die Lage der Bilder zueinander erneut wenn wir das Fernrohr um 90° drehen. Nun müssen wir die Bilder erneut verschieben bis sie sich berühren, dann kann man die Brechkraft und den Krümmungsradius für diesen entsprechenden Meridian erneut ablesen. Vergleicht man die Brechkraft der zwei senkrecht zueinander stehenden Meridiane, kann man den Grad des Astigmatismus bestimmen.



**Ophthalmometer (Keratometer) nach Javal-Schiötz**

#### **4. Untersuchung der Akkommodation**

Die Fähigkeit des Auges auch nahe liegende Gegenstände durch Veränderung der Brechkraft scharf sehen zu können, nennen wir Akkommodation (Anpassung).

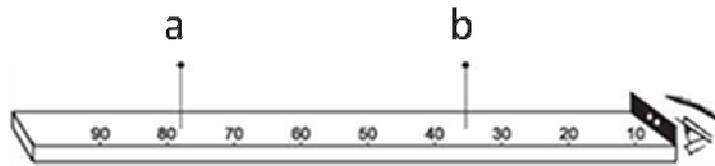
##### **a) Tüllnetz-Experiment**

Wir lesen einen gedruckten Text durch ein Netz hindurch, welches auf einen Rahmen gespannt ist. Beim Lesen des Textes können wir das Tüllnetz gar nicht oder nur unscharf sehen. Wenn wir jedoch unsere Augen auf das Tüllnetz fixieren, sehen wir die Buchstaben unscharf und können den Text nicht lesen.

##### **b) Experiment nach Scheiner**

Zwei Stecknadeln werden auf einer Leiste mit Zentimeter-Skala im Abstand von 0,5 m angebracht. Am einen Ende der Leiste gibt es eine Platte mit zwei Öffnungen. Der Abstand zwischen diesen Öffnungen darf nicht mehr als der Durchmesser der Pupille sein.

Wenn wir die näher liegende Nadel (b) mit unseren Augen durch die zwei Öffnungen fixieren, können wir die ferner liegende Nadel (a) doppelt sehen und umgekehrt. Unser Auge ist nämlich immer auf die Gegenstände in einer Ebene eingestellt (akkommodiert). Die Gegenstände jenseits der äußeren und inneren Ebene werden doppelt gesehen (diese Bilder fallen auf die nicht-korrespondierenden Netzhautstellen).



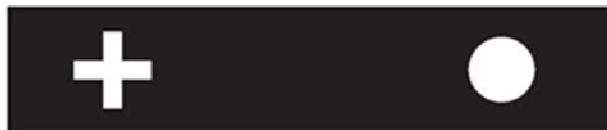
Experiment nach Scheiner

#### 4. Versuch "Blinder Fleck" nach Mariotte

Es gibt Punkte auch im normalen Blickfeld, von denen wir die einfallenden Lichtstrahlen nicht wahrnehmen können, weil sie auf die Papilla nervi optici fallen, welche keine Photorezeptoren besitzt.

Das nächste Bild halten wir 20-25 cm von unseren Augen entfernt. Unser linkes Auge wird zugedeckt und das Kreuz auf dem Bild wird von unserem rechten Auge fixiert. Wir bewegen das Bild sehr langsam vor und zurück. Dabei suchen wir den Abstand, bei dem wir den Kreis nicht sehen können.

Bei diesem Abstand fällt das Bild von dem fixierten Kreuz auf die Fovea centralis und das Bild des Kreises auf den blinden Fleck welcher weder Zäpfchen noch Stäbchen enthält.

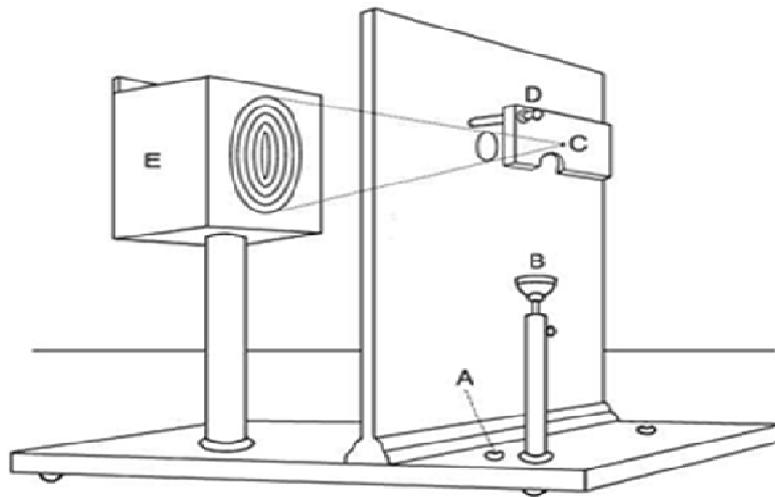


Versuch "Blinder Fleck" nach Mariotte

## 5. Untersuchung der Lichtreaktion der Pupille

Die Auslösung der direkten Lichtreaktion: ein Auge wird zugedeckt, das Andere mit mittlerem oder starkem Licht angeleuchtet. Die Pupille verengt sich. Führen wir den Lichtstrahl weg, kehrt die ursprüngliche Größe der Pupille zurück. Konsensuelle Reaktion: beim anleuchten eines Auges, verengt sich auch die Pupille des anderen Auges.

Mit Hilfe des Pupilloskops können wir die Lichtreaktion der Pupille an unseren eigenen Augen untersuchen. Wir legen unser Kinn auf den Kinnständer (B) und fixieren die konzentrischen Ringe (E) auf der Platte durch die Öffnung (C) mit unserem rechten Auge an. Wir drücken den Knopf (A) und schalten so den Brenner (D) an, welcher in unser linkes Auge leuchtet. Durch das Licht verengt sich die linke Pupille und somit auch die rechte als Folge der konsensuellen Lichtreaktion. Durch die engere Pupille sieht man nun 2-3 konzentrische Ringe weniger als zuvor.



Pupilloskop

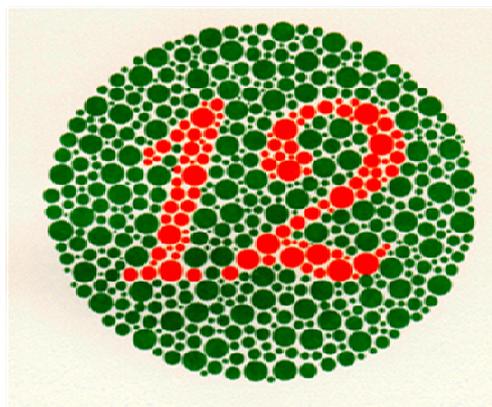
## 7. Untersuchung der Farbsehschwäche

### a) Sortieren der Fäden (Holmgren-Methode)

Aus einem Bündel von bunten Baumwollfäden wählen wir einen Faden einer beliebigen Farbe. Anschließend bitten wir den Probanden schnellstmöglich alle Fäden mit der gleichen Farbe aus dem Bündel heraus zu sortieren. Im Falle einer Farbsehschwäche kann der Patient diese Aufgabe nur mit Mühe durchführen. Wir können auch den Typ der Farbsehschwäche bestimmen, denn ein Proband mit Rot-Grün-Farbsehschwäche verwechselt und mischt gehäuft grüne und rote Fäden. Diese Methode ist natürlich sehr unzuverlässig!

### b) Pseudoisochromatische Farbtafeln (Ishihara-Farbtafeln)

Die Tafeln mit diversen Zeichen, Nummer, Buchstaben oder Linien vor unterschiedlich farbigem Hintergrund betrachten wir aus 0,5 m Entfernung. Nur ein normalsichtiger kann die Farbe des Zeichens von den Farben der Hintergrunds schnell und zuverlässig unterscheiden, und somit auch erkennen. Ein Proband mit Farbsehschwäche sieht entweder ein anderes Zeichen oder kann es gar nicht erst erkennen. Die Farbflecken sind unterbrochen: sie bestehen aus Flecken, Scheiben, Wellenlinien; so kann man ausschließen dass der Proband die Figuren anhand des Kontrastes erkennt.



**Ishihara-Farbtafel**

## 8. Untersuchung des Blickfeldes

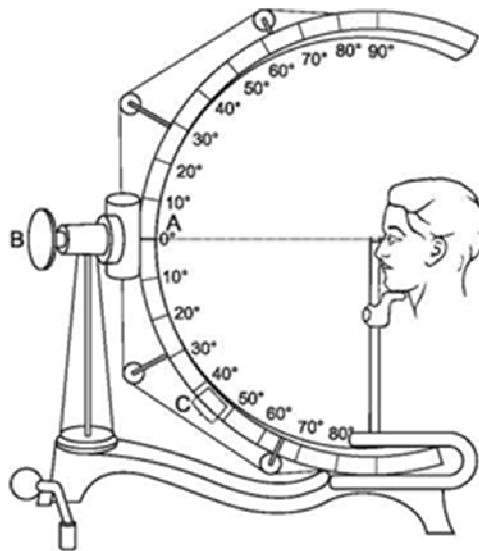
Das Blickfeld ist die bei starren Augen gleichzeitig gesehene Oberfläche des Raumes. Das Ziel der Untersuchung ist die Grenzen des Blickfeldes des Patienten zu testen und etwaige Blickfeldausfälle zu erkennen, zu lokalisieren, und ihre Ausbreitung zu bestimmen.

Die einfachste, ohne Instrument durchführbare Methode, ist die konfrontale Untersuchung des Blickfeldes. Der Patient sitzt mit 1 m Abstand uns gegenüber. Das rechte Auge des Patienten und unser linkes Auge werden zugedeckt, und wir bitten den Patienten darum mit seinem linken Auge ins unser rechtes Auge zu sehen. Wir bewegen unseren rechten Zeigefinger aus jeder Richtung auf den Mittelpunkt zu und der Patient muss melden wann er unseren Finger sieht. Wenn der Patient und der Arzt sich gegenseitig in die Pupille schauen und das Blickfeld von beiden intakt ist, nehmen sie die Bewegung der Hand gleichzeitig wahr. Anschließend untersuchen wir das andere Auge.

Diese Methode gibt Informationen über größere Ausfälle, aber die genauere Untersuchung des Blickfeldes wird mit einem Perimeter durchgeführt. Ein Perimeter ist eine Metallplatte in Rundbogenform oder eine beleuchtete Halbkugel mit einem Radius von etwa 0,33 m mit dem Auge im geometrischen Mittelpunkt, mit dessen Hilfe wir das Blickfeld in den einzelnen Meridianen untersuchen können.

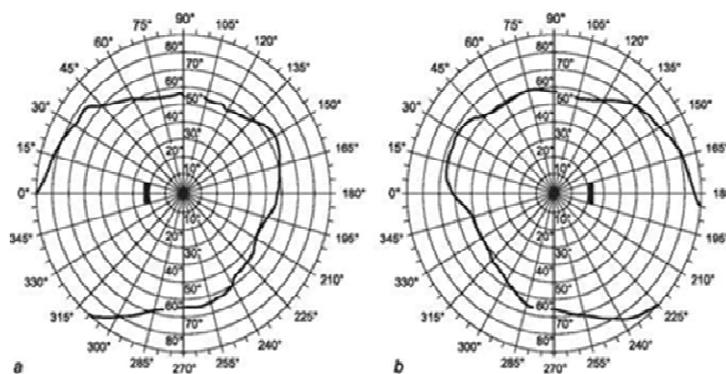
Der Patient legt sein Kinn auf den Kinnständer ab, welcher so eingestellt ist, dass das untersuchte Auge in Höhe des Mittelpunkts vom Bogen ist und diesen fixieren kann. Das andere Auge ist während der Untersuchung geschlossen oder bedeckt. Ein Stück weißes Papier (bei der Untersuchung des farbigen Blickfeldes die entsprechende Farbe) befestigen wir anschließend in die Gleitbahn des Bogens. Von peripher aus schieben wir es auf den Mittelpunkt zu und bitten den Patienten ein Signal zu geben sobald er das Zeichen erblickt. In das Diagramm für das Blickfeld des jeweiligen Auges notiert man dann den von der Skala abgelesenen Wert.

Danach bewegen wir das Zeichen langsam und gleichmäßig zwischen den vom Patienten genannten Punkten des selbigen Meridians und achten auf eventuelle Ausfälle innerhalb des Blickfeldes.



## Perimeter

Wir wiederholen die Untersuchung in mehreren Meridianen indem wir den Bogen des Perimeters um 10-15 Grad rotieren. Ist man mit einem Auge fertig, wiederholt man die ganze Prozedur am anderen Auge. Wenn wir alle registrierten Punkte verbinden, erhalten wir die äußeren Grenzen des Blickfeldes. Diese Grenzen werden dann mit den physiologischen Blickfeldgrenzen verglichen. Die Auswertung geben wir als Abweichung vom normalen Blickfeld in Grad an und notieren ebenfalls in welchem Meridian wir diese vorfanden.



a. Blickfeld des linken Auges    b. Blickfeld des rechten Auges

Das gemeinsame Blickfeld beider Augen ist  $100-120^\circ$  senkrecht und  $180^\circ$  waagrecht. Bewegen wir die Augen beträgt es  $200^\circ$  senkrecht und  $260^\circ$  waagrecht. Die jeweiligen Blickfelder überlappen sich teilweise.

Die Bestimmung des farbigen Blickfeldes führt man mit der entsprechenden Farbe auf gleichem Wege durch. Die Größe der verschiedenen Blickfelder ist unterschiedlich; das Blickfeld von Weiß ist das Größte, gefolgt von Blau, dann Rot, und Grün hat das kleinste Blickfeld.

## **9. Augenhintergrundspiegelung/Ophtalmoskopie**

Die Untersuchung basiert darauf, dass das durch die Pupillen ins Auge projizierte Licht nicht vollkommen absorbiert wird und ein Teil davon reflektiert wird. Die Lichtstrahlen verlassen das Auge in Richtung des Einfalls. Normalerweise sehen wir die Pupille als schwarz, weil das einfallende Licht von der pigmentierten Retina absorbiert wird. Leuchten wir jedoch mit einer genug starken Lichtquelle hinein, reflektiert ein Teil des Lichts und wir können den Augenhintergrund sehen.

Bei der Augenspiegelung lassen wir parallele Strahlen ins untersuchte Auge fallen. Wenn sich die optischen Hauptachsen des Probanden und Arztes entlang der gleichen Geraden befinden, wird das Licht vom Fundus ins Auge des untersuchenden Arztes reflektiert.

Man führt die Untersuchung mit einem Ophtalmoskop durch, welches aus einer eingebauten Lichtquelle und einer Reihe von Linsen zur nötigen Korrektur besteht. Die Lichtstrahlen eines Brenners im Schaft fallen durch die Linsen und Öffnungen, die die Strahlen parallel machen, auf einen Planspiegel im Kopf des Ophtalmoskops. Vom Planspiegel aus werden sie ins untersuchte Auge reflektiert. Der Arzt sieht durch die runde Öffnung über dem Spiegel ins untersuchte Auge. In diese Öffnung kann man verschiedene Korrekturlinsen setzen und in die bewegbare Scheibe am Rande des Kopfes sind Linsen von kleinerer Dioptrie eingebaut. Mit den zwei Scheiben und Linsen können wir von +20 bis -30 D korrigieren. Auf dem Weg des Lichtes gibt es noch einen Grünfilter. Dieser dient dazu das Rot und seine Tönungen zu verdunkeln, den Kontrast zu vergrößern und so insgesamt die Beurteilung des Fundus zu erleichtern.

Der Verlauf der Untersuchung: zwei Personen setzen sich in einem verdunkeltem Raum gegenüber. Wir untersuchen immer mit dem

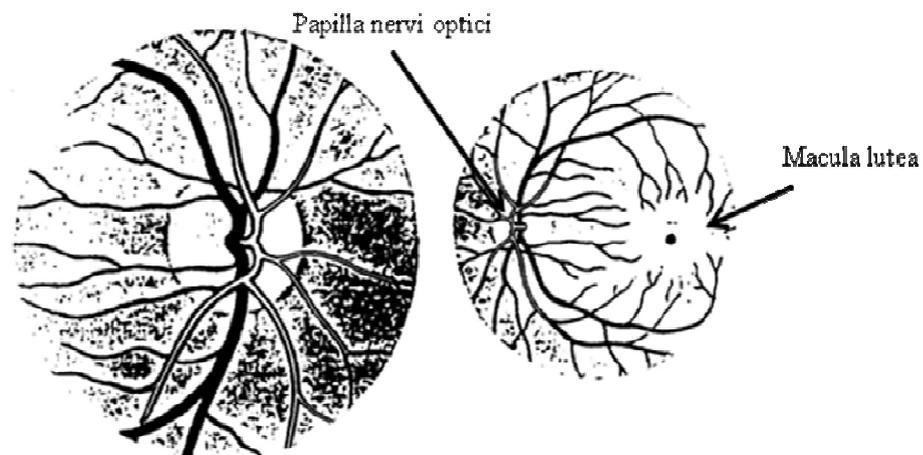
ipsilateralen Auge, also das linke Auge mit dem Linken, das rechte Auge mit dem Rechten.

Wenn beide Augen (vom Arzt und Patient) emmetrop sind und nicht akkomodieren, werden die Lichtstrahlen aus dem untersuchten Auge auf der Fovea centralis der Retina unseres Auge fokussiert und der Fundus erscheint scharf.

Wenn ein (oder beide) Auge/n nicht emmetrop ist/sind, sehen wir den Fundus nicht scharf. In diesem Fall machen wir die Augen emmetrop, indem wir entweder mit den konvexen oder konkaven Korrekturlinsen justieren.

Beide Personen versuchen in die imaginäre unendliche Ferne zu fixieren, um Akkommodation zu vermeiden. Dies gelingt am besten wenn der Patient einen mittelhoch und möglichst weit entfernten Gegenstand anvisiert, und der Arzt so tut als würde er durch das Loch fern hinter den Patienten schauen. So bleiben die Lichtstrahlen stets parallel und treten bei beiden in einem Punkt gebündelt auf.

Wenn alles wie oben beschrieben klappt, erhalten wir ein scharfes Bild vom Fundus. Wir sehen die rot strahlende Retina, einige grellrote dünne Linien: die Blutgefäße der Retina. Wenn wir einer dieser Adern in zentraler Richtung folgen, finden wir die Papilla nervi optici (helle rosarote Scheibe). Hier können wir die eintretenden und austretenden Adern beobachten. Die helleren und dünneren Blutgefäße sind die Arterien und die dickeren und dunkleren sind die Venen. In temporaler Richtung von der Papilla aus kann man die Macula lutea sehen (dunklerer grau-roter Bereich).

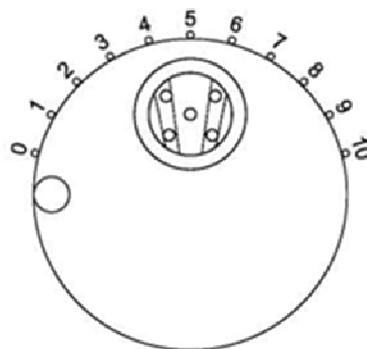


**Augenhintergrund im Ophthalmoskop**

## 10. Untersuchung der Dunkeladaptation mit dem Birch-Hirschfeld-Adaptometer

Das Gerät besteht aus zwei drehbaren Scheiben: in der Vorderen gibt es eine Glas-Reihe mit unterschiedlicher Lichtdurchlässigkeit, deren Lichtdurchlässigkeit von Reihe zu Reihe immer auf die Hälfte der vorherigen reduziert wird. In der zweiten Scheibe befindet sich weißes, rotes und blaues Glas, welches zur Untersuchung der Adaptation für o.g. Farben dient. Auf der Oberfläche des Gerätes kann man fünf helle Punkte sehen. Ein Punkt ist in der Mitte, links davon zwei hellere, rechts zwei dunklere.

Bei der Untersuchung betreten wir mit dem Proband einen verdunkelten Raum und positionieren uns 30 cm von dem Adaptometer entfernt. Die erste Scheibe auf dem Gerät ist in Position der geringsten Lichtdurchlässigkeit. Zuerst bestimmen wir unsere anfängliche Lichtdurchlässigkeit: wir drehen die Scheibe nach rechts bis wir den Lichtpunkt in der Mitte gerade noch, und die links liegenden helleren Punkte gut sehen können. Wir fragen den Patienten wie viele Punkte er sieht. Wenn er den Punkt in der Mitte sieht, ist die anfängliche Lichtempfindlichkeit von uns und dem Proband identisch. Wenn er ihn nicht sieht, drehen wir die Scheibe nach rechts bis er auch den mittleren Punkt wahrnehmen kann. Aber wenn der Proband alle fünf Punkte sieht, ist seine anfängliche Lichtempfindlichkeit größer als unsere Lichtempfindlichkeit.



Adaptometer nach Birch-Hirschfeld

## 11. Purkinje-Sanson-Spiegelbilder

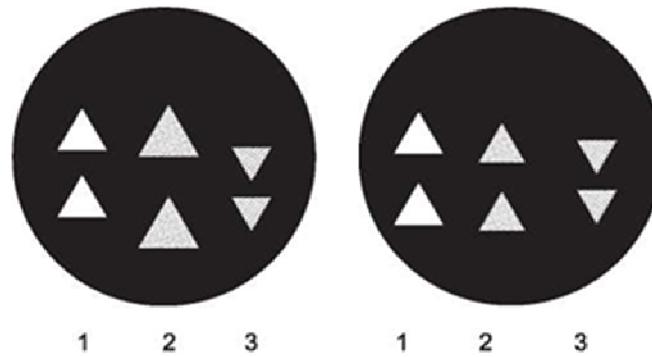
Wir decken die Linse der Taschenlampe mit einem schwarzen Papier ab, welches zwei gleich große und senkrecht zueinander stehende dreieckige Öffnungen besitzt. Das Auge des Probanden wird anschließend in einem verdunkelten Raum von der Seite her angeleuchtet. Auf der Brechoberfläche des Auges können wir nun die Größe und den Abstand der sogenannten Purkinje-Sanson-Spiegelbilder beobachten. Man vergleicht diese sowohl beim Sehen in die Ferne als auch beim Nahsehen.

a) Wenn das untersuchte Auge in die Unendlichkeit sieht (Bild A), sehen wir die durch die teilweise Reflexion

- der Kornea ( 1)
- der vorderen Linsenoberfläche (2)
- der hinteren Linsenoberfläche (3) entstehenden Bilder.

Das 1. ist das schärfste, das 2. und 3. sind lichtärmer aufgrund der Lichtabsorption durch die Linse und des Kammerwassers. Die 1. und 2. Bilder (konvexe Spiegelbilder auf der Oberfläche) sind verkleinert und aufrecht. Das 3. (das von der Oberfläche der hinteren konkaven Linse reflektierte Spiegelbild) verkleinert und umgekehrt.

b) Wenn das untersuchte Auge akkommodiert (Bild B), wird das 2. kleiner und gerät näher zum Mittelpunkt der Pupille, weil sich die Krümmung der vorderen Linsenoberfläche bei der Akkommodation erhöht. Auch die Krümmung der hinteren Linsenoberfläche erhöht sich, aber in kleinerem Maße.



Bilder nach Purkinje-Sanson

## 12. Untersuchung der Fusionsfrequenz

Die Retina besitzt die Eigenschaft, dass das Lichtgefühl länger andauert als die Wirkung des Lichtes. Wenn der Reiz sistiert, können wir das Licht noch in Form positiver Nachbilder sehen. Die kurzen aber schnell nacheinander eintreffenden Lichtreize fließen zusammen.

Zur Untersuchung benutzen wir ein Gerät das Licht ausstrahlt, und vermag dieses mit verschiedenen Frequenzen zu unterbrechen. Wir stellen das Gerät auf eine so hohe Frequenz ein, welche zweifelsohne höher als die Fusionsfrequenz ist.

Anschließend verringern wir die Frequenz stufenweise und der Patient meldet wenn er das Licht nicht mehr kontinuierlich sondern flimmernd sieht. Die hierbei abgelesene Frequenz ist die kritische Fusionsfrequenz. Dieser Wert hängt ebenfalls von der Lichtintensität ab. Bei einem gesunden Menschen liegt diese bei 40-50/Sekunde.

## 13. Untersuchung des Nystagmus

Nystagmus kann durch die Stimulation des vestibulären Systems und Bewegungen des Blickfeldes ausgelöst werden. Er besteht aus einer schnellen und langsamen Komponente. Letztere stammt aus dem Labyrinth und die schnelle Komponente stellt die zentrale Korrekturbewegung dar. Die Richtung des Nystagmus wird nach der Richtung der schnellen Komponente benannt.

a) Das Phänomen des optokinetischen Nystagmus kann man beobachten wenn jemand beispielsweise aus einem fahrenden Zug Bäumen, Strommasten o.ä. hinterher blickt. Man sieht dabei langsame Folgebewegungen, gefolgt von schnellen Sakkaden in entgegengesetzter Richtung. Die Folgebewegungen gleichen die relative Bewegung des Gegenstandes aus, und mit Hilfe der Sakkaden schnellt das Auge auf den Ausgangspunkt zurück und sucht sich einen neuen Fixierpunkt.

Während des Praktikums können wir das auf folgendem Wege untersuchen: wir legen ein senkrecht gestreiftes Papier (schwarz-weiß gestreift) auf die Trommel eines Kimographen und folgen dem mit unserem Blick.

b) Durch Drehung des Probanden lässt sich der postrotatorische Nystagmus untersuchen. Wir lassen den Patienten im sogenannten Bárány-Drehstuhl sitzen und bitten ihn seinen Kopf um 30 Grad nach vorne beugen. Um eine visuelle Fixierung zu vermeiden muss der Patient dabei eine Brille mit einer konvexen Linse von 20 D (Frenzel-Brille) tragen. Nun drehen wir den Stuhl mit gleichmäßiger Geschwindigkeit. Wenn wir den Stuhl dann plötzlich anhalten, hält der horizontale Bogengang zwar ebenfalls an, aber die Endolymphe bewegt sich wegen ihrer Trägheit weiter und die Cupula biegt sich in die der Drehung entgegengesetzte Richtung. Aus diesem Grund ist der hieraus resultierende postrotatorische Nystagmus ebenfalls der Drehrichtung entgegengesetzt.

## **14. Laryngoskopie**

Der Patient sitzt und schräg hinter ihm befindet sich eine starke Lichtquelle. Der Arzt zieht einen Stirnreflektor auf, ein Hohlspiegel mit einer Öffnung in der Mitte, und stellt diesen so ein, dass der Lichtstrahl in den Mund des Patienten umgelenkt wird. Die herausgestreckte Zunge des Patienten wird mit einem Holzspatel runter gedrückt, und man führt ein Laryngoskop (oder Kehlkopfspiegel) behutsam bis zum Gaumenzäpfchen ein. Damit der Kehlkopfspiegel nicht beschlägt wärmen wir ihn an einem brennenden Docht vorher auf. Um sicher zu stellen, dass dieser nicht zu heiß ist, muss man vor dem Einführen die Temperatur am Handrücken prüfen!

Um einen Würgereflex zu vermeiden sollte man Sorge tragen die Zungenwurzel bei der Untersuchung nicht zu berühren!

Wir projizieren das Licht des Stirnreflektors auf den Kehlkopfspiegel und dieser leitet es zum Eingang der Kehle weiter. Von da wird es auf selbigem Wege zurück geleitet und trifft durch die Öffnung im Stirnreflektor in das Auge des Arztes.

Oben sehen wir die Epiglottis, beidseits daneben die aryepiglottischen Falten. (Was im Kehlkopf vorne ist, ist im Spiegel oben und was hinten ist, ist im Spiegel unten). In der Mitte können wir die zwei weißen, einige Millimeter breiten Stimmbänder sehen, die eine dreieckige Öffnung, die Stimmritze bilden. Die Stimmritze erweitert sich während der Einatmung und bei der Stimmbildung verengt oder verschließt sie sich.

## **15. Otoskopie**

Neben dem Kopf des Patienten wird eine Lichtquelle angebracht und der Arzt zieht den Stirnreflektor an. Zuerst muss der Gehörgang ausgerichtet werden. Bei Erwachsenen zieht man dazu die Ohrmuschel nach hinten-oben und bei Kindern nach hinten-unten. Nun führt man einen metallenen Ohrtrichter ein. Durch die Öffnung sehen wir das Trommelfell, eine zart-graue, etwas oval geformte, Perlmutter-farbige Membran mit einem Durchmesser von 8-10 mm. Im versteckten Teil des Trommelfells befindet sich die Insertion des Schaftes vom Hammer.

## **16. Untersuchung der Hörschärfe**

### **a) mit geflüsterter Rede**

Wir stehen 5 m seitlich vom Probanden entfernt. Dieser deckt sein kontralaterales Ohr ab und wir flüstern kurze Wörter die aus 2-3 Silben bestehen. Anschließend bitten wir ihn diese zu wiederholen. Hört er diese aus 5 m Entfernung nicht, kommen wir Meter für Meter

näher, bis die Wörter wiedergegeben werden können. Am Ende geben wir den Abstand an, von dem aus alle Wörter gehört und korrekt wiedergegeben wurden.

Liegt z.B. eine Schalleitungsschwerhörigkeit (SLS) vor, hört der Patient tiefere Töne nicht, wie „a“ oder „o“.

### **b) mit Fallgerät**

Das Gerät besteht aus einer senkrechten Stange mit einer Millimeter-Skalierung, einer Metallkugel und einer darunter befindlichen Box welche mit Filz ausgekleidet ist. Der Patient steht mit dem Rücken zum Fallgerät in einem Abstand von 1 m. Nun lassen wir die Kugel aus immer größerer Höhe fallen, bis der Patient angibt den Aufprall auf die Filz-überzogene Box zu hören. Die Hörschärfe ist dann die kürzeste Höhe aus der der Patient den Aufprall hören kann.

### **c) Tonaudiometrie**

Bei der sogenannten „Schwellenaudiometrie“ bestimmen wir die Hörschwelle beider Ohren bei verschiedenen Frequenzen. Hierzu verwenden wir einen Audiometer, ein Tongenerator der Töne unterschiedlicher Frequenz (60-20 000 Hz) und Lautstärke erzeugen kann. In einem Koordinatensystem notieren wir bei welcher Frequenz ab welcher Intensität (dB) der Ton gehört wurde. Anschließend lässt sich eine etwaige Abweichung der Hörschwelle von der Norm für die jeweilige Frequenz ablesen. Voraussetzung für diesen Test ist ein schallisolierter Raum, und dass der Patient die Schalltafel des Gerätes nicht sehen kann.

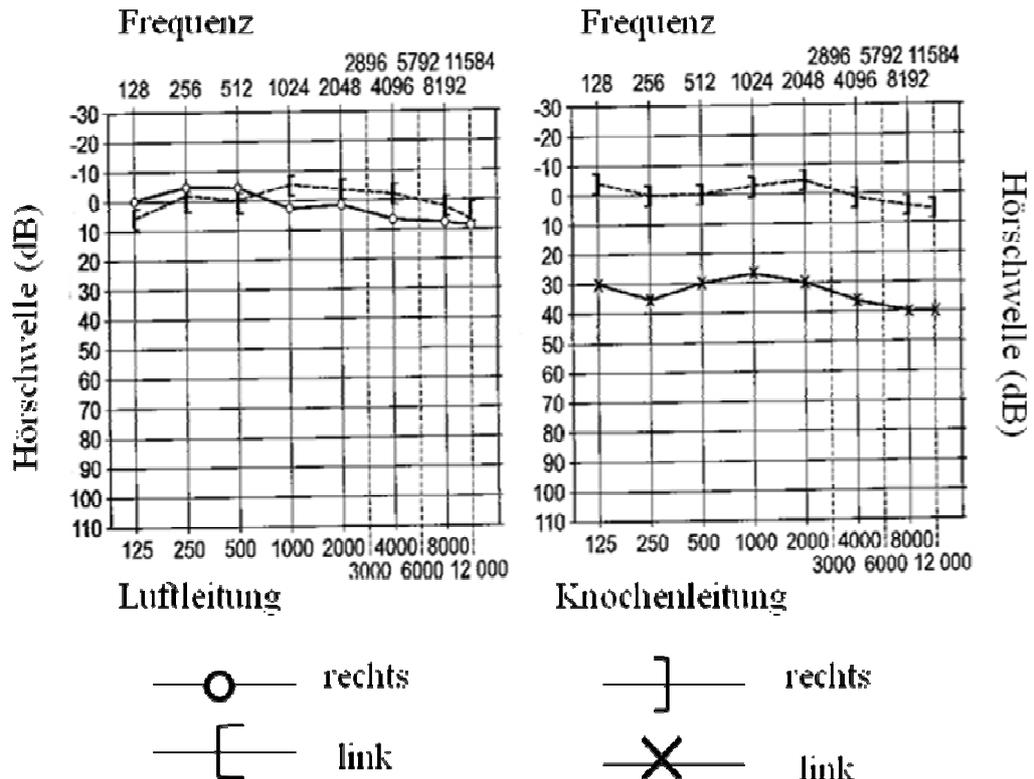
Bei der Untersuchung der Luftleitung muss man die Ohren akustisch voneinander isolieren. Hierzu dient ein Kopfhörer, der auf der nicht-untersuchten Seite ein rauschendes Deckgeräusch von 50 dB emittiert. Auf der zu untersuchenden Seite wird nun bei unterschiedlichen Frequenzen der Schallpegel stufenweise erhöht, bis der Patient durch Handzeichen angibt den Ton zu hören. (Im Allgemeinen wiederholt man die erste Messung bis der Patient den Ablauf der Untersuchung verstanden hat).

Hat man nun für die eine Seite die Hörschwellen in dB für die unterschiedlichen Frequenzen im Koordinatensystem eingetragen, wiederholt man das Prozedere für das andere Ohr.

Im Fall einer normaler Luftleitung entsteht eine Linie, die von der Normal-Hörschwelle nicht, oder nur geringfügig abweicht. Eine

akzeptable Deviation beträgt 10-15 dB. Bei einer Störung der Luftleitung ist die Hörschwelle bei tiefen Tönen (< 2000 Hz) erhöht.

Die Knochenleitung wird mit einem speziellen auf dem Warzenfortsatz gelegten Vibrator untersucht. Vorher stellen wir den Schalter des Audiometers auf den entsprechenden Modus um. Deckgeräusche wenden wir hierfür nicht an, ansonsten verläuft die Untersuchung wie die o.g. Bei einer Störung der Knochenleitung ist die Wahrnehmung der hohen Töne (> 2000 Hz) verringert.



## 17. Stimmgabelversuche

Unter physiologischen Bedingungen erreichen die Töne zwischen 16-2000 Hz das Hörorgan durch Luftleitung. In diesem Bereich gibt es eine kombinierte Schallleitung (Luft – und Knochenleitung). Aber die Knochenleitung besitzt eine etwa 50-60 dB größere Reizschwelle, weshalb sie hierfür keine beachtliche Rolle spielt.

Mit den Stimmgabelversuchen kann man zwischen Luft- und Knochenleitung differenzieren, und somit entscheiden ob eine

Schalleitungsschwerhörigkeit (SLS) oder eine Empfindungsschwerhörigkeit (SES oder IOS für Innenohrschwerhörigkeit) vorliegt. Bei einer Schalleitungsschwerhörigkeit ist die Luftleitung beeinträchtigt, dadurch können Schallwellen die Rezeptorzellen nicht erreichen. Bei einer Schallempfindungsschwerhörigkeit sind die Rezeptoren, Hörbahnen oder sogar die Hörrinde beschädigt.

#### **a) Weber-Versuch**

Der Fuß der schwingenden Stimmgabel wird dem Probanden auf den Scheitel gesetzt. Der Normalhörende hört den Ton in beiden Ohren gleich laut. Bei einseitiger Schalleitungsschwerhörigkeit hört der Patient den Ton im kranken Ohr lauter: Lateralisation. Wegen der schlechteren Luftleitung gelangen weniger Schallwellen ins Innenohr, welches sich daraufhin auf einen geringeren Geräuschpegel adaptiert und die Rezeptoren sensibilisiert (z.B. Mittelohrentzündung). Bei einseitiger Schallempfindungsschwerhörigkeit hört der Patient den Ton im gesunden Ohr lauter. (Einzelnen Lehrbüchern nach spielen die an dem verschlossenen Gehörgang abgeprallten Schallwellen eine Rolle in der Lateralisation.)

#### **b) Rinne-Versuch**

Beim Rinne-Versuch vergleichen wir die Luft- und Knochenleitung an einem Ohr. Die Stimmgabel wird zum Schwingen gebracht und dem Patienten zuerst mit dem Stimmgabelfuß auf den Scheitel aufgesetzt (Knochenleitung). Der Patient gibt ein Zeichen sobald er den Ton nicht mehr hört. Daraufhin platzieren wir die noch schwingende Stimmgabel vor sein Ohr (Luftleitung). Normalerweise ist die Luftleitung besser als die Knochenleitung, also hört er den Ton wieder: Rinne-Test ist positiv. Bei Schalleitungsschwerhörigkeit ist die Luftleitung verkürzt, somit kann der Patient die Stimmgabel neben seinem Ohr nach dem abklingen der Knochenleitung nicht hören. Bei Schallempfindungsschwerhörigkeit ist die Probe positiv.

#### **c) Schwabach-Versuch**

Wir vergleichen die Knochenleitung des Patienten und des normalhörenden Arztes/Testers. Der schwingende Stimmgabelfuß wird auf den Warzenfortsatz des Patienten gesetzt. Wenn dieser den Ton nicht mehr hört, setzt der Untersucher ihn sich auf den eigenen Warzenfortsatz. Wenn auch dieser den Ton nicht mehr hört, wiederholen wir den Test in umgekehrter Reihenfolge. Bei Schallempfindungsschwerhörigkeit hört der Arzt den Ton länger:

verkürzter Schwabach-Versuch. Bei Schalleitungsschwerhörigkeit hört der Patient den Ton länger: verlängerter Schwabach-Versuch.

## **18. Bárány-Zeigerversuch**

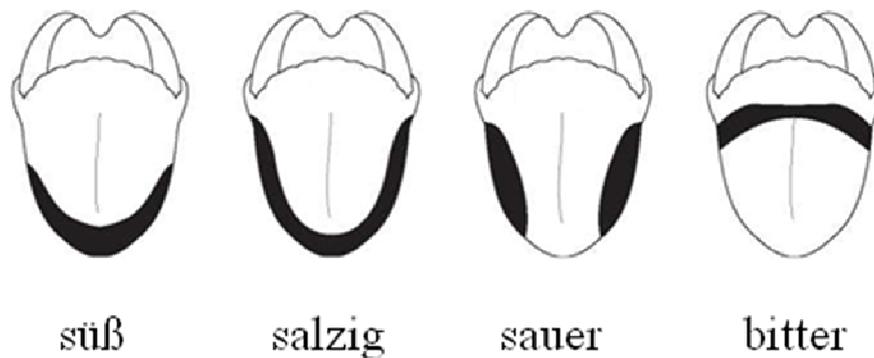
Bei diesem Experiment untersuchen wir die Koordination der Motorik (normalerweise in Kombination mit anderen Kleinhirn-Tests).

Wir strecken beide Zeigefinger vor. Der Proband streckt beide Arme hoch in die Luft und versucht nun mit geschlossenen Augen seine Zeigefinger auf unsere zu senken. Im Fall einer Läsion weicht der ipsilaterale Arm nach lateral ab. Experimentell können wir Koordinationsstörungen auslösen wenn wir den Probanden in einem Drehstuhl eine halbe Minute lang drehen und ihn anschließend bitten diesen Versuch durchzuführen.

## **19. Untersuchung des Geschmackssinns**

Wir untersuchen vier Grundqualitäten des Geschmacks. Der Proband streckt seine Zunge raus und wir berühren verschiedene Teile seiner Zunge mit einem Glasstab, welchen wir zuvor in verdünnte Zuckerlösung, Kochsalzlösung, Essigsäure oder Chinin getunkt haben. Wichtig ist es Chinin immer als letztes zu verwenden! Nach jedem Geschmackssinn spült der Proband seinen Mund mit Wasser aus.

Die Geschmacksrichtungen werden mit Hilfe von vorbereiteten Tafeln identifiziert ohne die Zunge zurückzuziehen. Man beobachtet, dass die verschiedenen Geschmäcker nicht gleichmäßig geschmeckt werden. Die Zungenspitze reagiert am besten auf Süß, die Zungenränder auf Sauer und die Zungenwurzel auf Bitter.

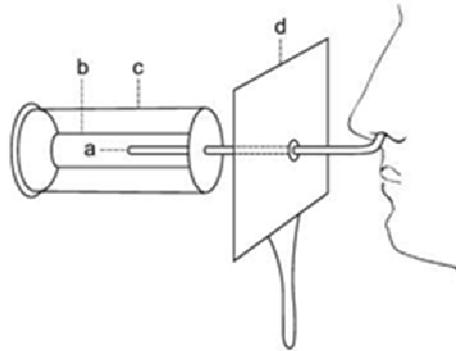


### Lokalisation der Grundqualitäten

## 20. Die Untersuchung des Geruchssinns mit dem Olfaktometer

Bei dieser Methode messen wir die individuelle Geruchsempfindlichkeit. Das angewendete Instrument, ein Olfaktometer, ist eine Glasröhre mit einer Skalierung deren gebogenes Ende in das Nasenloch eingeführt wird. Ihr anderes Ende reicht in einen porösen Tonzylinder hinein, der sich in einem Glaszylinder befindet. Zwischen dem äußeren Ende der Glasröhre und dem Glaszylinder befindet sich eine schattierende Holzplatte mit einem Stiel.

Der Tonzylinder ist mit einem Geruchsstoff durchtränkt. Wenn wir die Glasröhre ganz durch den Tonzylinder schieben, kann der Patient nichts riechen, da Luft angesaugt wird welche nicht durch den aromatisierten Ton strömt. Wenn wir die Glasröhre jedoch behutsam zurückziehen, strömt Luft durch, welche auch vom durchtränkten Ton aromatisiert wurde. Man versucht die Stelle zu finden, bei der der Patient den Geruch gerade so bemerkt.



Olfaktometer

## 21. Empfindungsuntersuchungen

Bei diesen Untersuchungen vergleichen wir immer zwei identische Punkte der symmetrischen Körperhälften; die pathologische Seite mit der intakten Seite. Die Umrisse der betroffenen Areale ersucht man mit sehr leichten Stimuli.

Hyperästhesie: übermäßige Empfindlichkeit

Hypästhesie: verminderte Empfindlichkeit

Anästhesie: Empfindungsmangel, Empfindungslosigkeit

### a) Druckempfindung

Wir führen die Untersuchung mit einem stumpfen Instrument durch. Wir können ebenfalls die Dermolexie testen: Erkennung von auf die Haut geschriebenen Nummern oder Buchstaben bei Probanden mit intakter Sensorik.

### b) Tastsinn

Wir streicheln die Haut leicht mit einem kleinen Stück Wattetupfer und der Patient gibt ein Signal wenn er es fühlen kann (mit geschlossenen Augen natürlich). Man kann hierfür auch Tastborsten (vom Pferdeschweif) verwenden. Man drückt diese auf die Haut, bis sie sich verbiegen.

### **c) Schmerz**

Mit einer stumpfen Nadel pieksen wir in verschiedene Körperteile und der Patient gibt ein Signal wenn er den Schmerzreiz spürt (ebenfalls mit geschlossenen Augen).

### **d) Lokalisationsfähigkeit**

Die Lokalisationsfähigkeit wird mittels eines Weber-Tastzirkel untersucht. Wir suchen den kürzesten Abstand, bei dem der Proband die zwei Spitzen des Zirkels als getrennte Punkte fühlen kann (Zweipunktediskrimination). Dieser Schwellenwert ist je nach Hautbereich unterschiedlich. Auf der Fingerspitze 2 mm, auf dem Rücken 70 mm.

### **e) Kälte, Wärme**

Die Untersuchung wird mit einem dünnen Bleistift-förmigen Instrument aus Wärmeleiter (Metall) durchgeführt. Das eine Ende des Instrumentes wird eine Minute lang in schmelzendes Eis getaucht, und anschließend berühren wir verschiedene Punkte der Hand des Patienten mit dem kalten Metall. Der Patient guckt weg und signalisiert wenn er die Kälte fühlt.

Das Ende des Instrumentes kann man auch in warmes Wasser tauchen und den Versuch wie oben beschrieben durchführen. Das Instrument darf nicht heiß sein.

## **22. Der Webersche drei-Schalen-Versuch**

Für diese Untersuchung brauchen wir drei Schalen gefüllt mit Wasser von verschiedener Temperatur. In der ersten Schale 4 °C kaltes Wasser mit schmelzendem Eis, 20°C warmes Wasser in der zweiten Schale, und in der dritten 40°C warmes Wasser. Der Proband legt 30 Sekunden lang seine linke Hand ins 4°C kalte Wasser, und seine rechte Hand ins 40°C warme Wasser. Danach taucht er beide Hände ins 20 °C warme Wasser.

Der Temperatursinn wird von der Temperaturänderung in der Umgebung der Thermorezeptoren bedeutend beeinflusst. So fühlt sich 20 °C warmes Wasser für die zuvor in kaltem Wasser gelegene Hand warm an, für die zuvor im 40 °C Wasser gelegene jedoch kalt an.

