

Sinnesorgane und Wahrnehmung



Inhaltsverzeichnis

Sinnesorgane.....	3
Allgemeine Aspekte der Sinnesphysiologie.....	3

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Treppe Sinnesphysiologie Wahrnehmungpsychologie.....	5
---	---

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Sinnessystem Bezug zu Sensoren.....	4
--	---



Sinnesorgane

Allgemeine Aspekte der Sinnesphysiologie

Das menschliche Nervensystem wird in jedem Moment über die verschiedenen Sinnessysteme mit einer riesigen Informationsmenge sowohl aus der Umwelt als auch aus dem eigenen Körper konfrontiert, von der allerdings nur ein verschwindend kleiner Teil ins Bewusstsein gelangt. Der weitaus größte Teil wird unbewusst verarbeitet oder findet gar keine Verwendung.

Die Vielzahl möglicher Außen- und "Innenreize" ist an folgendem sportspezifischen Beispiel ablesbar:

Hapkido Schülerprogramm 9. Kup Handbefreiung. Handgelenk wird gegriffen und Befreiung erfolgt.

Der Versuch der Systematisierung der in diesem Beispiel angesprochenen sowie weiterer Sinnessysteme ergibt die nachfolgende Übersicht.

Im Hinblick auf die Terminologie ist darauf hinzuweisen, dass die Verwendung des Begriffs "Rezeptor" sich im letzten Jahrzehnt gewandelt hat. Während er früher zur Bezeichnung von einzelnen "Sinnesühlern" (z.B. als Teil von Sinnesorganen) benutzt wurde, werden heute darunter eher Molekülkomplexe an Zelloberflächen verstanden, an die z.B. Hormone "andocken". Stattdessen wird bei den Sinnessystemen nunmehr von Sensoren (oder Sinnesrezeptoren) gesprochen.

Die in der Übersicht (siehe unten) fünf erstgenannten stellen die sog. "klassischen" Sinne dar. Tastsinn und Temperatursinn (als Modalitäten der Oberflächensensibilität) sowie Tiefensensibilität werden als somatische Sensibilität zusammengefasst.

Somatische und viszerale Sensibilität ergeben die somatoviszzerale Sensibilität, deren Sensoren nicht "gebündelt" vorkommen (z.B. Auge), sondern über den ganzen Körper verteilt sind.

Eine gewisse Sonderstellung nimmt die Nozizeption (Auslösung, Weiterleitung und zentrale Verarbeitung von Schmerzimpulsen) ein, die sich weiter in den

- somatischen (Oberflächenschmerz (Haut); Tiefenschmerz (Muskeln, Gelenke, Knochen, Bindegewebe)) und
- den viszeralen Schmerz ("Eingeweideschmerz") unterteilen lässt.

Die beim Menschen am häufigsten auftretende Schmerzform stellt der Kopfschmerz dar, der der Kategorie des Tiefenschmerzes zuzuordnen ist.

Ein weiterer Systemisierungsansatz differenziert nach Sensortypen:

- Exterosenoren (Sensoren, die Umweltreize aufnehmen)
- Propriosensoren (Sensoren, die Lage und Lageänderungen des Haltungs- und Bewegungsapparates registrieren; im weiteren Sinne werden dazu auch die Sinnesrezeptoren des Gleichgewichtsorgans gerechnet)
- Enterosenoren (Sensoren, die auf Vorgänge in den Eingeweiden ansprechen).



Spezifische Sensoren reagieren nur auf spezifische Reize optimal. Man spricht hier vom sog. adäquaten Reiz. Das ist in der Regel der Reiz, der mit minimalem Energieaufwand eine Erregung induziert. Ein klassisches Beispiel für einen unspezifischen (inadäquaten) Reiz ist der "Schlag auf das Auge", der einen scheinbar "Sterne sehen" lässt. Im Hinblick auf den jeweils adäquaten Reiz lassen sich die verschiedenen Sensoren folgendermaßen einteilen:

- Mechanosensoren (z.B. in der Haut, im Gleichgewichtsorgan)
- Thermosensoren (z.B. in der Haut, in zentralnervösen Strukturen)
- Chemosensoren (z.B. in den Nasenhöhlen Geruch; in den inneren Organen Sauerstoffpartialdruck)
- Photosensoren (im Auge)
- Nozisenoren (in allen Geweben).

Sinnessystem bzw. Sinnesmodalität	Sensoren (Sinnesrezeptoren)
Gesichtssinn (visuelles System)	Photosensoren der Netzhaut des Auges
Geschmackssinn (gustatorisches System)	Der Geschmacksinn, wird durch Geschmacksknospen im Mundraum realisiert. Ein Erwachsener verfügt auf Zunge, Mundschleimhaut und Rachenraum über etwa 5000 Geschmacksknospen
Geruchssinn (olfaktorisches System)	Riechzellen in den Nasennebenhöhlen
Tastsinn (Mechanorezeption)	Mechanosensoren der Haut
Temperatursinn (Thermorezeption)	Thermosensoren der Haut (Warmensensoren, Kaltsensoren)
Tiefensensibilität (Propriozeption)	Gelenksensoren, Muskelsensoren (Muskelspindel), Sehnenorgane
vizerale Sensibilität	Viszerosensoren der inneren Organe (z.B. in der Lunge, im Magen-Darm-Trakt, in den Nieren)
Gleichgewichtssinn (vestibuläres System)	Haarzellen in den Bogengangs- und Makulaorganen des Innenohrs
Schmerz (Nozizeption)	Nozisenoren von Haut, Muskeln, Sehnen, Gelenken, inneren Organen

Tabelle 1: Sinnessystem Bezug zu Sensoren



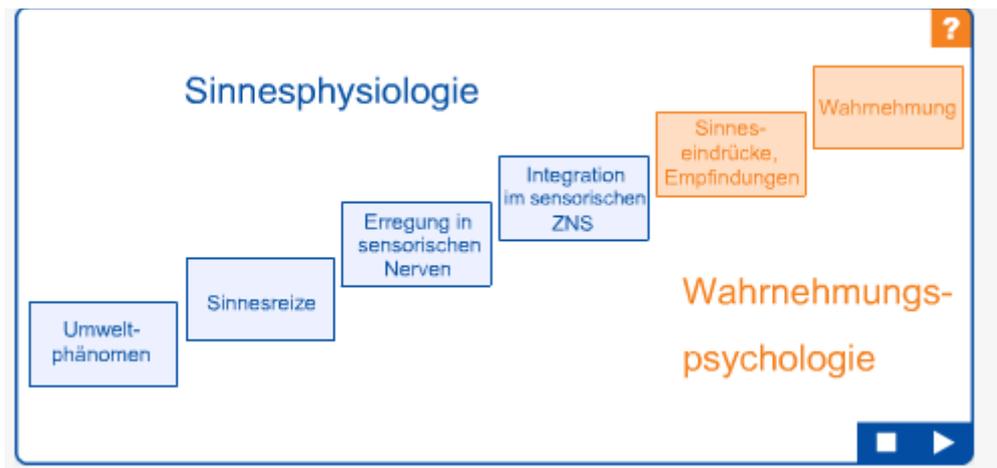


Abbildung 1: Treppe Sinnesphysiologie Wahrnehmungspsychologie

in der Abbildung 1 werden die verschiedenen Stufen auf dem Weg vom Umweltphänomen zur Wahrnehmung dargestellt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass viele Umweltphänomene dem menschlichen Organismus verborgen bleiben (und damit erst gar nicht zum Sinnesreiz werden), da keine entsprechenden Sensoren vorhanden sind (z.B. für Radioaktivität oder elektrische Felder) oder aber die Leistungsfähigkeit von Sinnessystemen begrenzt ist (z.B. für Töne oberhalb einer Frequenz von 20000 Hz oder für ultraviolette Strahlung).

Um eine Erregung im sensorischen Nerven auszulösen, bedarf es einer bestimmten Reizstärke.

Der kleinste Reiz, der gerade ein Aktionspotential auslöst, wird als Schwellenreiz bezeichnet -> **Absolutschwelle**.

Der Schritt zum Sinneseindruck (z.B. die Farbe Rot (Sinnesqualität)) überquert die Grenze zwischen (objektiver) Sinnesphysiologie und der Wahrnehmungspsychologie.

Sinneseindrücke, als einfachste Elemente von Sinneserfahrungen, treten in der Regel nicht isoliert auf. Die Summe von Sinneseindrücken wird mit dem Begriff "(Sinnes-)Empfindung" bezeichnet. Die Einordnung von Sinnesempfindungen in das individuelle Erfahrungsspektrum lässt eine Wahrnehmung entstehen. Identische Sinnesreize können bei ein und derselben Person in Abhängigkeit von Gedächtnisinhalten, Stimmungen, Gefühlen, Erwartungen, Denkprozessen, Wachheitszustand usw. durchaus zu unterschiedlichen Wahrnehmungen führen (Wahrnehmung als subjektiver Vorgang).

Die hier sichtbar werdende Bedeutung des Gehirns bei der Verarbeitung von Sinnesreizen lässt sich pointiert folgendermaßen zusammenfassen:

Das Gehirn ist das zentrale "Sinnesorgan" des Menschen.

Die Intensität (Quantität) eines Sinneseindrucks korrespondiert in der Regel mit der Reizstärke. Dabei stellt sich die Frage, um wie viel ein Reiz größer oder kleiner sein muss als ein Vergleichsreiz, um gerade als stärker oder aber schwächer empfunden zu werden (Unterschiedsschwelle).

Bei Untersuchungen von WEBER bereits im 19. Jahrhundert zeigte sich, dass der gerade noch zu identifizierende Reizzuwachs - bezogen auf einen Ausgangsreiz - nicht absolut, sondern relativ (als bestimmter Bruchteil eines Ausgangsreizes) zu quantifizieren ist. Eine Beschreibung dieses gefundenen Zusammenhanges ist mit dem sog. WEBER-Quotienten möglich:

$$\frac{\Delta R}{R} = c$$

ΔR = Reizzuwachs
 R = Ausgangsreiz
 c = resultierende Konstante

Bei verschiedenen Sinnessystemen ergaben sich Quotienten von 0,07 bis 0,12; das bedeutet, dass ein Reizzuwachs von 7-12% erforderlich ist, um eine Empfindungsänderung auszulösen. Diese von WEBER gefundene Gesetzmäßigkeit gilt allerdings nur für Reize im mittleren Intensitätsbereich. Weiterentwicklungen des Ansatzes von WEBER führten zum WEBER-FECHNER-Gesetz sowie zur STEVENS-Potenzfunktion, auf die aber an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden soll.

Das zu Beginn des Kapitels gegebene Beispiel einer Wettkampfsituation im Tennis hat die Komplexität verschiedenster Außen- und Innenreize deutlich werden lassen. Von der Vielzahl der unter sinnesphysiologischem Aspekt relevanten Einflussfaktoren auf die sportliche Leistung sollen nachfolgend zwei Bereiche ausführlicher betrachtet werden, denen ein besonderer Stellenwert zukommt: das visuelle System und das Gleichgewichtssystem.



Das Auge



Inhaltsverzeichnis

Das Auge	3
Aufbau des Auges.....	3
Wie bewegt sich das Auge?.....	4
Sehbahn	5
Schutzeinrichtungen des Auges.....	6
Akkommodation - Anpassung der Brechkraft.....	7
Anpassung an unterschiedliche Beleuchtungsbedingungen.....	8
Reizaufnahme und -verarbeitung in der Retina	9
Aufbau der Netzhaut	9
Zentrale Verarbeitungsprozesse.....	10
Räumliches Auflösungsvermögen - Sehschärfe	11
Zentrale Sehschärfe.....	13
Abhängigkeit der Sehschärfe vom Alter.....	14
Abhängigkeit der Sehschärfe von der Beleuchtung	15
Zeitliches Auflösungsvermögen	15
Gesichtsfeld und peripheres Sehen	16
Zusammenspiel zwischen peripherer und fovealer Wahrnehmung.....	17
Dynamische Sehleistung im Sport	18
Räumliches Sehen - Tiefensehen.....	21
Grundlagen der Farbwahrnehmung.....	23
Altersabhängigkeit der Farbwahrnehmung	24
Farbpsychologische Wirkungen.....	25
Augenverletzungen beim Sport und Verletzungsprophylaxe am Auge.....	25
Augenschutz und Verletzungsprophylaxe am Auge	26

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau das Auges	4
Abbildung 2: Lage der äußeren Augenmuskel.....	5
Abbildung 3: Schema Sehbahn des menschl. Gehirns.....	7
Abbildung 4: Ciliarmuskel und Einfluß auf die Linsenkrümmung	8
Abbildung 5: Lichteintritt und Verlauf in den Nervenzellen	10
Abbildung 6: Sensorendichte des linken Auges.....	11
Abbildung 7: Sehschärfe im Verhältnis zur Fovea.....	15
Abbildung 8: Landoltring.....	16
Abbildung 9: Sehschärfe in der Abhängigkeit zum Alter	17
Abbildung 10: Darstellung Gesichtsfeld.....	20
Abbildung 11: Sakkadische Ortungsgeschwindigkeit in unterschiedlichen Sportarten	23
Abbildung 12: Entstehung der Querdissipation.....	25

Tabellenverzeichnis



Das Auge

Aufbau des Auges

Der ca. 7,5 g schwere Bulbus oculi (Augapfel) liegt geschützt in der knöchernen Orbita (Augenhöhle). Die Orbita wird nach vorne durch die Conjunktiva (Bindehaut) abgeschlossen.

Der Augapfel ist von einer sehr lockeren bindegewebigen Hülle umgeben und in den mit Binde- und Fettgewebe ausgefüllten Orbitarum eingebettet. Es lassen sich drei Hauptschichten unterscheiden.

Die äußere Schicht besteht aus der derben und widerstandsfähigen Sclera (Lederhaut) und der nach vorne angrenzenden durchsichtigen Cornea (Hornhaut). Hinter ihr liegt die Lens cristallina (Linse).

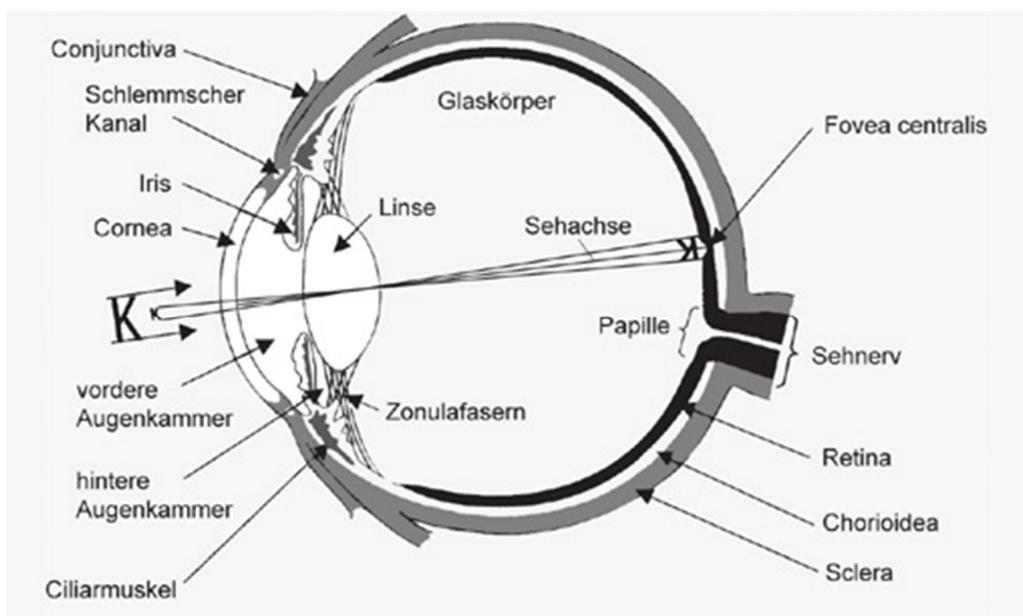


Abbildung 1:

Aufbau des Auges

Die mittlere Augenhaut umfasst drei verschiedene Abschnitte:

- die nach innen an die Lederhaut anschließende Chorioidea (Aderhaut), die zahlreiche Blutgefäße enthält
- den Corpus ciliare (Ziliarkörper) mit dem Ziliarmuskel M. ciliaris (Ziliarmuskel)
- die sich nach vorne an den Ziliarkörper anschließende Iris (Regenbogenhaut) mit dem zentral gelegenen Sehloch, der Pupille; durch die Iris werden vordere und hintere Augenkammer voneinander getrennt.

Die innere Augenhaut (Netzhaut bzw. Retina) ist mehrschichtig und komplex aufgebaut. Sie enthält u.a. ein System lichtempfindlicher Zellen sog. Photosensoren, die auf die elektromagnetische Strahlung reagieren. Der N. opticus (Sehnerv) tritt an der Hinterwand des Augapfels etwas medial von der optischen Achse aus.

Im Auge lassen sich 3 Räume unterscheiden:

1. die vordere Augenkammer, begrenzt von der Cornea, der Iris und der Linse,
2. die ringförmig um die Linse liegende hintere Augenkammer und
3. das Augeninnere, das den Corpus vitreum (Glaskörper) enthält.

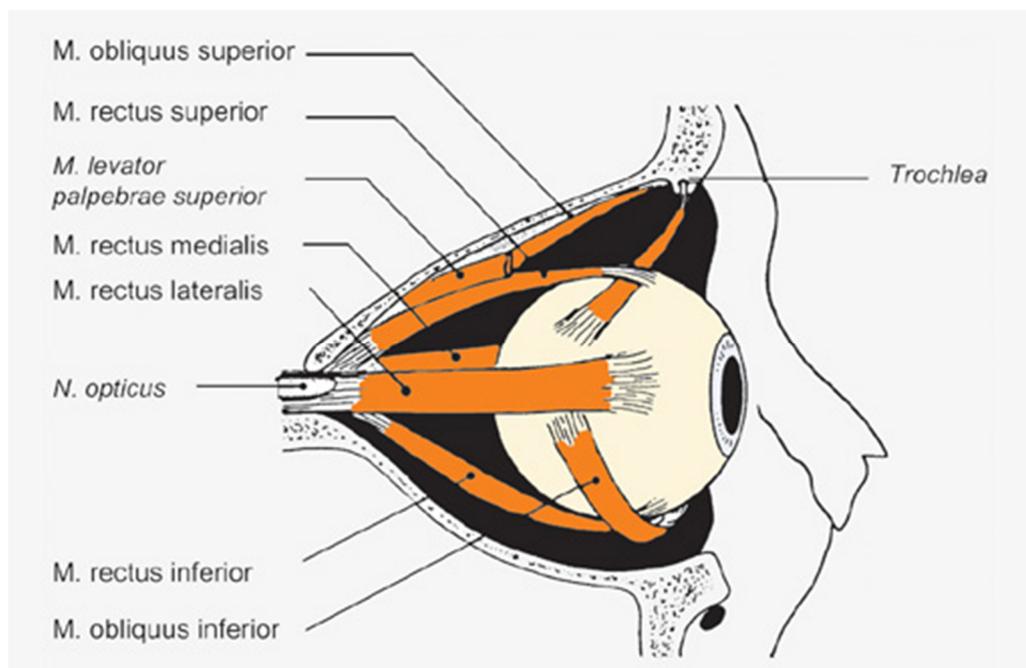
Der Corpus vitreum nimmt fast zwei Drittel des Augeninners ein und besteht aus einer wasserklaren, gelartigen Substanz. Die beiden Augenkammern enthalten eine wasserartige Flüssigkeit, das Kammerwasser.

Bei der Beobachtung eines Bewegungsablaufes, z.B. eines Weitsprunges, durchdringt das vom bewegten Sportler reflektierte Licht vor dem Auftreffen auf der Netzhaut zunächst die Hornhaut, dann das Kammerwasser der Augenkammern, die Linse und danach den Corpus vitreum.

Die lichtbrechenden Medien, d.h. das bildentwerfende System, bilden den sog. dioptrischen Apparat. Die Netzhaut stellt den bildaufnehmenden Teil des visuellen Systems dar.

Wie bewegt sich das Auge?

Bei der visuellen Wahrnehmung spielen aktive Bewegungen der Augen eine wichtige Rolle. Um diese Bewegungen durchführen zu können, besitzt jedes Auge 6 (4 gerade und 2 schräge) quergestreifte äußere Augenmuskeln.



der äußeren Augenmuskeln

Abbildung 2: Lage

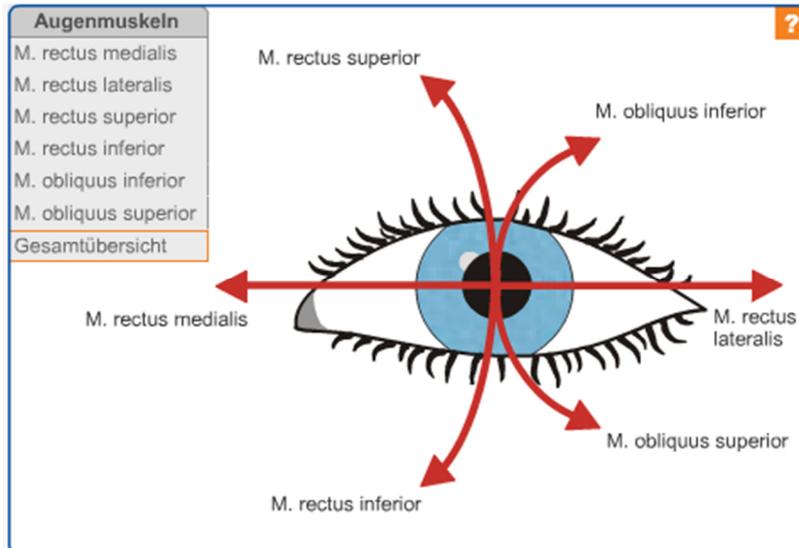
Diese Muskeln sind so angeordnet, dass das Auge um die 3 Hauptachsen gedreht werden kann.

Beispiel:

Eine Kontraktion des M. rectus medialis (gerader innerer Augenmuskel) führt z.B. dazu, dass das Auge nasalwärts (zur Nase hin) gedreht wird.

Um eine Bewegung des Auges nach oben (exakt in vertikaler Richtung) zu bewirken, müssen der M. rectus superior und der M. obliquus inferior gemeinsam kontrahiert werden.

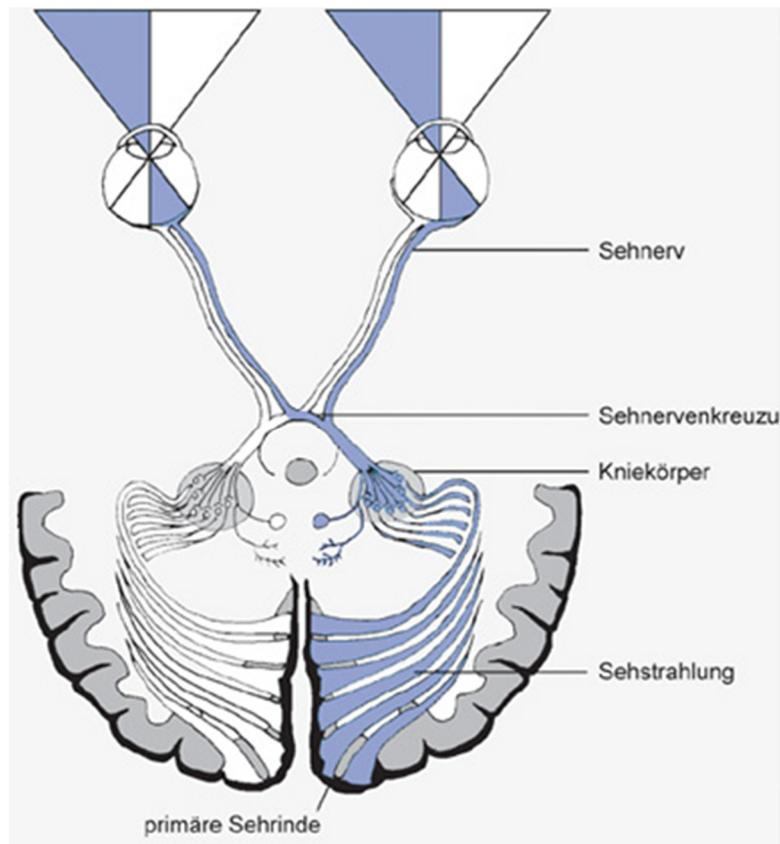
Der kombinierte Einsatz verschiedener Muskeln erlaubt folglich auch Roll- und Diagonalbewegungen.



Sehbahn

Nach der Umwandlung in eine elektrische Erregung erfolgt die Weiterleitung der Information durch den Sehnerv (Nervus opticus) an das Gehirn. Die Stelle der Netzhaut, an der der Sehnerv den Augapfel verlässt und zum Gehirn weiterzieht, ist frei von Photosensoren (Papille oder "blinder Fleck").

Verfolgt man den weiteren Verlauf des Sehnerven, so erkennt man, dass im Bereich der sog. Sehnervenkreuzung (Chiasma opticum) am Boden des Zwischenhirns ein Teil der Nervenfasern, der von den medialen (nasalen) Abschnitten der Netzhaut kommt, zur gegenüberliegenden (kontralateralen) Seite des Gehirns zieht. Ein anderer Teil, der die lateralen (temporalen) Netzhautabschnitte repräsentiert, bleibt auf der gleichen Seite (ipsilateral).



Die Fasern enden in dem Gebiet des sog. Kniekörpers (Corpus geniculatum laterale), einer Ansammlung von Nervenzellen. Hier wird die einlaufende Erregung auf andere Nervenzellen übertragen. Deren Fortsätze wiederum ziehen schließlich über die sog. Sehstrahlung (Radiatio optica) in okzipital gelegene Abschnitte der Großhirnrinde, die für die Verarbeitung der visuellen Information zuständig sind (visueller Kortex, primäre Sehrinde).

Schutzeinrichtungen des Auges

Das Auge ist mit einer Reihe von Schutzeinrichtungen ausgestattet. Die Superzilien (Augenbrauen) und Zilien (Wimpern) verhindern das Eindringen z.B. von Staub und Schweiß. Die Augenlider bedecken den in der Augenhöhle liegenden Augapfel.

Über den Lidschlußreflex wird das Eindringen von Fremdkörpern verhindert. Dabei werden der M. orbicularis oculi (Lidschließmuskel) und der M. levator palpebrae superioris (Lidheber) eingesetzt. 5-10 mal in der Minute erfolgt ein unwillentlicher Lidschlag.

Die Hornhaut wird mit Tränenflüssigkeit benetzt, die in der Tränendrüse (Glandula lacrimalis) gebildet wird. Mit Hilfe des Lidschlages wird die Tränenflüssigkeit "scheibenwischerartig" über die Hornhaut verteilt. Sie befeuchtet das Bindehaut- und Hornhautepithel, glättet die Unebenheiten auf der Hornhautoberfläche und verbessert somit ihre optischen Eigenschaften; sie dient der Spülung, der Desinfektion und der Epithelnahrung.

Die Tränen fließen über die Tränenpünktchen, die Tränenkanälchen, den Tränensack und den Tränennasengang ab.



Akkommodation - Anpassung der Brechkraft

Beim Durchtritt durch die verschiedenen lichtdurchlässigen Medien des Auges (Hornhaut, Kammerwasser, Linse, Glaskörper) wird das Licht gebrochen.

Auf der Netzhaut entsteht ein umgekehrtes und stark verkleinertes Bild des betrachteten Gegenstandes.

Um sowohl in der Ferne liegende als auch in der Nähe befindliche Gegenstände scharf auf der Netzhaut abbilden zu können, besitzt das Auge die Möglichkeit, die Brechkraft der Linse über die Ciliarmuskulatur zu verändern (sog. Akkommodation).

Bei Kontraktion des ringförmig um die Linse liegenden Ciliarmuskels erschlaffen die Zonulafasern, über die die Linse aufgehängt ist, und die Krümmung der Linse nimmt aufgrund Ihrer Eigenelastizität zu.

Bei Erschlaffung des Ciliarmuskels werden die Zonulafasern gespannt und es kommt zu einer Abflachung der Linse.

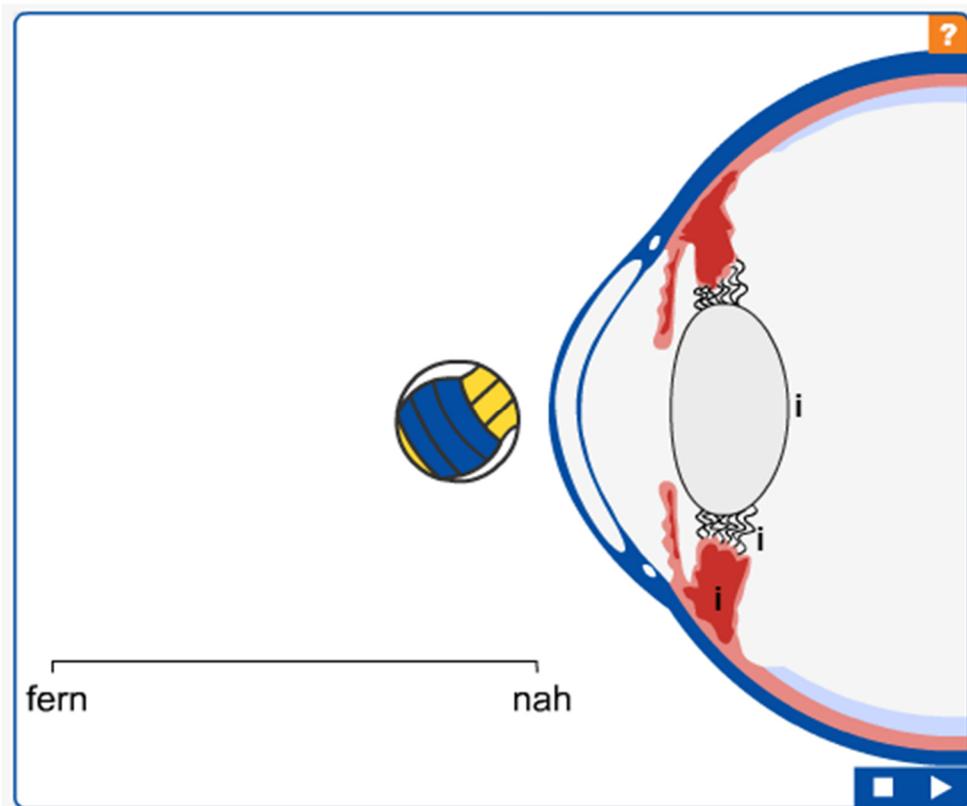


Abbildung 4:

Ciliarmuskel und Einfluß auf die Linsenkrümmung

Eine Zunahme der Linsenkrümmung führt zu einer Erhöhung der Brechkraft, die von dem Krümmungsradius der Übergangsfläche, durch die das Licht hindurchtritt, und von der optischen Dichte der Medien abhängt. Das Auge ist in diesem Zustand auf Nähe eingestellt, es ist nahakkommodiert.

Eine Verringerung der Linsenkrümmung verursacht eine Abnahme der Brechkraft, die es ermöglicht, dass auch in der Ferne liegende Gegenstände scharf auf der Netzhaut abgebildet werden können (Fernakkommodation).

Ab einer Entfernung von ca. 6 m ist das Auge "entakkommodiert", d.h., die Linse ist abgeflacht, und die Sehachsen stehen parallel.

Auslösender Reiz für den Akkommodationsvorgang ist eine unscharfe Abbildung eines Gegenstandes in der

Fovea centralis, der Stelle des schärfsten Sehens auf der Netzhaut.
Der Zeitbedarf für die Nahakkommodation beträgt insgesamt ca. 1 s, wovon ca. 0,36 s als Latenzzeit und ca. 0,64 s für die Kontraktion der Ziliarmuskulatur, die Entspannung der Zonulafasern und die Zunahme der Linsenkrümmung benötigt werden.

Die Latenzzeit beschreibt die Zeitspanne zwischen dem Akkommodationsreiz und dem Beginn der motorischen Einstellbewegung über die Ciliarmuskulatur.

Dies macht deutlich, dass es in den schnellen Sport- und Rückschlagspielen durchaus zu Überforderungen der Akkommodationsmechanismen kommen kann. So ist z.B. in der Return- oder Volley-Situation beim Tennis aufgrund des Zeitdrucks - je nach Ballgeschwindigkeit ist der Ball oft weniger als 0,5 s unterwegs - eine (in der gängigen Lehrmeinung oft als notwendig angesehene) foveale Verfolgung und durchgängig "scharfe" Abbildung des Balles bis zum Schläger-Ball-Kontakt nicht möglich.

Anpassung an unterschiedliche Beleuchtungsbedingungen

Das menschliche Auge ist im Tagesverlauf ganz verschiedenen Beleuchtungsbedingungen ausgesetzt. Es besitzt die Fähigkeit, sich in bestimmtem Umfang an wechselnde Beleuchtungsverhältnisse anzupassen, z.B. bei einem Fünf-Satz-Spiel im Tennis, das nachmittags unter photopischen Bedingungen beginnt und sich dann bis in den dämmerigen Abend (mesopische Beleuchtungsbedingungen) hineinzieht.

Eine beleuchtungsadäquate Anpassung wird einerseits dadurch erreicht, dass sich die Weite der Pupille verändert und auf diese Weise die Lichtmenge vergrößert oder verkleinert wird, die pro Zeiteinheit auf die Netzhaut fällt (sog. Pupillenreaktion).

Diese Lichtreaktion der Pupillen wird durch die Photosensoren der Netzhaut ausgelöst, die über verschiedene Nervenverbindungen im Gehirn zwei Muskeln (M. dilatator pupillae und M. sphincter pupillae) beeinflussen, die die Weite der Pupille einstellen (direkte Lichtreaktion).

Bei isolierter Beleuchtung nur eines Auges wird neben der direkten Lichtreaktion über die sog. "konsensuelle Lichtreaktion" auch die Pupille des unbelichteten Auges verkleinert.

Die Geschwindigkeit bei der Dilatation Erweiterung (M. dilatator pupillae) der Pupille ist mit ca. 1-2 mm/s deutlich niedriger als bei der Konstriktion (Verengung (M. sphincter pupillae) mit ca. 5 mm/s.

Die hohe Schließgeschwindigkeit dient als Schutz vor der schnellen Ausbleichung der Sensoren beim plötzlichen Wechsel z.B. vom Dunklen ins Helle.

Der Durchmesser der Pupille kann zwischen ca. 2-8 mm variiert werden; das entspricht einer Veränderung der retinalen Beleuchtungsstärke von etwa einer Zehnerpotenz. Die Tatsache, dass die Schwankungsbreite der Umfeldleuchtdichte in der Natur mehrere Zehnerpotenzen beträgt, verdeutlicht, dass die Anpassungsfähigkeit der Netzhaut deutlich höher sein muss.

So sind beim längeren Aufenthalt in der Dämmerung/Dunkelheit neben der Pupillenerweiterung (Mydriasis) auch Veränderungen auf neuronaler Ebene notwendig, z.B. das Umschalten auf das Stäbchen-System, um eine optimale Sehleistung zu erreichen.

Generell ist aber unter dunkeladaptierten Bedingungen eine Verschlechterung, z.B. der visuellen Reaktionszeit oder der Sehschärfe, zu verzeichnen.

Das helladaptierte Auge benötigt ca. 30 min zur Anpassung an Dämmerungslicht. Das dunkeladaptierte Auge wird beim plötzlichen Wechsel ins Helle zunächst geblendet, passt sich dann aber in nur wenigen Sekunden den veränderten Bedingungen an.

Beeinträchtigungen der Sehleistung durch "Blendung" werden in Freiluftsportarten wie Tennis oder Beachvolleyball etc. von erfahrenen Spielerinnen und Spielern oft sogar bewusst als "taktische Waffe" eingesetzt, z.B. beim sog. "Skyball", einem extrem hoch gespielten Ball oder beim "Sun Serve", einem extrem hoch gespielten Aufschlag im Beachvolleyball, bei denen die Annahmespieler unausweichbar in die



Sonne schauen müssen und folglich geblendet werden. Gleiches gilt für den Lob im Tennis.

Außer durch das Licht kann die Weite der Pupille auch durch sog. Vergenzbewegungen verändert werden. So verengen sich die Pupillen bei einer Konvergenzbewegung (Naheinstellung, Abb. c), und sie erweitern sich bei einer Divergenzbewegung. Die Konvergenzbewegung tritt zusammen mit der o.g. Zunahme der Brechkraft, die Divergenzbewegung mit einer Abnahme der Brechkraft auf.

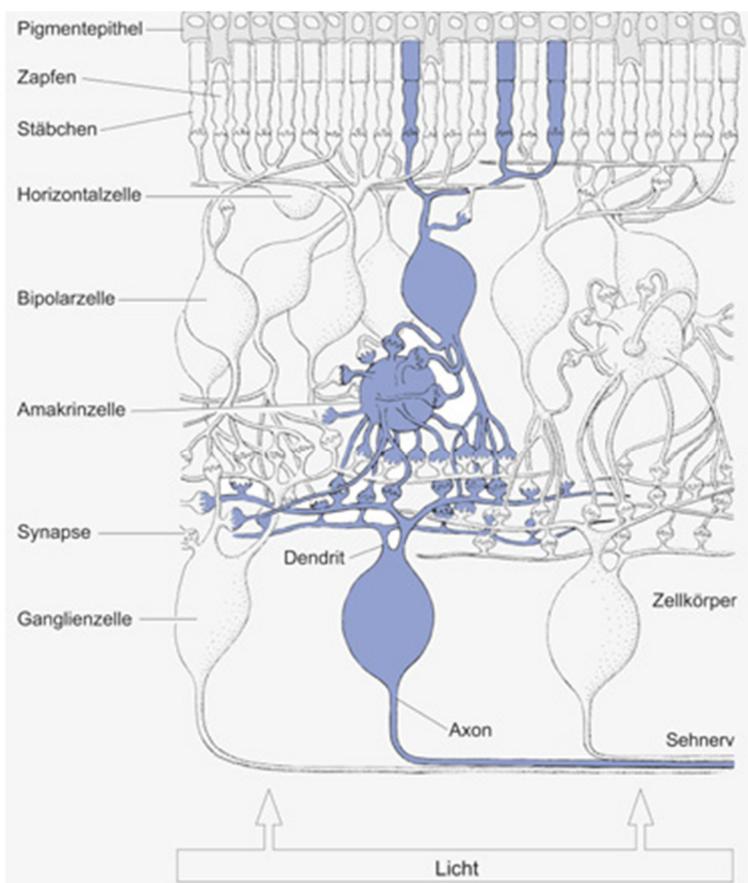
Reizaufnahme und -verarbeitung in der Retina

Für die Reizaufnahme in der Netzhaut sind die Photosensoren zuständig. Dabei sind die ca. 120 Millionen Stäbchen für das Sehen in der Dunkelheit verantwortlich, während die ca. 6 Millionen Zapfen den Bereich des Sehens unter Tageslichtbedingungen abdecken.

Bei den Zapfen lassen sich drei verschiedene Unterformen differenzieren, die das einfallende Licht farb- bzw. wellenlängenselektiv (kurzwellig, mittelwellig, langwellig) absorbieren. Im Übergangsbereich der Dämmerung sind beide Sensorensysteme aktiv.

Das Licht muss zunächst verschiedene Schichten von Stütz- und Nervenzellen mit ihren großen Zellkernen durchdringen, bevor es an die Photosensoren gelangt).

Diese inverse Lage der Sensoren dient vermutlich dem Schutz vor Überblendung der Sensorenschicht.



Verlauf in den Nervenzellen

Abbildung 5: Lichteintritt und

Aufbau der Netzhaut

Die Netzhaut besteht somit aus den Photosensorzellen, dem Pigmentepithel, den Gliazellen, die sich durch alle retinalen Schichten erstrecken, sowie 4 - den Sensoren nachgeschalteten - Nervenzellklassen (Horizontalzellen, Bipolarzellen, amakrine Zellen und Ganglienzellen). Die Netzhaut stellt also ein vielschichtiges neuronales Netzwerk dar.

Die Umwandlung von Lichtreizen in Potentialänderungen basiert auf den in Stäbchen und Zapfen vorhandenen sog. Photopigmenten. Diese Sehfärbstoffe bestehen jeweils aus einem Protein (Rhodopsin bei den Stäbchen, Zapfenopsin bei den Zapfen) und einer Farbstoffgruppe. Bei Lichtabsorption ändern die Photopigmente ihre chemische Struktur.

So wird z.B. das Rhodopsin in den Stäbchen über mehrere Zwischenschritte in Metarhodopsin II umgewandelt, das schließlich den Auslöser für die Potentialänderung der Zellen darstellt.

Die von den Photosensorzellen aufgenommenen Informationen werden nach der Umwandlung in Nervenimpulse und nach Vorverarbeitung im neuronalen Netzwerk der Retina zur weiteren Verarbeitung über die Axone der Ganglienzellen, die den Nervus opticus bilden, an das Sehzentrum weitergeleitet. Dort entsteht dann der endgültige visuelle Eindruck als Endprodukt der visuellen Wahrnehmung.

Stäbchen und Zapfen sind nicht gleichmäßig auf der Netzhaut verteilt. Während im Zentrum der Netzhaut im Bereich der Fovea centralis ausschließlich Zapfen vorhanden sind, treten in der Peripherie der Netzhaut vorwiegend Stäbchen auf.

Folglich sind die verschiedenen Bezirke der Netzhaut auch unterschiedlich lichtempfindlich.

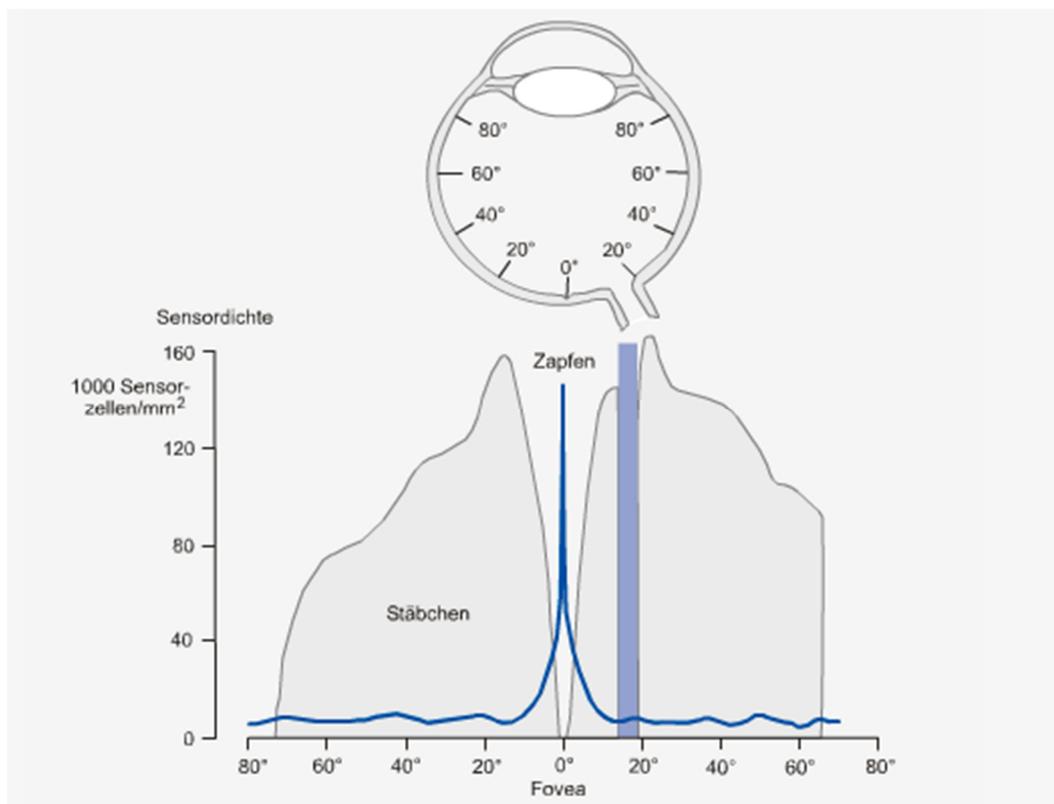


Abbildung 6:

Sensordichte des linken Auges

Zentrale Verarbeitungsprozesse

Im visuellen Kortex wird die auf der Netzhaut abgebildete Umwelt topografisch, wie eine bestimmte Landschaft auf einer Landkarte, repräsentiert (= retinotop). Die Ausschnitte in der Sehrinde entsprechen jedoch nicht maßstabsgetreu den Ausschnitten auf der Netzhaut.

Für das relativ kleine Gebiet der Fovea centralis ist ein sehr viel größeres Areal der Sehrinde zuständig als für einen vergleichbar großen Bezirk in der Netzhautperipherie. Auch durch die Vorgänge der zentralen Verarbeitung im visuellen Kortex wird somit die Bedeutung der Fovea centralis für eine präzise visuelle Wahrnehmung offensichtlich.

Der Prozess des Sehens beschränkt sich also nicht nur auf die reine Aufnahme und "Übersetzung" der einfallenden Lichtreize in Nervenimpulse sowie deren Weiterleitung zum Gehirn.

Bereits auf der Ebene der Retina finden zahlreiche funktionelle Verarbeitungsvorgänge statt.

Bestimmte Merkmale werden dabei hervorgehoben, andere abgeschwächt, so dass ein modifiziertes Bild der Realität an das Gehirn weitergeleitet wird. "Wir sehen also nicht (nur) mit den Augen, sondern mit dem Gehirn". Letzteres wird am Beispiel der sog. optischen Täuschungen deutlich.

Optische Täuschungen im Sport können sich auch durch die quasi suggestive Wahl des Bewegungssystems ergeben. Im zielnahen Bereich eines 100-m-Laufes vergrößert ein Sprinter den Abstand zum restlichen Feld und siegt. Der führende Läufer wird aber nur scheinbar schneller, denn nahezu alle Sprinter durchlaufen bei maximalem Einsatz in Zielnähe eine negative Beschleunigungsphase mit abnehmender Geschwindigkeit; der Führende nur in geringerem Maße als der Rest des Feldes.

Ferner können z.B. in der Tennishalle Blendungen durch Scheinwerfer, ungünstig angeordnete Beleuchtungskörper oder Kamera-Blitzlichter auftreten, die gegebenenfalls zu Störungen der visuellen Informationsaufnahme führen. Durch die häufig einseitige Blendung ergeben sich unterschiedliche Adaptationszustände für beide Augen mit differierenden Leitungsgeschwindigkeiten in den ableitenden Nerven der Nervi optici.

Die in den Sehzentren gleichzeitig eintreffenden Informationen signalisieren dann den anfliegenden Ball auf nicht korrespondierenden Netzhautstellen (sog. PULFRICH-Effekt). Der sich daraus ergebende scheinbare Raumeffekt des Balles führt zu einer unsicheren Schlagausführung mit entsprechend emotionalen Reaktionen der Spieler. Analog dazu sind Fehleinschätzungen bei Springreitern und solche im Automobilsport denkbar und zudem erheblich gefährlicher.

Räumliches Auflösungsvermögen - Sehschärfe

Unter räumlichem Auflösungsvermögen (Sehschärfe) versteht man die Fähigkeit, zwei räumlich sehr nah benachbart präsentierte Reize noch als Einzelreize erkennen zu können.

Die (statische) Sehschärfe des Auges spielt in vielen Situationen eine wesentliche Rolle. Will man etwas "scharf" sehen, richtet man seinen Blick auf das zu betrachtende Detail. Dies bewirkt, dass das Abbild des Objektes auf die Fovea centralis projiziert wird. Die Sehschärfe ist im Bereich der Fovea am größten und nimmt zur Peripherie hin rapide ab (siehe Abbildung).



Dafür kann man folgende Gründe anführen:

- Dichte und Verteilung von Stäbchen und Zapfen sind in der Fovea und in der Netzhautperipherie unterschiedlich.
- Die Abbildungsqualität des dioptrischen Apparates ist im Bereich der Fovea besser als in der Netzhautperipherie.
- Die von den jeweiligen Photosensoren der beiden Bereiche aufgenommenen Informationen werden unterschiedlich verschaltet und zum visuellen Kortex weitergeleitet (s. rezeptive Feldgröße).

Die Photosensoren der Retina haben ihr Sensibilitätsoptimum bei unterschiedlichen Beleuchtungsbedingungen. Die Stäbchen sind sehr lichtempfindlich und damit für das "Sehen bei Sternenlicht" (skotopisches Sehen) besonders geeignet. Allerdings sind sie achromatisch, d.h., sie können keine Farben erkennen. Die Zapfen sind weniger lichtempfindlich, ermöglichen aber das Farbsehen und eine bessere räumliche Auflösung der eingehenden Signale. Ferner ist die Zapfendichte im Bereich der Fovea mit ca. 150000 Zellen/mm² am höchsten. Sie nimmt zur Peripherie hin allseitig kontinuierlich ab und beträgt 40° temporal zur Fovea mit 5000 Zellen/mm² nur noch 1/30 im Vergleich zum fovealen Wert.

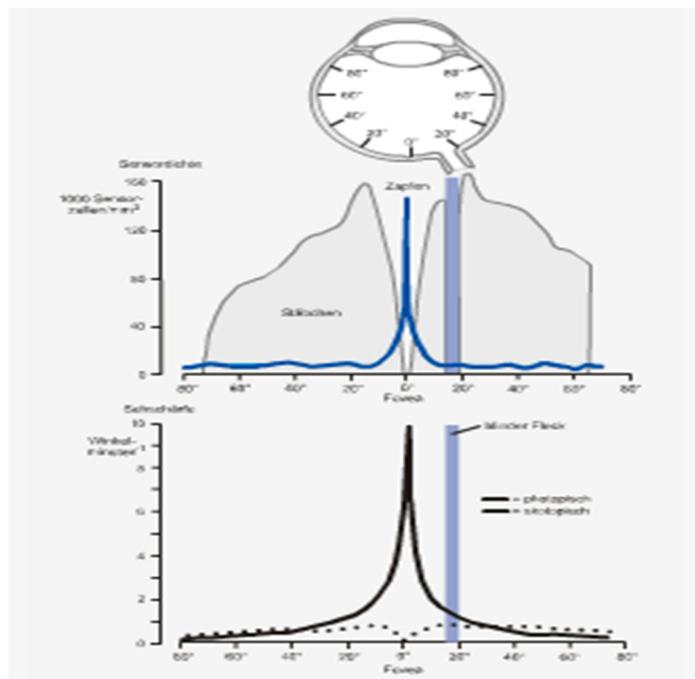


Abbildung 7: Sehschärfe im Verhältnis zur

Fovea

Aus diesem Grund ist bei photopischen Bedingungen das Sehen im Bereich der Fovea "schärfer" als in der Netzhautperipherie. In einer Entfernung von 10° zur Fovea ist lediglich eine Sehschärfe von 0,2 erreichbar; in einer Entfernung von 20° eine Sehschärfe von 0,125.

Detailwahrnehmung setzt folglich die punktgenaue Fixation des betrachteten Gegenstandes voraus.

Stäbchen sind in der Fovea nicht vorhanden. Ihre Verteilung bildet ein Maximum direkt neben der Fovea und nimmt zur Peripherie hin nur geringfügig ab. Deshalb ist die räumliche Auflösung beim skotopischen Sehen (Nachtsehen) im parafovealen besser als im fovealen (siehe Abbildung oben).

Der größte Teil der am Sehen beteiligten Systeme ist retinotop organisiert.

Das bedeutet, dass benachbarte Bereiche auf der Retina auch auf benachbarten Bereichen in den nachgeschalteten Gehirnarealen abgebildet werden. Die Nervenzellen (Neurone) in solchen Hirnarealen werden bei geeigneter Stimulation an bestimmten Stellen der Netzhaut erregt bzw. gehemmt. Der Bereich der Retina, der bei visueller Stimulation einen solchen Einfluss auf das jeweilige Neuron hat, wird als rezeptives Feld der Nervenzelle bezeichnet.

Neurone, die Informationen aus einem relativ zentralen, also nahe der Fovea gelegenen Areal erhalten, haben eher kleine rezeptive Felder, solche mit Projektionen aus peripheren Netzhautarealen eher große. Grund hierfür ist die unterschiedliche Verschaltung der Photosensoren in der Retina. In der Peripherie werden viel mehr Eingänge (Photosensoren) auf eine nachfolgende Nervenzelle geschaltet als in der Fovea, in der Sensoren und Neuronen im Verhältnis 1:1 verschaltet sind. Das heißt, der zentrale foveale Bereich wird überproportional repräsentiert.

Die erhebliche Signalkonvergenz zeigt sich auch darin, dass die ca. 126 Millionen Photosensoren auf nur 1 Million Ganglienzellen verschaltet werden.

Der ausgeprägte Sehschärfeverlust außerhalb der nur ca. 2° großen Fovea centralis zur Netzhautperipherie hin ist ursächlich auf die Größenzunahme der rezeptiven Felder (mehrere Sensoren konvergieren auf ein Feldzentrum einer Ganglienzelle), die Abnahme der Sensorendichte und die Zunahme des Sensorenabstandes zurückzuführen.

Somit ist die Rasterung des Abbildes der Umwelt im Bereich der Fovea besonders fein, in der Peripherie jedoch viel gröber, woraus wiederum eine unterschiedlich gute räumliche Auflösung (Sehschärfe) resultiert.

Zentrale Sehschärfe

Die zentrale Sehschärfe, d.h. die Sehschärfe für die Stelle des schärfsten Sehens auf der Netzhaut (unter photooptischen Bedingungen die sog. Fovea centralis), wird als Visus bezeichnet.

Die Definition des Visus (V) lautet:

$$V = \frac{1}{\alpha}$$

wobei α der Sehwinkel des "kritischen Details" in Winkelminuten ist, der in einem Reizmuster gerade noch erkannt wird (sog. anguläre Sehschärfe).

Zur quantitativen Bestimmung des Visus werden C-förmige LANDOLT-Ringe verwendet. Der Proband hat die Aufgabe, die Öffnungslage im LANDOLT-Ring zu erkennen. Erkennt der Proband grenzwertig eine



"Lücke" von 1 Winkelminute, so liegt definitionsgemäß ein Visus von 1,0 vor. Bei einem Visus von 2,0 beträgt die anguläre Sehschärfe folglich 0,5 Winkelminuten.



Abbildung 8: Landoltring

Der durchschnittliche Visus über alle Altersstufen der Bevölkerung beträgt ca. 1,0; dabei besteht eine deutliche Altersabhängigkeit.

Abhängigkeit der Sehschärfe vom Alter

Visuelle Funktionen wie die Sehschärfe unterliegen einer Reifungsfunktion, d.h., sie sind mit der Geburt noch nicht voll ausgebildet. Der Reifungsprozess zeigt dabei für die verschiedenen Sehfunktionen keinen einheitlichen Verlauf und zudem erhebliche interindividuelle Unterschiede. Sein Abschluss kann bis zum 25. Lebensjahr dauern.

Die Verschlechterung der Sehleistung in höherem Alter beruht u.a. auf Trübungen in den brechenden Medien, allgemein verlangsamten Stoffwechselprozessen, zerebralen Zellverlusten und einer senilen Miosis (Pupillenverengung). So werden von 80jährigen nur noch durchschnittliche Fernvisuswerte von 0,6 und von 85jährigen sogar nur noch von 0,3 erreicht.

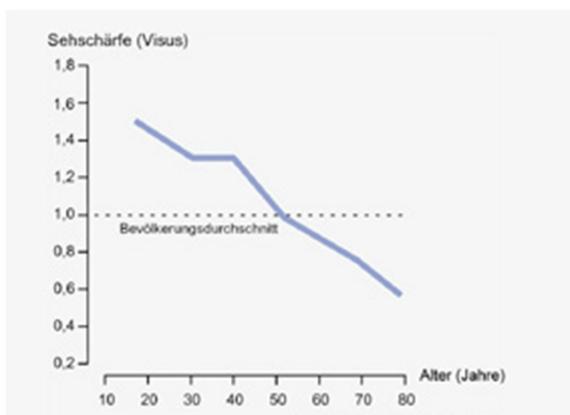


Abbildung 9: Sehschärfe in der Abhängigkeit zum Alter

Abhängigkeit der Sehschärfe von der Beleuchtung

Die Qualität des Sehens steht in engem Zusammenhang mit den jeweiligen Beleuchtungs- und Kontrastbedingungen. Die generelle Abnahme der Sehschärfe und anderer Teilleistungen des Sehsystems bei Verschlechterung der Beleuchtungsbedingungen ist allgemein bekannt.

Der Kontrast eines Sehobjektes gegenüber seiner Umgebung ist eine der wichtigsten Eigenschaften für seine Wahrnehmbarkeit (RASSOW 1988).

Der photometrische Kontrast (K), als Simultankontrast mit hellen Elementen der Leuchtdichte L_{\max} und dunklen Elementen der Leuchtdichte L_{\min} (Hell-Dunkel-Kontrast), die sich dem Beobachter gleichzeitig darbieten, ist definiert als

$$K = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{L_{\max} + L_{\min}}$$

Der Vorteil dieser Kontrastdefinition besteht darin, dass sie auf den Wert 1 normiert ist, d.h., $K = 1$ ist der mögliche Maximalkontrast, wenn $L_{\min} = 0$ ist. Der Minimalkontrast mit $K = 0$ liegt vor, wenn $L_{\max} = L_{\min}$ ist.

Der photometrische Kontrast eines Objektes, der gerade noch ausreicht, um die subjektive Empfindung von zwei unterschiedlich hellen Anteilen des Objektes hervorzurufen, wird als Schwellenkontrast (KS) bezeichnet.

Der Schwellenkontrast hängt aber auch von weiteren Parametern, wie z.B. dem jeweiligen Adaptationsniveau des beobachtenden Auges, ab. Die Kontrastempfindlichkeit (KE) wird über den Kehrwert des Schwellenkontrastes ($KE = 1/KS$) beschrieben.

Zeitliches Auflösungsvermögen

Das zeitliche Auflösungsvermögen des visuellen Systems ist durch die Fähigkeit gekennzeichnet, kurz hintereinander auf der Retina eintreffende Reize auch als zeitlich voneinander unabhängig wahrzunehmen. Dies spielt beispielsweise bei der Wahrnehmung von Bewegungen eine große Rolle.

Physiologisch ist die Fähigkeit zur zeitlichen Auflösung durch die sog. **Flimmerverschmelzungsfrequenz (FVF)** bzw. Flimmerfusionsfrequenz beschreibbar. Als FVF wird die Frequenzschwelle bezeichnet, ab der intermittierend dargebotene Lichtreize nicht mehr als unterbrochen wahrgenommen werden, sondern der Eindruck eines kontinuierlich leuchtenden Lichtes entsteht. Die einzelnen Lichtreize verschmelzen demnach bei dieser Frequenz in der Wahrnehmung.

Die FVF ist von diversen Einflussgrößen abhängig. Dazu gehören Beleuchtungsstärke, Leuchtdichte und Kontrast sowie Größe des Testreizes und retinaler Darbietungsort.

Großflächige Reize werden in der Netzhautperipherie besser erkannt als in der Fovea, kleine Reize jedoch besser im fovealen Bereich als weiter außen. Die maximale zeitliche Auflösung ist bei den großen Reizen in der Peripherie deutlich höher als bei den kleinen in der Fovea lokalisierten.

Aufgrund der relativ geringen zeitlichen Auflösungsleistung des visuellen Systems können schnelle oder nur kurz dargebotene Bewegungsabläufe, wie z.B. das Auftreffen des Balles auf der Schlagfläche oder im Bereich der Linie im Tennis (beide Vorgänge vollziehen sich in weniger als 0,01 s), nur "interpolierend" wahrgenommen werden.

Das heißt, die Ballbewegung wird zwar nur punktuell "abgetastet", aber kontinuierlich wahrgenommen.



Der foveale Bereich der Netzhaut ist besonders für eine gute räumliche Auflösung geeignet, während sich der periphere Bereich der Retina eher durch seine gute zeitliche Auflösung bei gleichzeitig schlechterer räumlicher Auflösung auszeichnet. Dabei ist das unterschiedlich gute zeitliche Auflösungsvermögen weniger auf die unterschiedlichen Photosensortypen zurückzuführen als vielmehr auf die Art der Reizweiterleitung und Reizverarbeitung.

Gesichtsfeld und peripheres Sehen

Häufig werden die Begriffe Gesichtsfeld und peripheres Sehen synonym verwendet, obwohl sie deutlich voneinander zu trennen sind.

Das **Gesichtsfeld** beschreibt den Teil der visuellen Umwelt, der bei fixierten (unbewegten) Augen wahrgenommen werden kann. Es beinhaltet das zentrale (foveale) und das periphere Sehen.

Die Ausdehnung des Gesichtsfeldes hängt von verschiedenen Faktoren ab. Bereits in der ersten Phase der visuellen Wahrnehmung, in der die Umwelt durch den dioptrischen Apparat auf der Netzhaut abgebildet wird, erfolgt eine Einschränkung des Gesichtsfeldes z.B. aufgrund der Abschirmung des einfallenden Lichtes durch die Augenbrauen (in vertikaler Ebene) und die Nase (in horizontaler Ebene).

Das mit dem sog. Perimeter bestimmbare Gesichtsfeld entspricht nicht dem auf die Retina projizierten Bild, sondern kann weitere Einschränkungen beinhalten, die aus den Weiterleitungs- und Verarbeitungsprozessen resultieren.

Das Gesichtsfeld hat horizontal mit ca. 180-200° eine erheblich größere binokulare (beidäugige) Ausdehnung als vertikal (ca. 130°). Exakte Ausmaße sind durch starke interindividuelle Unterschiede nicht allgemein festlegbar.

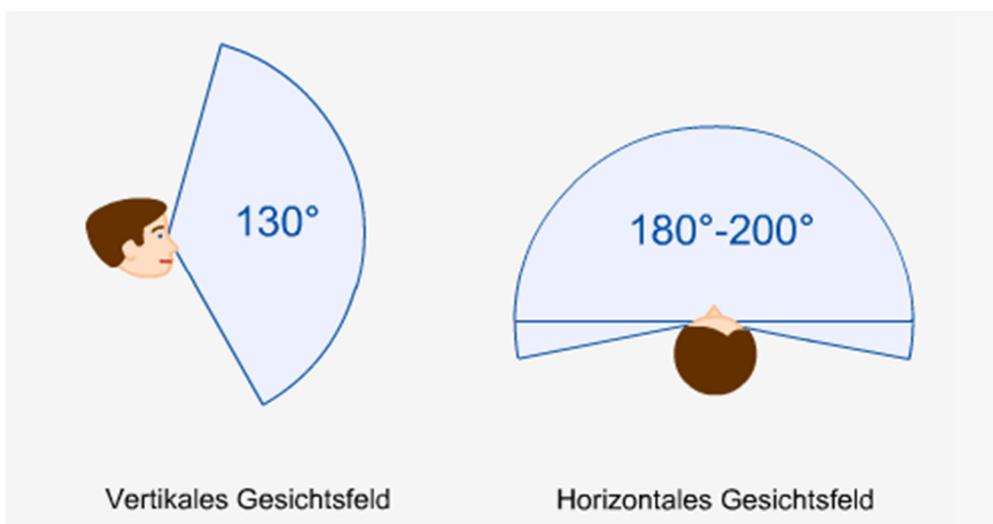


Abbildung 10:

Darstellung Gesichtsfeld

Gesichtsfeld

Das Gesichtsfeld kann durch den Einsatz von Blickbewegungen mit Hilfe der Augenmuskeln deutlich vergrößert werden (Blickfeld). So kann horizontal ein Bereich von ca. 270° abgedeckt werden.

Die Gesichtsfeldausdehnung variiert auch mit der Farbe eines zu erkennenden Objektes. Bewegt man verschiedenfarbige Reize vom Rand her in das Gesichtsfeld, so werden von peripher nach zentralwärts zuerst die Farben Gelb und Blau und erst weiter innen Rot und Grün erkannt. Dies sollte z.B. in den Sportsportarten bei der Triktauswahl berücksichtigt werden. So muss der ballführende Spieler beim schnellen Tempogegenstoß im Handball möglichst frühzeitig erkennen, ob es sich bei dem plötzlich im Gesichtsfeld auftauchenden Spieler um einen anspielbaren Teamkollegen oder einen Gegenspieler handelt, der den angestrebten Torerfolg verhindern will. Am größten ist das Gesichtsfeld für unbunte Reize.

Auch die Leuchtdichte (die Helligkeit) des peripher auftauchenden Sehobjektes beeinflusst die Gesichtsfeldausdehnung. So kann bei ungünstigen Beleuchtungsbedingungen bzw. bei schlecht beleuchteten oder reflektierenden peripheren Reizen (z.B. beim Spielen mit verschmutzten Tennisbällen) das Umfeld weniger über das periphere Sehen kontrolliert werden.

Folglich müssen vermehrt Blickbewegungen (z.B. Sakkaden) eingesetzt werden. In Anbetracht der sakkadischen und akkommodativen Latenzen muss dies vor allem in den schnellen Sport- und Rückschlagspielen zu deutlichen Leistungseinschränkungen in der visuellen Informationsaufnahme führen.

Zusammenspiel zwischen peripherer und fovealer Wahrnehmung

Zentrales (foveales) und peripheres Sehen sind beide Teil des wahrgenommenen Gesichtsfeldes. Ihre Unterscheidung lässt sich auf den Aufbau der Retina und die Sensorenverteilung zurückführen.

Das zentrale Sehen entspricht der visuellen Wahrnehmung, die aus der Projektion von Lichtreizen auf die Fovea centralis resultiert, und deckt einen Sehwinkel von ca. 2° ab.

Der übrige Teil der Netzhaut, die Netzhautperipherie, entspricht dem Bereich, der für das periphere Sehen verantwortlich ist.

Zentrales wie peripheres Sehen wirken je nach Art der visuellen Reizung sowie physiologischen, psychischen und kognitiven Aspekten der Wahrnehmung unterschiedlich an dem tatsächlich entstehenden visuellen (Gesamt-)Eindruck der Umwelt mit.

Dies ist ein wesentlicher Faktor für die Effizienz unseres visuellen Systems, da dadurch die Kapazität für eine hohe räumliche und zeitliche Auflösung der visuellen Informationsaufnahme geschaffen wird. Zentrales und peripheres Sehen bilden dabei zwei parallele visuelle Systeme.

Die Peripherie wird gegenüber dem Netzhautzentrum bei der Informationsverarbeitung bevorzugt behandelt. Taucht z.B. in der Peripherie plötzlich ein Objekt oder eine Bewegung auf, wird die zentrale Wahrnehmung zugunsten der Informationen aus der Peripherie unterdrückt, und die Aufmerksamkeit wird auf das neue Detail gelenkt.

Dabei erfolgt reflektorisch eine Neuorientierung von Kopf und Augen (mit Hilfe der Augenbewegungen) auf das zu analysierende Objekt. Danach kann die bessere räumliche Auflösungsfähigkeit des zentralen Sehens zur Analyse der Situation genutzt werden.

Dem peripheren Sehen kommt somit die Funktion der Detektion ("Entdeckung") zu.

Beispiel:

An diesem Beispiel wird die stammesgeschichtliche Bedeutung der Charakteristika des zentralen und des peripheren Sehens klar. Die hohe zeitliche Auflösungsfähigkeit der retinalen Peripherie bei gleichzeitiger kurzer Latenz kann dazu genutzt werden, periphere Reize schnell zu detektieren.

Dabei werden v.a. solche Reize besonders gut wahrgenommen, die entweder plötzlich auftreten (neu sind) oder sich schnell bewegen.

Dies sind meist Reize, die für ein Individuum interessant oder gar gefährlich sein könnten (z.B. die



Bewegung eines Beutetiers oder Feindes).

Durch die Neuorientierung des Blickes (und damit der Fovea) auf das detektierte Objekt können durch die hier bessere räumliche Auflösungsfähigkeit genauere Informationen eingeholt werden. Da diese Ausrichtung auf den peripheren Reiz reflektorisch geschieht, geht nur wenig Zeit verloren. Die genaue foveale Analyse der Situation ermöglicht anschließend eine adäquate Reaktion auf den Reiz (z.B. Flucht).

Der Wahrnehmende orientiert sich also nicht durch sukzessive Aufnahme fovealer Informationen.

Er bedient sich ständig der in der Gesichtsfeldperipherie aufgenommenen Informationen, um sich im Raum zu orientieren und selektiv (durch Aufmerksamkeitslenkung) und/oder reflektorisch neue Fixationsorte auszusuchen.

Transferiert man die o.g. Sachverhalte in die Sportpraxis, so wird deutlich, dass z.B. der Fußball-Trainer, der am Rande des Spielgeschehens mit einem Ball spielt, oder aber der Tennis-Zuschauer, der während eines Ballwechsels seinen Tribünenplatz aufsucht, die eigentlichen Akteure auf dem Spielfeld von ihren "zentralen" Beobachtungsaufgaben ablenken können, weil sie - ohne dies zu wollen - die visuelle Aufmerksamkeit der Spieler über die periphere Wahrnehmung auf sich lenken.

Im Sport - speziell bei der Bewegungsbeobachtung und -beurteilung - liegen zum Teil auch sog. "synchronoptische Sehanforderungen" vor. D.h., dass simultan an verschiedenen Orten im peripheren Gesichtsfeld dargebotene Einzelobjekte bzw. -ereignisse auch gleichzeitig möglichst exakt erfasst werden sollten. Das gilt z.B. für die Beurteilung der Regelkonformität eines Tennisaufschlages, die der Fußfehlerrichter vornehmen muss: Fuß-Boden-Kontakt im Spielfeld erst nach Ballkontakt auf der Schlägerbespannung. Aufgrund der Unmöglichkeit, beide Ereignisse gleichzeitig foveal und damit scharf zu erfassen, sind bei einer solchen Beurteilungsaufgabe hohe Fehlerquoten zu erwarten.

Dynamische Sehleistung im Sport

Ein Parameter zur Quantifizierung und Einschätzung der Leistungsfähigkeit des Bewegungssehens ist die sog. dynamische Sehschärfe.

Sie wird von LUDVIGH & MILLER (1953) in Abgrenzung zur (statischen) Sehschärfe als die Fähigkeit definiert, ein möglichst kleines "kritisches Detail" in einem mit konstanter Winkelgeschwindigkeit bewegten Sehobjekt (z.B. LANDOLT-Ring) korrekt zu erkennen.

Kenngroße für die dynamische Sehschärfe ist somit das "Minimum separabile" bei einer definierten, meist relativ geringen Winkelgeschwindigkeit des Sehzeichens.

Sie repräsentiert folglich das räumliche Auflösungsvermögen des Auges für bewegte Objekte. Sportnäher - vor allem in bezug auf die hohen Ball- und Aktionsgeschwindigkeiten in den Rückschlag- und Sportspielen - ist es jedoch, jene Fähigkeit des visuellen Systems zu ermitteln, ein Sehobjekt bestimmter Größe (z.B. Tennisballgröße) mit konstantem "kritischem Detail" bei möglichst hohen Winkelgeschwindigkeiten korrekt zu "orten". So sind z.B. Aufschlaggeschwindigkeiten zwischen 200-240 km/h beim ersten Aufschlag im Spitztennis keine Seltenheit.

Bei dieser auch als "(maximale) sakkadische Ortungsgeschwindigkeit" bezeichneten Kenngröße des Bewegungssehens steht also weniger die Auflösungsleistung der Netzhaut (die Sehschärfe) als vielmehr die koordinative Leistungsfähigkeit der Augenmuskulatur (die Blickmotorik) im Vordergrund.

Beide o.g. methodischen Vorgehensweisen werden aber in der Literatur häufig synonym unter dem Oberbegriff "dynamische Sehschärfe" zusammengefasst. Höhere sakkadische Ortungsgeschwindigkeiten sind nur durch eine effektive Kombination von Blicksprüngen (Sakkaden) und Augenfolgebewegungen realisierbar.

Untersuchungen an Spitzensportlern zeigen, dass die Rückschlagspieler(Tennis- und Tischtennispieler) deutlich höhere Ortungsgeschwindigkeiten als Sportler aus den Sportspielen (Basketball, Handball und



Volleyball), den Individualsportarten (Schwimmen, Rhythmische Sportgymnastik/Turnen oder Alpin-Skifahren) oder "Nicht-Sportler" erzielen.

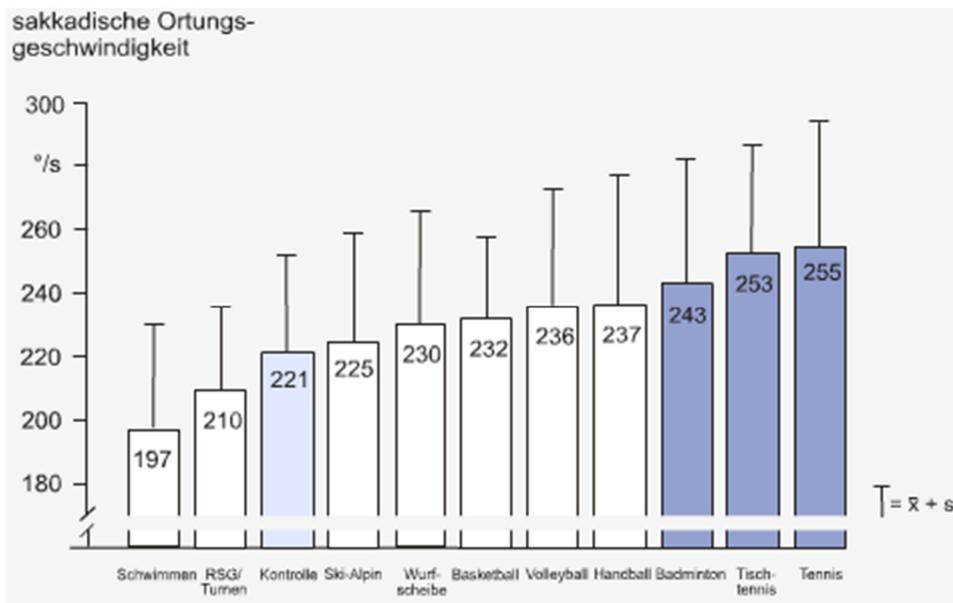


Abbildung 11:

Sakkadische Ortungsgeschwindigkeit in unterschiedlichen Sportarten

Sportartspezifische Unterschiede in der statischen Sehschärfe, wie sie bei jedem Sehtest beim Augenarzt oder Optiker bestimmt wird, bestehen hingegen nicht.

Eine geschlechtsspezifische Differenzierung zeigt, dass die männlichen Sportler in den "schnelleren Sportarten" (z.B. Tennis, Handball oder Volleyball) deutlich höhere Ortungsgeschwindigkeiten erzielen als die weiblichen, während bei "Nicht-Sportlern" kaum Unterschiede festzustellen sind.

Diese Geschlechtsspezifik könnte darin begründet sein, dass die Ball- und Aktionsgeschwindigkeiten in den genannten Sportarten im Herrenbereich deutlich höher sind als bei den Damen. Diese fungieren somit möglicherweise als adäquater Trainingsreiz für adaptive Prozesse im Bereich der Blickmotorik.

Aufschlussreich ist ferner der Vergleich von jugendlichen und erwachsenen Spielern. So erzielen erwachsene Tennisspieler signifikant höhere Ortungsgeschwindigkeiten als Nachwuchsspieler.

Die Leistungsentwicklung der Ortungsgeschwindigkeit im Altersgang ist neben der allgemeinen koordinativen Entwicklung sicherlich auch auf beanspruchungsinduzierte Anpassungseffekte, d.h. Training, zurückzuführen.

Dafür spricht auch die Tatsache, dass signifikante Geschlechtsunterschiede in der Ortungsgeschwindigkeit erst deutlich nach der Pubertät - also nach einem Zeitpunkt, an dem die Kraftentwicklung bei den männlichen Jugendlichen in höhere Ballgeschwindigkeiten umgesetzt wird - auftreten. Die Tatsache, dass in Einzelfällen auch schon in der Altersklasse der 10-12jährigen Ortungsgeschwindigkeiten von über 300°/s erzielt werden, zeigt, dass auch genetische Ursachen (das "schnelle Auge" von Natur aus) anzunehmen sind.

Alle beschriebenen Ergebnisse unterstützen die These, dass belastungsinduzierte Anpassungserscheinungen durch sportarttypisch hohe Ball- und Aktionsgeschwindigkeiten für das bessere dynamische Sehvermögen der Rückschlagspieler von Bedeutung sind. Die Trainierbarkeit der sakkadischen Ortungsgeschwindigkeit und der koordinativen blickmotorischen Leistungsfähigkeit wurde inzwischen durch zahlreiche Studien belegt (z.B. LONG & ROURKE 1989, TIDOW 1996).



Die Leistungsfähigkeit und Präzision von Augenbewegungen können u.a. mit Hilfe der Elektrokulographie (EOG) bestimmt werden. Dabei wird das korneo-retinale Bestandpotential genutzt, das einen Dipol mit dem umgebenden elektrischen Feld bildet. Durch Anbringen von nasalen und temporalen Elektroden kann die Verschiebung der Dipolachse, d.h. die Augenbewegung, abgegriffen und über ein Verstärker- und Schreibersystem aufgezeichnet werden.

Als eine Konsequenz für die Trainingspraxis ergibt sich somit die Möglichkeit, z.B. hohe Ball- und Aktionsgeschwindigkeiten, die entsprechend hohe koordinative Anforderungen an die Blickmotorik stellen, als Trainingsreiz für die Blickmotorik einzusetzen.

Räumliches Sehen - Tiefensehen

In vielen Sportarten erlangt das räumliche Sehen oder Tiefensehen einen leistungsbestimmenden Einfluss. Das gilt u.a. für das Abschätzen von Entfernungen (Wurfentfernung im Handball und Basketball, Distanz zum Weitsprungbalken etc.) ebenso wie das genaue Lokalisieren von bewegten Gegenständen (z.B. einem anfliegenden Tennisball) im Nahbereich des Sporttreibenden.

Das räumliche Sehen basiert auf einer Reihe von binokularen und monokularen Leistungen des visuellen Systems. Im Bereich bis zu ca. 6-10 Metern ist die Beidäugigkeit für das räumliche Sehen von besonderer Bedeutung (Stereosehen).

Aus geometrisch-optischen Gründen entsteht bei der Betrachtung dreidimensionaler Objekte im Raum immer eine horizontale Differenz zwischen den Abbildungen des Objektes auf den Retinae des linken und des rechten Auges, die als Querdisparation bezeichnet wird.

Es ist weitgehend eine Leistung des zentralen Sehsystems, die beiden unterschiedlichen "Einzelbilder" im Bereich des visuellen Kortex zu fusionieren und damit das Sehen von "Doppelbildern" zu vermeiden.

Voraussetzung für die Fusion ist, dass die Signale von korrespondierenden Netzhautstellen der beiden Augen kommen, d.h. von Stellen auf der Netzhaut, die temporal und nasal (von der Fovea centralis aus gesehen) den gleichen Raumwert besitzen.

Hinzu kommt die (anatomisch belegte) Konvergenz der Signale von korrespondierenden Netzhautstellen durch die retinalen Ganglienzellen und das Corpus geniculatum laterale (Kniekörper) zum visuellen Kortex.



Die Informationen, die von nicht korrespondierenden Netzhautstellen kommen, tragen (allerdings nur in einem physiologisch definierten Toleranzbereich, dem sogenannten Panum-Areal bzw. Panum-Fusionsareal) wesentlich zur Tiefenwahrnehmung bei. Das Panum-Areal kennzeichnet den Bereich vor und hinter dem sogenannten Horopter (s.u.), in dem "Einfachsehen" möglich ist, obwohl die Signale von nicht korrespondierenden Netzhautstellen der beiden Augen kommen (siehe Abbildung unten).

Zum Verständnis der Abbildung (s.u.) :

- F stellt den Fixationspunkt dar, der jeweils foveal, in f und f', abgebildet wird.
- A ist ein räumlich vom Fixationspunkt entfernter Punkt, der aber auf der sog. Horopterebene liegt und damit auf korrespondierenden Netzhautstellen (a und a') abgebildet wird.

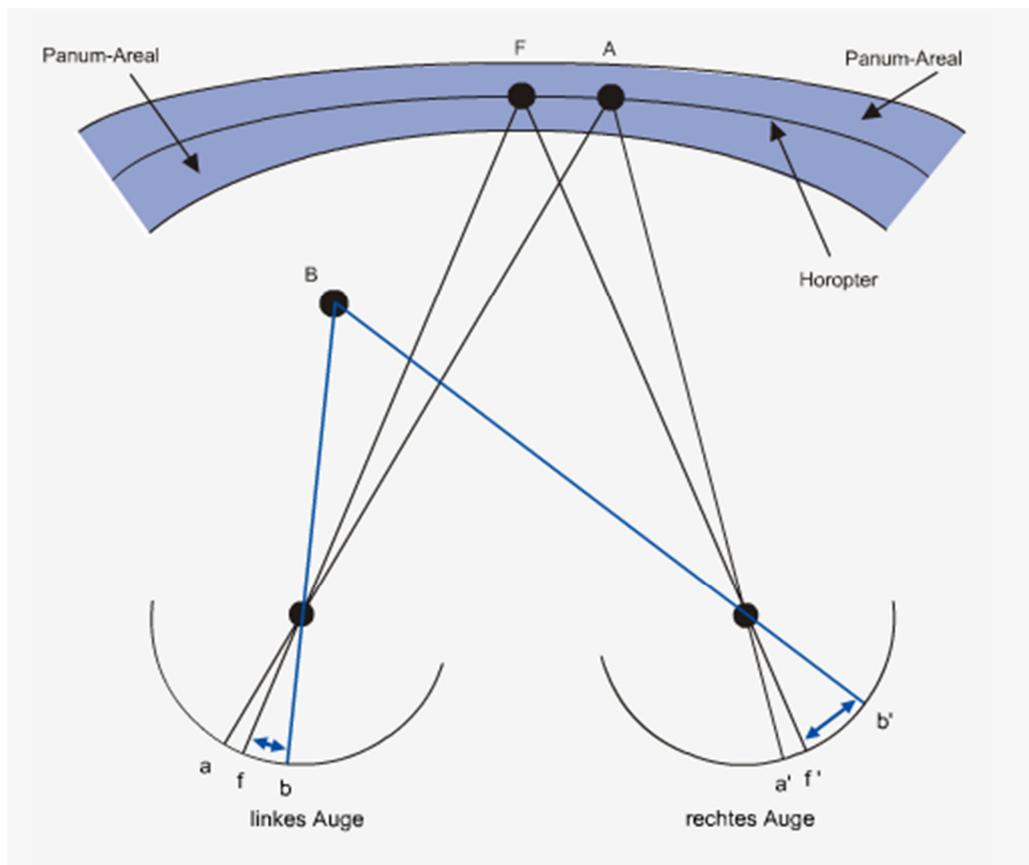


Abbildung 12:

Entstehung der Querdisparation

Zur Entstehung der Querdisparation

Der Horopter, eine geometrische Figur im Raum, verläuft durch den Fixationspunkt und die Knotenpunkte beider Augen. Sein Durchmesser ist abhängig von der Fixationsentfernung bzw. vom Akkommodationsgrad. Alle Punkte (Sehobjekte), die auf dem Horopter liegen, werden auf korrespondierenden Netzhautstellen abgebildet.

- B ist ein räumlich vom Fixationspunkt entfernter Punkt, der nicht auf der Horopterebene liegt und damit auf nicht korrespondierenden Netzhautstellen (b und b') abgebildet wird.

Das Panum-Areal - als "Toleranzbereich", in dem Bilder, die von nicht korrespondierenden Netzhautstellen kommen, noch als Einzelbilder wahrgenommen werden - ist blau dargestellt. Die Doppelpfeile kennzeichnen die jeweilige Querdisparation.

Die monokulare Sehschärfe ist besonders für die (räumliche) Begrenzung des Panum-Areals verantwortlich.

Die geringere Sehschärfe in der Netzhautperipherie wirkt der Entstehung von Doppelbildern entgegen. Der Durchmesser des Panum-Areals variiert in Abhängigkeit vom retinalen Abbildungsort, d.h., dass das Raumsehen zur Peripherie hin entsprechend verschlechtert ist.

Neben den Disparitätsanteilen werden zusätzlich Informationen z.B. aus Vergenzbewegungen und Akkommodationsvorgängen für die Tiefenwahrnehmung mitverrechnet.

Diese motorischen Anteile tragen u.a. zur Relativierung der Disparität der Abbildungen bei. Das heißt, es kommt nicht gleich zur Wahrnehmung von Doppelbildern, auch wenn das Sehobjekt nicht mehr auf genau korrespondierenden Netzhautstellen abgebildet wird.

Die Wahrnehmung von Doppelbildern wird ferner vermutlich durch einen binokularen Hemmechanismus im visuellen Kortex verhindert, auch dann, wenn sie aufgrund der Überschreitung des Panum-Areals im visuellen System produziert werden.

Dass bei starker Disparität der Einzelbilder Doppelbilder entstehen können, lässt sich eindrucksvoll zeigen, wenn man durch leichten seitlichen Fingerdruck auf den Bulbus eines Auges die Sehachsenstellung verschiebt und so eine deutliche Querdissipation erzeugt.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass bei der Messung des Tiefensehvermögens die Güte der refraktiven (auf die lichtbrechenden Medien bezogenen), sensorischen und motorischen Kooperation des Augenpaares sowie die Funktionsfähigkeit des gesamten nachgeschalteten Bildverarbeitungssystems überprüft wird.

In diesem Zusammenhang wird häufig auch von einer Mehrkanalität der Tiefenwahrnehmung gesprochen.

Mit zunehmender Entfernung kommt, aufgrund der Verringerung der Querdissipation, den sog. monokularen Tiefenkriterien, z.B. Bewegungsparallaxe, perspektivische Verkürzungen, Objekt- und Linienüberschneidungen, Konturenüberschneidungen, Verteilung von Licht und Schatten, scheinbare Gegenstandsgröße, Farbnuancen etc. situationsbedingt zunehmende Bedeutung zu. Für Entfernungen von mehr als ca. 6-10 m arbeitet das menschliche visuelle System im Prinzip einäugig.

Bei Störungen des beidäugigen Sehens und funktioneller oder faktischer Einäugigkeit kommt den monokularen Tiefenkriterien und der Bewegungsparallaxe (z.B. Verschiebung des Kopfes im Vergleich zum betrachteten Objekt) die wesentliche Bedeutung bei der Entstehung von Tiefeneindrücken zu.

Im Rahmen der Anpassung lernt der funktionell Einäugige aber häufig, die monokularen Tiefenkriterien effizienter zu nutzen als der binokular Sehende. Beim Konflikt zwischen binokularer und monokularer Tiefeninformation bevorzugt das Sehsystem die monokularen Informationen.

In Sportarten mit hohen Anforderungen an das Stereosehen (z.B. Tennis, Volleyball, alpiner Skilauf) sind Sportler mit deutlichen monokularen Visusminderungen sowie Einäugige klar benachteiligt. Sie sind in den genannten Sportarten - zumindest im Hochleistungsbereich - dementsprechend kaum vertreten.

Grundlagen der Farbwahrnehmung

Im modernen Sport spielt die Farbe und damit auch die Farbwahrnehmung eine wesentliche Rolle. Sportler und Zuschauer werden mit einem weitreichenden Farbenspektrum der Sportler-Kleidung, farbiger Spielflächen, farbig markierter Tribünen-Sitzflächen und leuchtfarbener Werbeflächen konfrontiert.

In den Mannschafts- und Sportspielen (Handball, Fußball etc.) ist es notwendig, auch anhand der Farbwahrnehmung zu entscheiden, ob ein Spieler im linken oder rechten Gesichtsfeld Mitspieler oder Gegenspieler ist.

Ein "rot-grün-blinder" Fußballspieler kann folglich seine Mitspieler mit roten Trikots nur schwer von Gegenspielern unterscheiden, die grüne Trikots tragen.

Aufgrund der unterschiedlichen Rahmenbedingungen in verschiedenen Sportarten ist die sportartspezifische Leistungsminderung durch Störungen in der Farbwahrnehmung nur individuell zu beurteilen.



In Sportarten, bei denen geringe Farbdifferenzen unterschieden werden müssen oder Zusatzinformationen zur erfolgreichen Durchführung der Sportart liefern, ist eine erfolgreiche Teilnahme "Farbuntüchtiger" im Hochleistungsbereich daher weniger wahrscheinlich.

So liefert z.B. die durch die unterschiedliche Schnittlänge der Grashalme entstehende Grünstufung zwischen "Rough" oder "Fairway" und "Green" im Golf Zusatzinformationen zur Tiefenwahrnehmung.

Als wichtige Rahmenbedingung - bezogen auf eine optimale visuelle Wahrnehmung im Sport - werden starke (Farb-)Kontraste zwischen Bällen, Böden (Bodenbelägen), Wänden und Toren gefordert.

Homogenität der Farben kann folglich auch leistungsmindernd oder verwirrend wirken: Exemplarisch sei hier auf die häufig fehlenden Kontraste z.B. zwischen den oft naturholzfarbenen Hindernissen und dem sandigen Boden beim Springreiten oder die fehlenden Farbkontraste zwischen dem weißen Ball und dem oft hellen Hintergrund (Tribünen etc.) im Baseball verwiesen.

Die Differenzierung von Farbtönen, Sättigung und Helligkeit ermöglicht für die Farbwahrnehmung eine Vervielfachung der Unterscheidungsmöglichkeiten. Der normale menschliche Farbensinn erlaubt unter optimalen Bedingungen die psychophysische Unterscheidung von über 200 Farbtönen, die die Bezeichnung der Farbe (z.B. Kirschtot) bestimmen.

Die Sättigung gibt an, inwieweit ein Farbton durch Beimischung von Graustufen zwischen Schwarz und Weiß (man unterscheidet ca. 20 Sättigungsstufen) "verdünnt" worden ist.

Je mehr Graustufen der Spektralfarbe beigemischt sind, desto geringer ist die Sättigung des Farbeindrucks.

Beide gemeinsam bestimmen die Farbart (z.B. blasses Olivgrün).

Unabhängig von der Farbe können ca. 500 Helligkeitsstufen unterschieden werden. Dem "achromatischen Sehen" (z.B. im skotopischen Bereich) stehen ausschließlich diese 500 Helligkeitsstufen zur Verfügung.

Aufgrund der multiplikativen Nutzung der drei Komponenten Farbton, Sättigung und Helligkeit können mehrere Millionen Farbvalenzen unterschieden werden.

Der normale Farbensinn kann aus den drei Komponenten Rot (Wellenlänge 700 nm), Grün (546 nm) und Blau bzw. Violett (435 nm) praktisch fast alle Farben durch geeignete Mischung, z.B. additive Farbmischung, herstellen (sog. trichromatisches System).

Dabei handelt es sich um einen neurophysiologischen Prozess, bei dem Licht verschiedener Wellenlängen, das auf dieselbe Stelle der Retina fällt, zu einem einheitlichen Farbeindruck verrechnet wird.

Farbsehen ist folglich erst durch die neuronale Verarbeitung der Wellenlängeninformationen (d.h. des rechnerischen Vergleichs der Erregung der drei Zapfentypen) möglich.

Farbpaare, die bei additiver Mischung den "Eindruck" Weiß ergeben, werden als Komplementärfarben bezeichnet.

Subtraktive Farbmischung

Eine Farblösung (z.B. eine Malerfarbe) absorbiert - wie ein Farbfilter - einen Anteil des weißen Tageslichtes und lässt einen anderen spektralen Anteil durchtreten/reflektieren.

Die nach dieser Subtraktion verbleibenden Wellenlängen bestimmen dann die gesehene Farbe.

Mit anderen Worten: Mischt man also z.B. Gelb und Blau im Farbkasten entsteht Grün, weil die blaue Farbe den langwelligen Anteil und die gelbe Farbe den kurzwelligen Anteil des weißen Lichtes absorbiert. Der übrigbleibende mittlere Wellenlängenbereich bestimmt den Farbeindruck Grün.

In einem weiten Bereich des sichtbaren Spektrums (ca. 380-780 nm) können Wellenlängenunterschiede von 1-2 nm (absolute Farbunterschiedsschwelle) noch auseinandergelassen werden.



Altersabhängigkeit der Farbwahrnehmung

Mit zunehmendem Alter verändert sich die Farbwahrnehmung. Sie ist zwischen 20 und 50 Jahren am besten und nimmt mit steigendem Alter aufgrund von Veränderungen der Linse, der Retina oder der Pupillengröße (oder einer Kombination dieser Einflussfaktoren) ab.

Farbpsychologische Wirkungen

Auf die psychologische Wirkung von Farben, die im Sport u.a. bei der Trikot- und Kleidungsauswahl eine wesentliche Rolle spielt, soll in diesem Rahmen nicht im Detail eingegangen werden. Exemplarisch sei hier z.B. auf Untersuchungen verwiesen, die den Einfluss schwarzer Kleidung (Schwarz als die "Farbe des Bösen und des Todes" in praktisch allen Kulturen) auf das aggressive Verhalten von Football- und Eishockey-Profimannschaften im Vergleich zu Mannschaften, die andersfarbige Trikots trugen, untersuchten.

Die Analyse der Penalty-Protokolle (die Anzahl der Penaltys gegen ein Team als Maß der Aggressivität) der nationalen Football- und Eishockey-Liga ergab, dass die Mannschaften, die schwarze Kleidung trugen, in beiden Sportarten bezogen auf die Penalty-Rate an der Spitze ihrer Liga rangierten. Der Wechsel von farbiger zu schwarzer Kleidung war jeweils vom unmittelbaren Anstieg der Penalty-Rate begleitet.

Die durch Laboruntersuchungen untermauerten Ergebnisse deuten darauf hin, dass soziale Wahrnehmung (z.B. die mögliche "Voreingenommenheit" der Schiedsrichter) und Selbstwahrnehmung (gesteigerte Aggressivität der Spieler) von Bedeutung sind (FRANK & GILOVICH 1988).

Auch das Aufmalen von schwarzen Streifen unter die Augen, das beim Baseball und beim American Football zu beobachten ist, kann - neben der Funktion als Reflexionsschutz bei Sonneneinstrahlung - als furcht- bzw. respekteinflößende Maßnahme gedeutet werden.

Interessant sind auch Studien, die bei College-Studenten signifikant höhere Kraftwerte (gemessen am Handdynamometer) feststellten, wenn diese vor und während der Kraftmessung eine rote Wand - im Vergleich zu einer bei einem weiteren Durchgang dargebotenen grünen Fläche - anvisierten (O'CONNEL et al. 1985).

Dies ist mit der Hypothese vereinbar, dass die "Erregungsqualität" der Farbe Rot (mehr als ihre "Angenehmheit" oder die Verknüpfung mit geschlechtsspezifischen Assoziationen) verantwortlich ist für die erzielten Kraftdifferenzen. Die Aktivierungs- bzw. Vigilanzsteigerung (Vigilanz = "Wachheit") beim Betrachten eines roten Reizes ist scheinbar größer als die bei einem grünen Reiz.

Augenverletzungen beim Sport und Verletzungsprophylaxe am Auge

Bei den - summarisch betrachtet - relativ seltenen Augenverletzungen beim Sporttreiben (ca. 1% aller Sportverletzungen) dominieren mit ca. 50-60% die stumpfen Traumen, also z.B. Prellungen, gefolgt von Fremdkörperverletzungen und selteneren Schnitt- bzw. Spießungsverletzungen, z.B. durch den Fingernagel eines Gegenspielers.

Häufig handelt es sich um Verletzungen, die durch Bälle (z.B. im Tennis oder Fußball), Schläger (z.B. beim Eishockey, Squash oder Tennis-Doppel) oder Hand- und Ellbogenstöße im Zweikampf (z.B. im Handball oder Fußball) verursacht werden.

Dementsprechend bergen Sportarten wie Squash, Badminton, Tennis, Eishockey, aber auch Wasserball, bei dem Schwimm- und Greifbewegungen oberhalb der Wasseroberfläche und damit in Augenhöhe durchgeführt werden, ein deutlich höheres Verletzungsrisiko als andere Sportarten. Kleine Bälle, z.B. Tennis- oder Squashbälle, die mit hoher Ballgeschwindigkeit oft aus relativ geringer Distanz geschlagen werden, führen häufiger zu Verletzungen als größere Bälle (z.B. Hand- oder Fußball).

Im Squash-Court kommen aufgrund der Raumeige häufiger Schlägerbewegungen in unmittelbarer Nähe zum Gegner hinzu. Beim Squash sollte daher aufgrund des besonderen Verletzungsrisikos unbedingt eine Schutzbrille verwendet werden.



Verletzungen am Auge durch Hohlbälle (z.B. Tennisball oder Fußball) verlaufen infolge eines Kompressions-Sog-Traumas mehrphasig mit meist erheblichen Schädigungen der Augenstrukturen.

In der Kompressionsphase (Aufprallphase), sind Augapfelverletzungen mit Lidverletzungen, intraokulären Blutungen sowie Einrissen der Zonulafasern und des M. sphincter pupillae zu erwarten, wobei sich der elastische, luftgefüllte Ball beim Aufprall auf dem knöchernen Rand der Augenhöhle deformiert.

Während der Rückprallphase (Sogphase) entsteht folglich eine Sogwirkung, die vor allem für Schäden im hinteren Augenabschnitt sowie Netzhautablösungen und Linsenluxationen verantwortlich ist.

Frakturen der knöchernen Augenhöhle werden in der Regel durch Schlägereinwirkung, Kopf-Kopf-Kontakte mit dem Mitspieler bzw. Gegner (z.B. beim Kopfballduell im Fußball), Hufe von Tieren (z.B. im Reitsport) o.ä. verursacht.

Infektionen des Auges finden sich am häufigsten beim Schwimmsport und Wasserball (chemisch-toxische Veränderungen durch Chlor und andere Wasserbestandteile, Pilzinfektionen, Herpes-Simplex-Infektionen).

Augenschutz und Verletzungsprophylaxe am Auge

Bei fehlsichtigen Sportlern gehören die optisch korrigierte Sportbrille bzw. die (Sport-)Kontaktlinsen, letztere bei Freiluftsportarten wie Skifahren oder Radfahren in Kombination mit einer Sportbrille, so selbstverständlich zur Ausrüstung wie Sportschuhe, Sportbekleidung oder Protektoren (z.B. beim Inline-Skaten).

Aber auch der Normalsichtige sollte z.B. beim Skaten, Skifahren, Radfahren etc. eine spezielle Sportbrille tragen, die die Augen vor Fahrtwind, Fremdkörpern (Fliegen, aufgewirbelte Steine etc.) und UV-Licht schützt.

Damit die Sportbrille bei einem möglichen Sturz nicht selber zur Verletzungsursache wird, muss sie bruchsicher, an kritischen Stellen abgepolstert und mit Sicherheitsglas bzw. Polykarbonat-Scheiben ausgestattet sein.

Vorhandene Alltagsbrillen sollten durch spezielle Sportbrillen mit unzerbrechlichem Rahmen und Gläsern oder durch Kontaktlinsen ersetzt werden.

Für Einäugige oder Sportler mit monokularen Fehlsichtigkeiten sollte eine Schutzbrille obligatorisch sein, um das verbliebene gesunde Auge zu schützen.



Das Ohr



Inhaltsverzeichnis

Das Ohr	3
Die Ohr-Anatomie	3
Das Außenohr	4
Die Ohrmuschel	4
Das Mittelohr	5
Die Gehörknöchelchen	6
Hammer	6
Amboss	6
Steigbügel	6
Eustachische Röhre.....	7
Das Innenohr (Labyrinth)	7
Gleichgewichtsorgan	7
Innenohr: Aufbau.....	10
Hörschnecke	11
So gelangt der Reiz vom Mittelohr zum Hörnerv	11

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anatomie des Ohres	4
Abbildung 2: Physiologie des Gleichgewichts	8
Abbildung 3: Schallübertragung Bausteine	12
Abbildung 4: Hören Lautstärke und Schädigung.....	13
Abbildung 5: Ohrmuschel des Aussenohrs	13
Abbildung 6: Akkupunktur Punkte am Ohr	14

Tabellenverzeichnis



Das Ohr

Die Funktionen des Ohres liegen im Hören, also in der Auditiven Wahrnehmung, sowie im Gleichgewichtssinn – ohne diese Funktionen könnte der Mensch keine Töne, Klänge und Geräusche wahrnehmen und ihm wäre ständig schwindelig.

Hör- und Gleichgewichtssystem



Das Ohr ist unser wichtigstes Sinnesorgan

wird aber
in der Regel
unterschätzt !

- Sprach- und Intelligenzentwicklung
- sprachliche Kommunikation
- Umgebungskontrolle
- Emotionssteuerung

**„Nicht sehen, trennt von den Dingen,
Nicht hören, trennt von den Menschen.“**

HELEN KELLER

© sven.koscielny@med.uni-jena.de

Die Ohr-Anatomie

Das Ohr wird in drei anatomische Bereiche untergliedert:

- das Außenohr (Auris externa)
- das Mittelohr (Auris media)
- das Innenohr (Auris interna)

Anatomie

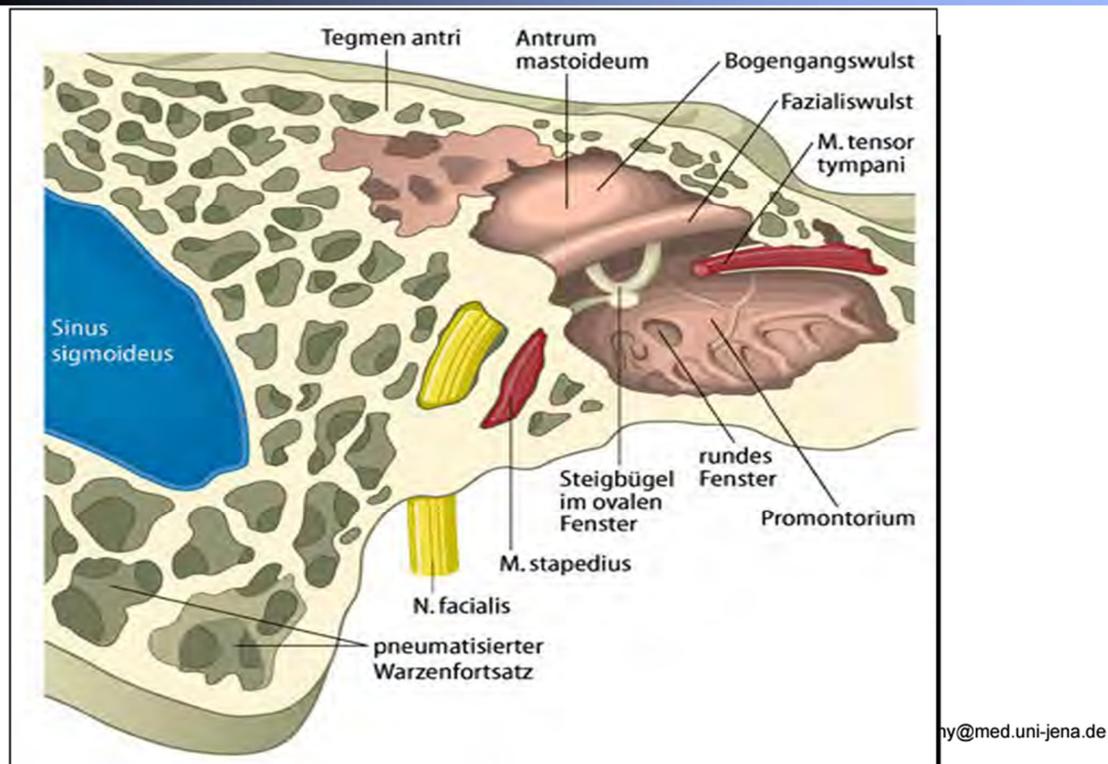


Abbildung 1: Anatomie des Ohres

Das Außenohr

Hierzu gehören die [Ohrmuschel](#) (Auricula auris), der äußere Gehörgang (Meatus acusticus externus) und das Trommelfell (Membrana tympani).

Die Ohrmuschel

Der äußere Gehörgang (Meatus acusticus externus) besteht aus einem knorpeligen Abschnitt am Anfang, der dann in einen knöchernen Abschnitt übergeht. Er ist insgesamt etwa drei bis dreieinhalb Zentimeter lang, einen halben Zentimeter breit und leicht gekrümmt. In der [Haut](#) des Gehörganges liegen Haarfollikel, Talg- und Schweißdrüsen. Letztere scheiden das Ohrenschmalz (Zerumen) aus. Dieses klebrige, gelbliche Sekret reinigt den Gehörgang und verhindert das Eindringen von Wasser, Staub und Schmutz.

Das Trommelfell (Membrana tympani) ist eine Membran, die den Gehörgang vom Mittelohr trennt. Es ist etwa 0,1 Millimeter dick und hat einen Durchmesser von neun bis elf Millimetern. Das Trommelfell ist

grauweiß, normalerweise durchsichtig und steht unter Spannung. Es ist nicht vollständig eben, denn das erste [Gehörknöchelchen](#), der Hammer (Malleus) auf der Seite des Mittelohres, ist mit der Mitte der Trommelfellmembran verwachsen und gibt ihm seine Form.

Das Mittelohr

Das **Mittelohr** liegt zwischen dem Außenohr und dem Innenohr und dient der Schallleitung. Es steht mit dem Nasen-Rachen-Raum über die Ohrtrumpete (Eustachische Röhre) in Verbindung und ist durch eine Membran, das Trommelfell, gegen den äußeren Gehörgang verschlossen. Im Mittelohr befinden sich in der Paukenhöhle die Gehörknöchelchen. Lesen Sie hier alles Wichtige über das Mittelohr! Das Mittelohr besteht aus einem System lufthaltiger Räume, die mit einer dünnen und gut durchbluteten Schleimhaut ausgekleidet sind: In der Mittelohrhöhle (Paukenhöhle, Cavitas tympanica oder Cavum tympani) liegen die [Gehörknöchelchen](#) Hammer, Amboss und Steigbügel. Die Höhle ist verbunden mit einigen luftgefüllten (pneumatischen) Nebenräumen (Cellulae mastoideae) und über die [Eustachische Röhre](#) (Ohrtrumpete, Tuba eustachii) mit dem [Rachen](#). Die Paukenhöhle (Mittelohrhöhle) ist ein etwa 10 bis 15 Millimeter hoher, nur etwa fünf Millimeter breiter, spaltförmiger Raum, der sechs Wände hat. Die seitliche Wand besteht fast nur aus dem Trommelfell, an dem der Kopf des Hammers befestigt ist. Die mediale, innere Wand trennt die Paukenhöhle vom [Innenohr](#). Hier befindet sich das ovale Fenster, das die Steigbügelplatte aufnimmt. Die gelenkig miteinander verbundenen Gehörknöchelchen liegen im oberen Bereich der Paukenhöhle. Die Paukenhöhle hat – ähnlich wie die Nasenhöhle – Nebenhöhlen. Diese Knochenräume sind ebenfalls mit Schleimhaut ausgekleidet und mit Luft gefüllt. Sie dienen als akustische Resonanzräume. Die wichtigsten dieser Nebenhöhlen sind die Hohlräume des Warzenfortsatzes (Cellulae mastoideae), die sich hinter dem [Ohr](#) befinden. Durch einen besonderen Hohlraum, den Vorhof (Antrum mastoideum), der etwa zehn Millimeter hoch ist, wird die Verbindung der Paukenhöhle über einen kurzen Kanal, der an der hinteren Wand der Paukenhöhle mündet, mit den Räumen des Warzenfortsatzes hergestellt. Die Eustachische Röhre Die Ohrtrumpete oder Eustachische Röhre verbindet die Paukenhöhle mit dem Nasen-Rachen-Raum Das Mittelohr hat die Funktion einer Schallbrücke: Es leitet die Schallwellen, die auf das Trommelfell auftreffen, an den eigentlichen sinneswahrnehmenden Abschnitt des Ohres weiter – die Hörschnecke (Cochlea). Das geschieht über die Gehörknöchelchenkette, die wie ein Hebelsystem fungiert: Die Schwingungen des großflächigen Trommelfells (große Schwingungsamplitude, geringe Kraft) werden über Hammer, Amboss und Steigbügel größtenteils verlustfrei auf das kleinflächige ovale Fenster übertragen. Das ovale Fenster ist eine zarte Membran, die das luftgefüllte Mittelohr vom flüssigkeitsgefüllten Innenohr trennt. Durch die Hebelwirkung der Gehörknöchelchen und der Größendifferenz zwischen Trommelfell und ovalem Fenster wird der Schall um das etwa 22-Fache verstärkt. Über das ovale Fenster wird der Schall an die Flüssigkeit des Innenohrs (Perilymphe) und weiter an die Hörsinneszellen geleitet.



Die Gehörknöchelchen

Alles Wichtige über die drei winzigen, beweglichen Knochen, die für die Schallübertragung wichtig sind (Hammer, Amboss und Steigbügel), erfahren Sie im Beitrag

Die **Gehörknöchelchen** sind drei winzige Knochen im Ohr, die als Hammer, Amboss und Steigbügel bezeichnet werden. Sie liegen in der Paukenhöhle im Mittelohr und sind gelenkig miteinander verbunden. So bilden sie die sogenannte Gehörknöchelchenkette, über die der Schall vom Trommelfell über das Mittelohr zum Innenohr geleitet wird. Die Gehörknöchelchen (Hammer, Amboss, Steigbügel) liegen im oberen Teil der Paukenhöhle und stellen die Verbindung vom Trommelfell zur Labyrinthwand der Paukenhöhle (der Grenze zum [Innenohr](#)) dar.

Hammer

Der Hammer ist das größte der drei Gehörknöchelchen. Er hat etwa die Form einer Keule. Mit seinem Handgriff ist er fest mit dem Trommelfell verbunden. Ein kleiner Knochenvorsprung wölbt das Trommelfell nach außen. Der Kopf ist abgerundet und steht mit dem Amboss in Verbindung.

Amboss

Der Amboss ist das mittlere der drei Gehörknöchelchen und hat etwa die Form eines Zahnes mit zwei Wurzeln. Er hat eine Gelenkfläche für den Hammer und am anderen Ende ein kleines ovales Köpfchen, das sich mit dem Köpfchen des Steigbügels verbindet.

Steigbügel

Der Steigbügel ist der einzige Knochen im [Ohr](#), dessen Name tatsächlich zu seinem Aussehen passt: Er besteht aus einem Köpfchen, zwei Schenkeln und einer Fußplatte. Das Köpfchen dieses Gehörknöchelchens bildet mit einer konkaven Knorpelplatte die Gelenkfläche für den Amboss. Die nierenförmige Fußplatte ist beweglich im ovalen Fenster fixiert.

Die Funktion der kleinen Knochen im Ohr besteht im Weiterleiten der Schwingungen, die durch den Schalldruck auf das Trommelfell einwirken - über die Kette der Gehörknöchelchen (Hammer, Amboss, Steigbügel) hin zum ovalen Fenster des Labyrinths (des Innenohrs).

Hammer und Amboss schwingen um eine Achse. Ohne großen Energieverlust geben sie die Schwingungen des Trommelfells an den Steigbügel weiter, der wie ein Stempel mit seiner Fußplatte über das ovale Fenster auf die Flüssigkeit im Labyrinth (Perilymphe) drückt und so den Schalldruck an sie weitergibt – die



Perilymphe wird so in Bewegung setzt. Bei dieser Schallübertragung findet eine Verstärkung um das 22-Fache statt.

Es gibt zwei Muskeln, die dafür sorgen, dass die Schallübertragung optimal verläuft. Der eine, der Spanner des Trommelfells, zieht den Griff des Hammers und damit das Trommelfell nach innen. Er kann so die Spannung des Trommelfells verändern, sie an die Lautstärke anpassen und damit das Innenohr vor Schäden schützen.

Der andere Muskel, Steigbügelmuskel genannt, setzt neben dem Kopf des Steigbügels an und zieht das Köpfchen nach hinten. Dadurch wird der vordere Teil der Steigbügelplatte aus dem ovalen Fenster herausgehoben, der hintere Teil hineingeschoben. Damit werden zu starke Bewegungen des Steigbügels abgebremst und damit das Innenohr geschützt.

Eustachische Röhre

Vom Mittelohr gibt es eine Verbindung zum [Rachen](#), die so genannte [Eustachische Röhre](#) (Tuba auditiva).

Das Innenohr (Labyrinth)

Hier liegen das eigentliche Hörorgan (Corti-Organ) sowie das [Gleichgewichtsorgan](#).

Gleichgewichtsorgan

Das Gleichgewichtsorgan (Vestibularapparat) liefert uns Informationen über Beschleunigungen in den drei Raumebenen (nach oben, nach unten, zur Seite) und über Linearbeschleunigungen (Zunahme oder Abnahme von Geschwindigkeiten). Dazu registrieren besondere Sinneszellen im Innenohr (Labyrinth/Ohr) Gleichgewichtsempfindungen. Lesen Sie alles Wichtige über das Gleichgewichtsorgan!

Das Gefühl für Gleichgewicht kommt zustande durch das Zusammenwirken des Gleichgewichtsorgans im [Innenohr](#) mit den Augen und der zentralen Verarbeitung der Informationen im [Gehirn](#).



Physiologie des Gleichgewichts

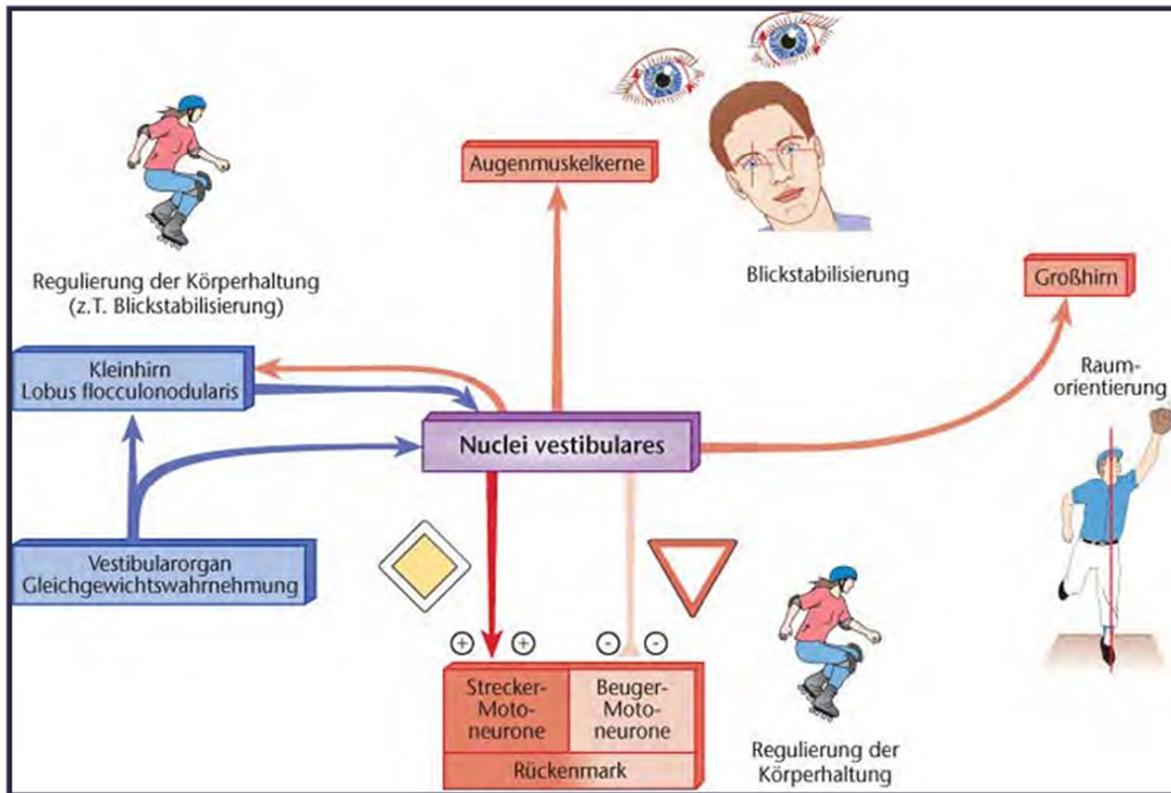


Abbildung 2: Physiologie des Gleichgewichts

Das Gleichgewichtsorgan (**Ohr**) besteht aus zwei verschiedenen Systemen:

- Das statische System spricht auf lineare Bewegungen und die Erdanziehung an.
- Das Bogengangssystem registriert rotatorische Bewegungen.

Beide Systeme liegen im Innenohr in der Felsenbeinpyramide, im häutigen Labyrinth, das mit Endolymphe gefüllt ist – einer Flüssigkeit, die in ihrer Zusammensetzung etwa der Flüssigkeit im Inneren einer Zelle entspricht.

Das Statische System des Gleichgewichtsorgans besteht aus zwei mit Endolymphe gefüllten Bläschen (Sacculus und Utriculus), die hinter dem ovalen Fenster im Innenohr liegen und miteinander verbunden sind. Beide haben in einem speziellen Bereich ein verdicktes Sinnesfeld mit Sinneszellen, das Maculaorgan. Die Macula des Utriculus liegt horizontal, die des Sacculus steht senkrecht. Die Härchen der Sinneszellen ragen in eine galertartige Membran, in die feine Kalkkristalle eingelagert sind – die sogenannten Ohrsteinchen (Otolithen).

Da die Kalkkristalle ein höheres spezifisches Gewicht als die Endolymphe haben, folgen sie der Schwerkraft und drücken, wenn wir aufrecht stehen und den Kopf gerade halten, auf die Sinneshärchen der Macula des Utriculus, die horizontal stehen. An den Sinneshärchen der Macula des Sacculus, die senkrecht stehen, ziehen sie. Dadurch entsteht die Empfindung einer aufrechten, regelrechten Körperlage – der Gleichgewichtssinn (Ohr).

Wenn die Lage des Kopfes sich ändert, ziehen die Kalkkristalle, die immer der Schwerkraft folgen, dann an der höher gelegenen Seite und drücken auf die tiefer gelegene – dadurch entsteht ein Gefühl von oben und unten. Der Vestibularapparat vermittelt auch ein Gefühl von Steigen und Fallen – zum Beispiel beim Lifffahren – weil bei der Fahrt nach oben das Maculaorgan des Utriculus stärker belastet wird und bei der Fahrt nach unten wieder entlastet wird.

Diese Zustandsänderungen werden an das Zentralnervensystem weitergeleitet, das dann als Reflex den Spannungszustand (Tonus) der Skelettmuskulatur in passender Weise korrigiert. Das Ziel ist immer die aufrechte Haltung des Körpers, die ein Fallen verhindern soll.

Die Bogengänge des Gleichgewichtsorgans sind eng mit dem Utriculus verbunden. Es handelt sich um drei in den drei Raumebenen liegenden und senkrecht aufeinander stehenden Bogengängen – einem horizontalen, einem frontalen und einem vertikalen. Jeder der drei Bogengänge bildet einen ringförmigen Schlauch, der dem Utriculus entspringt und auch wieder dorthin mündet. Das eine Ende von jedem Bogengang ist erweitert und in dieser Erweiterung steht quer zur Achse eine Leiste, die an der Oberfläche Stütz- und Sinneszellen trägt. Die Sinneszellen haben Härchen, die in eine galertartige Masse (Cupula) ragen.

Wenn sich die Cupula auch nur geringfügig bewegt, reagieren die Sinneszellen. Je nach Bewegung des Kopfes in der Ebene eines der drei Bogengänge bleibt die Endolymphe wegen ihrer Trägheit zunächst stehen und hält somit auch die Cupula fest. Der knöcherne Basisteil des Bogengangs wird aber weiter bewegt, wodurch die Sinneszellen mechanisch gereizt werden. Diese Reize werden in Erregungen der Nerven umgewandelt und an das Gehirn weitergeleitet. Um eine stabile Lage/Körperhaltung aufrecht zu erhalten, werden wieder die entsprechenden Muskelgruppen aktiviert oder deaktiviert.

Die Arbeit des Gleichgewichtsorgans – die dauernde Orientierung im dreidimensionalen Raum – ist sehr wichtig, um sich an veränderte Körperhaltungen schnell anpassen zu können. Durch das Zusammenwirken beider Systeme des Gleichgewichtsorgans (mit jeweils fünf Sinnesendstellen – den beiden Makulaorganen und den drei Bogengängen) können Lage und Bewegungen des Kopfes sehr genau bestimmt werden.

Die Sinneszellen im Gleichgewichtsorgan sind in einer dauerhaften Erregung, senden also auch im Ruhezustand Signale ans Gehirn, die bei Bewegungen entsprechend vermehrt oder gehemmt werden. Da der aufrechte Gang für den Menschen von Bedeutung ist, ist dieses System der raschen Information aus dem Gleichgewichtsorgan von großer Wichtigkeit.



Auditive Wahrnehmung

Als auditive Wahrnehmung (akustische Wahrnehmung) wird die Sinneswahrnehmung von Schall bezeichnet (Hören). Sie erfolgt über Sinneszellen, die durch Schwingungen (Schallwellen) aus der Umgebung angeregt werden. Das Gehör beziehungsweise der Hörsinn ist von zentraler Bedeutung für den Menschen und die Kommunikation. Der Begriff auditive Wahrnehmung beschreibt die Wahrnehmung von Schall – also von Tönen, Klängen und Geräuschen. Der Schall wird in Form von Schwingungen durch die umgebenden Medien (Luft oder Wasser), aber auch über Vibrationen des Untergrunds vermittelt. Das Gehör ist in der Lage, bis zu 20 Signale in der Sekunde als einzelne Töne wahrzunehmen. Bei einer größeren Anzahl verschwimmen die Töne ineinander und werden dann als ein einziger Ton und mit der tiefsten Frequenz gehört, die darin vorkommt. Die Schallaufnahme erfolgt zunächst über das Außenohr. Der Schall wird von der **Ohrmuschel** aufgefangen, in den äußeren Gehörgang geleitet und versetzt dann das Trommelfell in Schwingung. Durch den am Trommelfell fixierten Griff des ersten Gehörknöchelchens, des Hammers, werden die Schwingungen über die gesamte Gehörknöchelchenkette (Hammer, Amboss, Steigbügel) im **Mittelohr** weitergeleitet bis zum ovalen Fenster am Übergang zum flüssigkeitsgefüllten **Innenohr**. Die Schallwellen werden in der Flüssigkeit als Wanderwellen weitergeleitet, die von den Härchen der Sinneszellen registriert und in Nervenimpulse umgesetzt werden. Diese elektrischen Impulse werden über den Hörnerv ans **Gehirn** weitergegeben. Der zentralnervöse Anteil des auditiven Systems ist das Zentrum der akustischen Wahrnehmung. Über auf- und absteigende Nervenbahnen und zwischengeschaltete Kerngebiete („Hörkerne“) verläuft die Hörbahn. Die Sprachwahrnehmung geschieht über eine Auswertung der über den Hörnerv angekommenen Informationen in den Hörzentren des Gehirns – die eigentliche auditive Wahrnehmung. Um gesprochene Sprache und bestimmte Geräusche zu erkennen und zu unterscheiden, müssen in der Hörbahn mit den aufsteigenden Nervenbahnen bestimmte Schallcharakteristika erkannt werden: Anfang und Ende eines Schallreizes, Änderungen der Frequenz und vieles mehr. Ohne das Gehör kann selbständig keine Sprache erlernt werden, die Kommunikation ist dann erschwert. Deshalb muss bei Kindern mit einer gestörten auditiven Wahrnehmung frühzeitig eine passende Therapie eingeleitet werden.

Innenohr: Aufbau

In der Felsenbeinpyramide liegt ein komplexes Hohlraumsystem, das knöcherne Labyrinth (Hörschnecke). Es enthält eine Flüssigkeit (Perilymphe) genannt, die in ihrer Zusammensetzung dem **Liquor** (Gehirn-Rückenmark-Flüssigkeit) ähnelt. Außerdem befindet sich im knöchernen Labyrinth das häutige Labyrinth befindet – zarte Schläuche mit einer hauchdünnen Membran, die mit Endolymphe gefüllt sind. Diese ist reich an Eiweiß und **Kalium** und ähnelt in ihrer Zusammensetzung der Zellflüssigkeit.



Hörschnecke

Die knöcherne Hörschnecke (Cochlea), das eigentliche Hörorgan, liegt direkt hinter dem [Mittelohr](#); sie ist durch zwei Membranen (ovales und rundes Fenster) vom Mittelohr getrennt. Im ovalen Fenster ist die Fußplatte des kleinsten Gehörknöchelchens, des Steigbügels, beweglich verankert. Dadurch werden die Schwingungen, die über die Gehörknöchelchenkette weiter geleitet werden, auf die Flüssigkeit in der Schnecke übertragen.

Die Schnecke ist ein Gang, der sich zweieinhalb Mal um seine knöcherne Achse (Modiolus) windet. Er ist in seiner ganzen Länge in drei Schläuche unterteilt: In der Mitte liegt der Schneckengang (Ductus cochlearis), gefüllt mit Endolymphe. Darunter befindet sich die Paukentreppe (Scala tympani) und darüber die Vorhoftreppe (Scala vestibuli) – beide mit Perilymphe gefüllt.

Schneckengang und Paukentreppe sind durch die Basilarmembran voneinander getrennt, auf der sich das eigentliche Hörorgan befindet – das Corti-Organ, bestehend aus rund 25.000 Sinneszellen beziehungsweise Haarzellen.

So gelangt der Reiz vom Mittelohr zum Hörnerv

Die Schwingungen des Steigbügels im Mittelohr lösen Schwingungen der Membranen des Innenohrs aus, die sich wellenförmig (Wanderwelle) über die Basilarmembran zur Spitze der Hörschnecke hin bewegen. Für jede Frequenz gibt es in der Schnecke einen bestimmten Punkt, an dem die Wanderwelle ihren höchsten Ausschlag hat.

Im Bereich des Maximums der Wanderwelle werden die äußeren Haarzellen am stärksten abgebogen, wodurch hier Rezeptorpotentiale entstehen, welche die Wanderwelle verstärken. Darauf folgt eine Erregung der inneren Haarzellen, was wiederum zu Rezeptorpotentialen führt, die an den inneren Haarzellen eine Transmitterausschüttung auslösen, die letztlich den Hörnerv erregt. Er leitet die eingelangte Information an das [Gehirn](#) weiter.



Schallübertragung

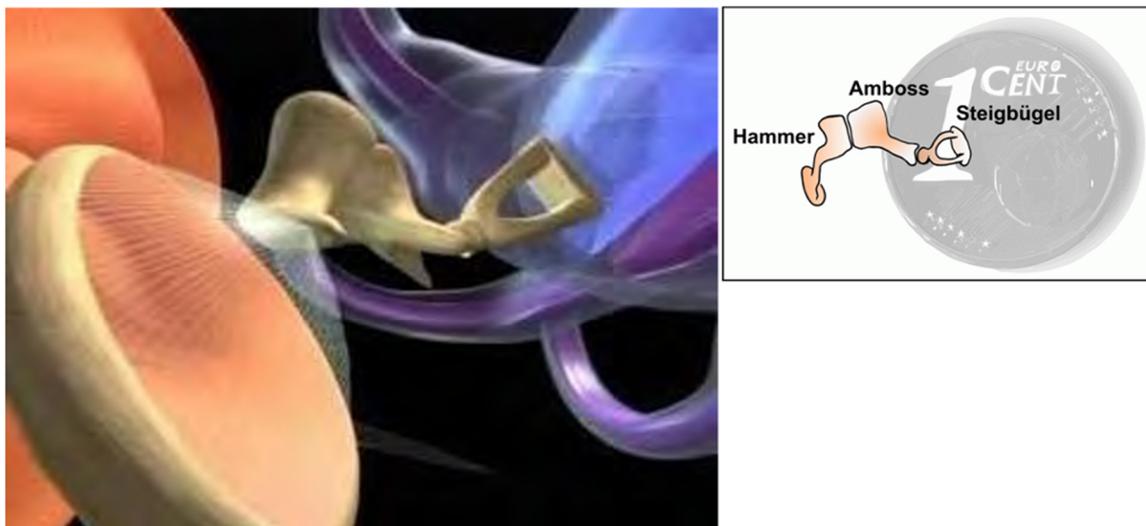


Abbildung 3: Schallübertragung Bausteine

Hören

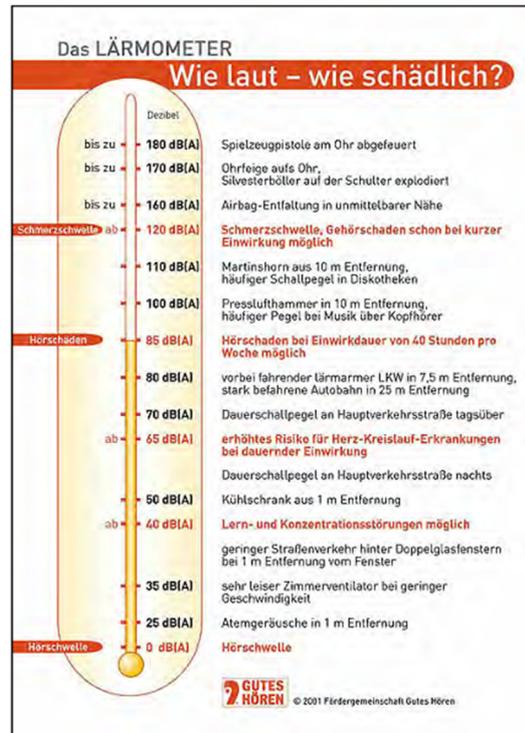
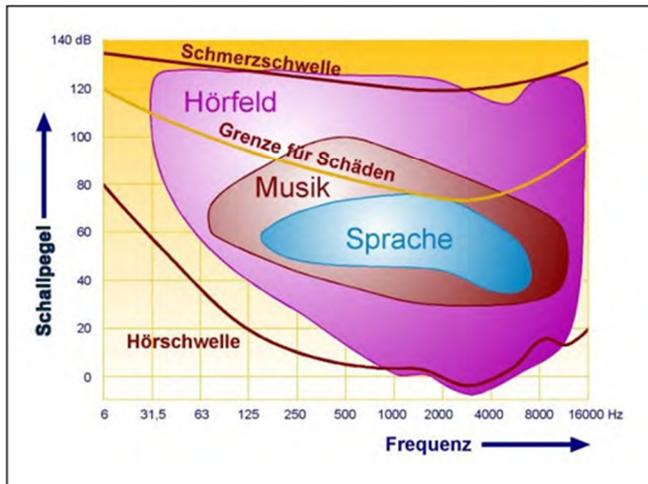


Abbildung 4: Hören Lautstärke und Schädigung

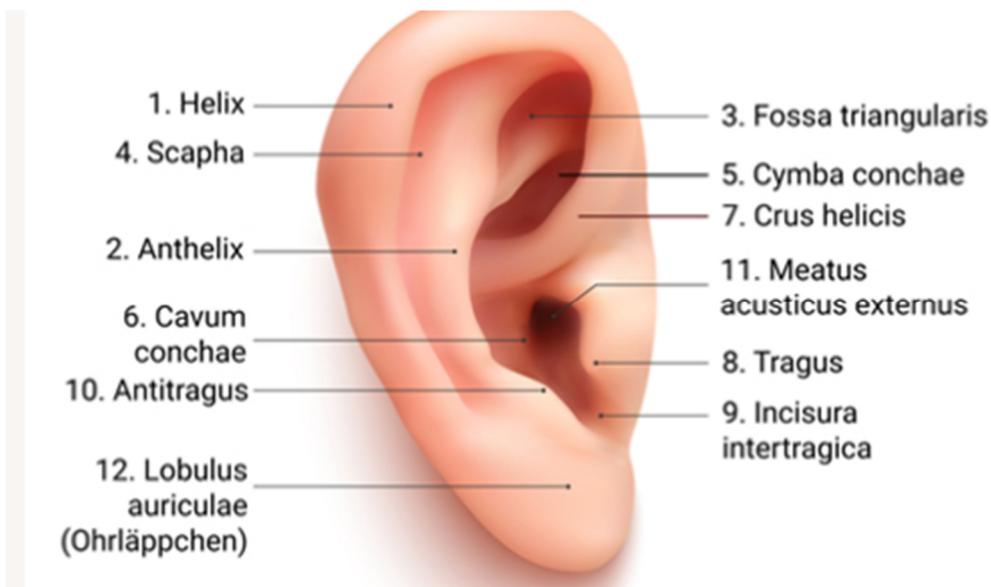


Abbildung 5:

Ohrmuschel des Aussenohrs



Der Mund und die Zunge



Inhaltsverzeichnis

Der Mund und die Zunge	3
Der Mund	3
Stimmbildung und Mimik	4
Die Zunge	5
Rücken, Spitze, Wurzel – der Zungenaufbau	5
Einmalig im Körper: dreidimensionale Muskelfasern.....	7
Aufgaben der Zunge.....	8
Der Geschmackssinn: die Mischung macht's.....	11
Tatort Zunge: vom Stoff zum Geschmack.....	13

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zunge und Lage von Papille und Knospe.....	6
Abbildung 2: Geschmacksknospe im Detail.....	9
Abbildung 3: Lage der Geschmäcker.....	13

Tabellenverzeichnis

Der Mund

Der Mund ist das Eingangstor für alles Ess- und Trinkbare. Er ist der oberste Teil des Verdauungstrakts, in dem bereits die chemische Verdauung eingeleitet wird. Mit Hilfe der Zähne und der Zunge wird die



zugeführte Nahrung zerkleinert und mit Speichel zu einem gleitfähigen Brei vermischt, der dann durch den Schluckvorgang in den Rachen und weiter in die Speiseröhre befördert wird. Zudem ist der Mund für die Stimmerzeugung, die Atmung und den Ausdruck von Emotionen (Mimik) wichtig.

Der Mund (lat.: Os) ist die obere Öffnung des Verdauungstrakts, in dem die Nahrung zerteilt und zu einem gleit- und schluckfähigen Brei verarbeitet wird. Er ist auch an der Stimmbildung, Mimik und Atmung beteiligt.

Die Mundhöhle (Cavitas oris) reicht von der Mundspalte (die von den Lippen umschlossen wird) bis zur Schlundenge (dem Ausgang zum **Rachen**). Der Gaumen bildet das Dach der Mundhöhle, der Mundboden ihren unteren Abschluss. Die Wangen stellen die seitlichen Begrenzungen dar. Im Inneren der Mundhöhle liegen die beiden Zahnreihen und die Zunge. Der spaltförmige Raum zwischen den Lippen und den geschlossenen Zahnreihen wird Mundhöhlenvorhof genannt. Der **Rachen** (Pharynx) ist die Verbindung zwischen Mund, Nase, Ohr, Speise- und Luftröhre: Er verbindet den Nasenraum über den Kehlkopf mit der Luftröhre und den Mundraum mit der Speiseröhre. Die Ohrtrompeten führen vom Rachen zum Mittelohr und sind wichtig für den Druckausgleich. Nicht zuletzt befindet sich im Rachen eine wichtige Station der Immunabwehr. Der Rachen hat zum einen die Funktion, mit der Schlundmuskulatur, welche die Rückwand und die Seitenwände bildet, das Schlucken zu ermöglichen. Durch Verkürzen und Heben des Rachens wird der Kehldeckel über den **Kehlkopf** gesenkt und somit sichergestellt, dass Nahrung beim Schlucken nicht in die Luftröhre, sondern in die Speiseröhre gelangt.

Zum anderen ist der Rachen wichtig für die lokale Immunabwehr. Die Rachenmandeln (Tonsilla pharyngea), die Gaumenmandeln (Tonsilla palatina) und die Seitenstränge bilden zusammen den lymphatischen Rachenring (Waldeyerscher Rachenring), dessen Entwicklung bereits im 3. bis 4. Embryonalmonat beginnt. Er erkennt eingedrungene Keime und alarmiert das systemische Immunsystem, damit sie unschädlich gemacht werden können.

Des Weiteren werden der Rachen, die Mundhöhle und die Nasenhöhle für die Lautbildung benötigt, zur Artikulation und als Resonanzraum. Der Rachen (Pharynx) ist ein mit Schleimhaut ausgekleideter 12 bis 15 cm langer Muskelschlauch. Er wird in drei untereinander liegende Abschnitte unterteilt. Von oben nach unten sind die Nasen-, Mund- und Kehlkopfrachen:

In den Nasenrachen (Nasopharynx oder Epipharynx) münden die Öffnungen der Nasenhaupthöhle (Choanen) und der beiden Ohrtrompeten (Tuba auditiva oder Eustachische Röhre). Die Ohrtrompeten stellen die Verbindung zum Mittelohr her und sind für den Druckausgleich von Bedeutung. Im Epipharynx befinden sich die Rachenmandeln, die für die lokale Immunabwehr wichtig sind. In den seitlichen Wänden liegen die Seitenstränge, ein mandelartiges Lymphgewebe.

Der Mundrachen (Oropharynx oder Mesopharynx) reicht vom Zäpfchen (Uvula) bis zum Kehldeckel (Epiglottis). Durch eine weite Öffnung (Isthmus faucium) ist er mit der Mundhöhle verbunden. Seitlich im Mesopharynx liegen zwischen den Gaumenbögen die Gaumenmandeln, die man bei weit geöffnetem Mund sehen kann.



Der Kehlkopfrachen (Laryngopharynx, Hypopharynx oder Schlund) reicht vom Zungengrund bis zur Speiseröhre. Hier besteht eine offene Verbindung vom Kehlkopfeingang zur Speiseröhre, die beim Schluckvorgang durch den Kehldeckel verschlossen wird, damit man sich nicht „verschluckt“.

Der Mund hat die Aufgabe, zusammen mit den Lippen die Nahrung aufzunehmen. Die Zähne im Zusammenwirken mit der Kaumuskulatur sorgen für das Abbeißen und die Zerkleinerung der aufgenommenen Nahrung. Dabei haben die Schneide- und Eckzähne die Aufgabe, das Essen zu zerteilen, die Backenzähne die Aufgabe, es zu zermahlen und mit dem Speichel (Saliva) zu einem Brei zu vermischen. Die muskulöse Zunge unterstützt den Vorgang.

Durch Enzyme, die im Speichel enthalten sind (wie die Amylase), beginnt bereits während des Kauens die chemische Verdauung der Kohlenhydrate. Millionen von Mikroorganismen, die im Speichel enthalten sind (Mundflora), beteiligen sich zusammen mit Keimen in den Zahnzwischenräumen, auf der Zunge und auf der Schleimhaut an der Verdauung. Die Geschmacksknospen, die vor allem auf der Zunge verteilt sind, nehmen den Geschmack der Nahrung wahr, sobald sie in Kontakt mit den im Speichel gelösten Geschmacksstoffen der Speisen gelangen.

Der Speichel wird von verschiedenen Speicheldrüsen produziert, vor allem von den paarigen Ohrspeicheldrüsen, Unterkieferspeicheldrüsen und Unterzungspeicheldrüsen. Die Abgabe des Speichels erfolgt teilweise kontinuierlich, teilweise reflektorisch – so können zum Beispiel der Geruch von Speisen, Kaubewegungen und Berührungsreize bei der Zahnarztvisite bewirken, dass vermehrt Speichel sezerniert wird.

Der Speichel hat neben der Verdauung noch weitere Aufgaben. Zum Beispiel schützt er die Mundschleimhaut vor dem Austrocknen. Er ist außerdem antibakteriell. Nicht zuletzt sorgt der Speichel mit verschiedenen Inhaltsstoffen (wie Bikarbonat) dafür, dass der vorherrschende Säuregehalt (pH-Wert) annähernd im neutralen Bereich bleibt. Das ist sehr wichtig: Ist das Milieu nämlich über längere Zeit zu basisch, bildet sich schneller Zahnstein. Ist es längere Zeit zu sauer, wird der Zahnschmelz dünner.

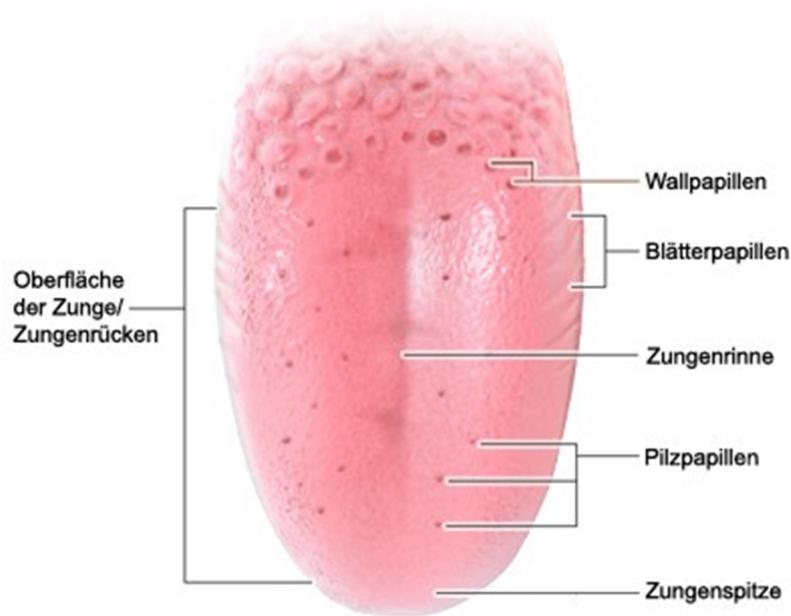
Stimmbildung und Mimik

Eine weitere wichtige Aufgabe des Mundes ist die als Resonanzorgan, das an der Stimmbildung beteiligt ist. Durch die starke Verformbarkeit des Gaumens, der Zunge und der Lippen kann Sprache artikuliert, können Töne verändert werden.

Die mimische Muskulatur rund um den Mund kann zusammen mit den Lippen Gefühle ausdrücken. Sie ist aber auch lebenswichtig für den Säugling, der seine Lippen luftdicht um die mütterliche Brustwarze oder den Sauger der Milchflasche schließen muss, um den für das Saugen nötigen Unterdruck in der Mundhöhle erzeugen zu können.



Die Zunge



Aufbau der Zunge

Die Zunge ist ein extrem beweglicher Muskel, der gut durchblutet und mit vielen Nerven versorgt ist. Auf dem länglichen Muskelpaket befindet sich eine straffe Bindegewebsplatte, darüber bildet eine besondere Schleimhaut die Oberfläche der Zunge. An ihrer Wurzel ist die Zunge fest mit dem Mundboden verwachsen. Ansonsten ist sie frei beweglich. An der Unterseite hält das Zungenbändchen die Zunge am Mundboden fest. Bei geschlossenem Mund füllt sie die Mundhöhle fast vollständig aus. Außerdem ist die Zunge mit einigen Muskelsträngen im Rachen regelrecht „aufgehängt“: Über das Zungenbein im oberen Teil des Halses ist sie über Muskeln und Bänder mit dem Kehlkopf verbunden; über das Zungenbändchen mit dem Unterkiefer. Bestimmte Muskelstränge stellen sogar die Verbindung zur Schädelbasis her.

Rücken, Spitze, Wurzel – der Zungenaufbau

Die Zunge wird in verschiedene Abschnitte unterteilt:

- Zungenspitze und -ränder: gehören zum beweglichen Teil der Zunge. Sie sind extrem beweglich und können komplexe Aktionen ausführen. Zungenrücken: Als Zungenrücken wird die Oberseite der Zunge bezeichnet. Hier befinden sich zahlreiche Sinneszellen für den Geschmacks- und Tastsinn.
- Zungenwurzel: Die Zungenwurzel ist der unbewegliche Teil der Zunge, der mit dem Mundboden verbunden ist. Er wird auch als Zungengrund bezeichnet und ist mit bloßem Auge nicht sichtbar.

Rau oder samtig: die Oberfläche der Zunge

Betrachtet man die eigene Zunge im Spiegel, ist die Oberfläche meist matt, leicht weißlich verfärbt und samtig. Der Zungenrücken ist etwas gewölbt, in der Mitte sinkt er zur Zungenrinne ein.

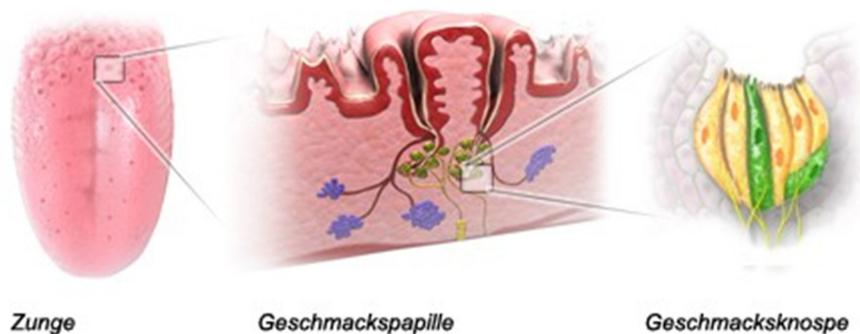
Die raue Oberfläche der Zunge wird durch eine Besonderheit der Schleimhaut hervorgerufen: Sogenannte Zungenwärtchen oder Papillen bilden zahlreiche kleine Erhebungen. Sie entstehen durch Vorwölbung von Zellen oder Zellgruppen der darunter liegenden Schichten. Diese Wärtchen haben verschiedene Aufgaben:

Mechanische Papillen

Diese Papillen sorgen dafür, dass die Schleimhaut fest mit der Zunge verankert ist. Die Zungenwärtchen dienen gleichzeitig der Tastempfindung, damit man die Form und Festigkeit der aufgenommenen Lebensmittel beurteilen kann.

Geschmackspapillen

Ihre wichtigste Aufgabe: Die Geschmackspapillen vergrößern die Oberfläche der Zunge um ein Vielfaches. Denn zum Schmecken der Speisen sollen möglichst viele Sinneszellen, die in den Geschmackspapillen eingebettet sind, Geschmacksstoffe wahrnehmen.



und Lage von Papille und Knospe

Abbildung 1: Zunge

In den Vertiefungen zwischen den Zungenwärtchen können sich vor allem im hinteren Drittel der Zunge

Speichel und Speisereste einlagern und die Bildung von Fäulnisbakterien begünstigen. Dabei bildet sich ein weißlicher Belag auf der Zunge, der auch für Mundgeruch verantwortlich ist. Die Bakterien ernähren sich vor allem von Resten eiweißreicher Nahrung wie Fisch, Käse oder Milch.

Unter der Zunge: immer zur Aufnahme bereit

Streckt man die Zungenspitze nach oben, sieht man die glänzende Zungenunterseite: Am stärksten fällt das Zungenbändchen in der Mitte auf und beiderseits vom Bändchen je eine durch die Schleimhaut bläulich schimmernde Vene. Am Übergang zum Mundboden liegen rechts und links vom Zungenbändchen die Ausführungsgänge der beiden Unterkieferspeicheldrüsen.

Die Mundschleimhaut ist begrenzt zur Aufnahme von Stoffen fähig – etwa von Arzneimitteln, die schnell wirken sollen. Dabei wird die Tablette, Flüssigkeit oder das Spray unter die Zunge gegeben, soll aber nicht geschluckt werden. Diese Form der Medikamenteneinnahme wird als sublingual bezeichnet (von „lingua“, lateinisch: Zunge, Sprache). Ein Beispiel ist das Nitrospray bei anfallsartigen Brustschmerzen durch verminderte Durchblutung der Herzkranzgefäße. Das Spray wirkt sehr schnell, weil es direkt in den Blutkreislauf gelangt. Über Magen und Darm würde es erst in die Leber gelangen und dort erst teilweise abgebaut und umgewandelt werden.

Einmalig im Körper: dreidimensionale Muskelfasern

Die Zunge ist ein wahres Bewegungstalent. Dafür sorgt die Anordnung der Muskelfasern, die im Körper einmalig ist. Die Muskelfasern sind in allen drei Richtungen angeordnet: von vorne nach hinten, vom Rand zur Mitte und von oben nach unten. Dadurch sind folgende Bewegungen möglich:

- Verlängern und verkürzen: Die Zunge ist der einzige Muskel im Körper, den man nicht nur verkürzen, sondern auch aktiv verlängern kann. Wenn sich die senkrechten und waagerechten Fasern gleichzeitig zusammenziehen, wird sie schmaler und länger: Man kann die Zunge herausstrecken.
- Heben und senken
- Zurückbiegen
- Vorschieben und zurückziehen
- Sich runden oder vertiefen
- Rillen bilden



· Die Lage verändern: Zusätzlich sorgen weitere Muskeln dafür, dass die Zunge ihre Lage verändern kann: Sie ziehen von vorne (vom Unterkiefer), von hinten-unten (vom Zungenbein aus) und von hinten-oben (von der Schädelbasis) in die Zunge hinein.

Aufgaben der Zunge

Essen und Trinken

Durch ihre enorme Beweglichkeit steht die Zunge vor allem im Dienste der Nahrungsaufnahme: sie sorgt für die Fähigkeit zu saugen, formt aus fester Nahrung einen schluckbaren Brei und leitet die Schluckbewegung ein. Schließlich können wir mit der Zunge viele Geschmäcke und Aromen unterscheiden und damit beurteilen, ob die Nahrung bekömmlich ist.

Saugen

Vor allem für Säuglinge ist die Zunge lebenswichtig. Sie funktioniert wie ein Kolben, die Mundhöhle wie ein Zylinder: Die Zunge zieht sich bei geschlossenem Mund zurück und erzeugt dadurch einen Unterdruck, mit dem die Flüssigkeit angesaugt und getrunken werden kann.

Beißen, mahlen, pressen, speicheln

Die Zunge schiebt die Nahrung beim Kauen zusammen mit den Wangen immer wieder zwischen die Zähne, damit sie gut zerkleinert wird. Zerkleinerte Speisen presst sie an den Gaumen und befördert den fertigen Bissen zum Rachen. Die Bewegungen der Zunge massieren gleichzeitig kleine Drüsen direkt unter der Zunge und pressen Speichel aus. Dadurch wird die Vorverdauung eingeleitet und der Bissen gleitet besser durch die Speiseröhre.

Schlucken

Die Zunge drückt den Bissen in den Rachen und leitet damit das Schlucken ein.

Geschmack

Um das, was wir essen und trinken zu überprüfen, enthält die Zungenschleimhaut sehr viele Geschmacksrezeptoren. Sie befinden sich in sogenannten Geschmacksknospen, in denen die Sinneszellen wie Orangenschnitze um einen flüssigkeitsgefüllten Trichter angeordnet sind. Dort werden die chemischen Stoffe, die den Geschmack ausmachen, angespült und von den Sinneszellen erkannt.

Der Geschmackssinn war früher überlebenswichtig, da nur dadurch die Nahrung geprüft und giftige und verdorbene Speisen von genießbaren Lebensmitteln unterschieden werden können. Bei vielen Geschmacksreizen werden automatisch auch mehr Speichel und Magensäure gebildet, um die Verdauung einzuleiten.



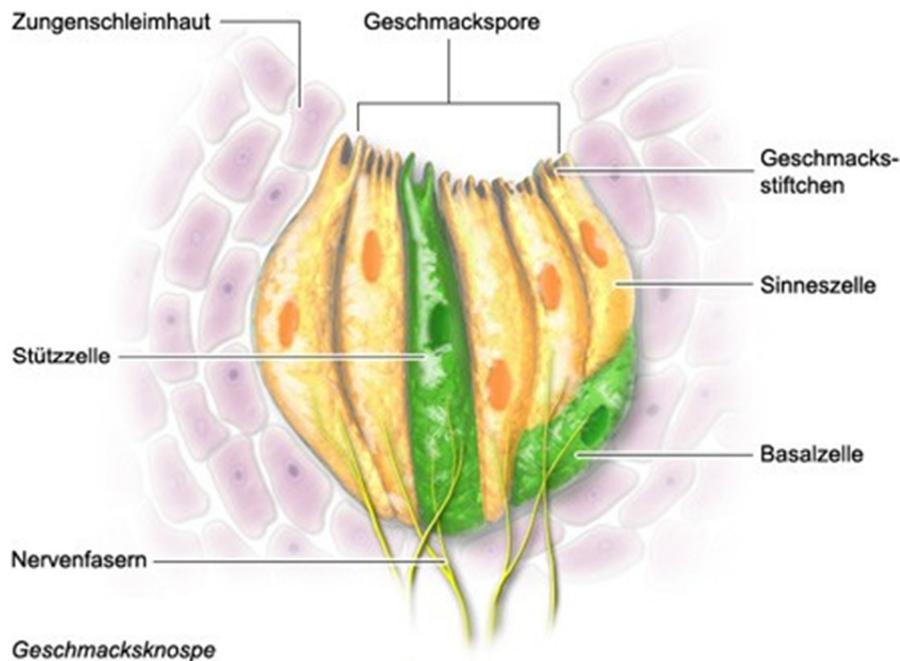


Abbildung 2:

Geschmacksknospe im Detail

Tasten

Die Zungenspitze ist der berührungsempfindlichste Teil des menschlichen Körpers. Der feine Tastsinn der Zunge hat vor allem zwei Aufgaben: Zum einen soll die Nahrung nach ihren mechanischen Eigenschaften geprüft werden. Durch die hohe Empfindlichkeit werden dann beispielsweise kleine Steinchen, Knochensplitter oder Fischgräten als viel größer empfunden als sie wirklich sind. Dieser „Lupeneffekt“ der Zunge hat Schutzfunktion. Zum anderen sucht die Zunge nach dem ersten Bissen automatisch den gesamten Mundraum nach verbliebenen Essensresten ab.

Sprechen

Beim Menschen wird der Bewegungsreichtum der Zunge auch für das Sprechen genutzt. Erst durch das Zusammenspiel von Zunge, Lippen und Zähnen werden die Töne aus der Kehle zu deutlichen Buchstaben und Wörtern. Dabei ist die Zunge extrem geschickt und schnell: Sie kann mehr als 90 Wörter pro Minute hervorbringen. Dazu sind mehr als 20 verschiedene Zungenbewegungen nötig. So ist die Zunge wesentlich für die Lautbildung bei den Konsonanten „t“, „d“, „l“ oder beim gerollten „r“. Bei der Aussprache des Buchstabens „k“ ist sie etwa nach hinten verengt. Bei einem „s“ zieht sich die Zungenspitze zurück. Bleibt diese dagegen zwischen den Zahnreihen, entsteht zum Beispiel das typische Lispeln.

Dass die Zunge beim Sprechen wesentlich ist, zeigt die Fähigkeit von Papageien, die menschliche Sprache zu imitieren: Sie verfügen zwar nur über ein sehr einfaches Stimmorgan mit weniger Muskelgruppen als Menschen. Dafür aber über eine außergewöhnlich dicke Zunge. Mit ihrer Hilfe formen sie viele Laute der menschlichen Sprache, indem sie ebenfalls die Zungenspitze an bestimmte Artikulationsstellen im Mund führen und so Worte des Menschen in begrenztem Maße täuschend ähnlich nachplappern können.

Abwehr

Die Gesamtheit aller Abwehrzellen auf der Zunge wird als Zungenmandel (Tonsilla lingualis) bezeichnet. Sie befindet sich hinten am Zungengrund und ist Teil des sogenannten lymphatischen Rachenrings: Zusammen mit den anderen drei Mandeln – den zwei Gaumen- und einer Rachenmandel – ist sie für die Körperabwehr von Erregern zuständig, die über den Mund in den Körper gelangen können.

Wie funktioniert der Geschmackssinn?

Eine „bittere Miene machen“, „sauer aufstoßen“ oder „das süße Nichtstun“ – mit Geschmacksbeschreibungen sind meist starke Gefühle verbunden. Sie sind ein sprachlicher Ausdruck eines Zustands ausgeprägter Lust – oder eben Unlust. Diese starke Verknüpfung von Geschmack mit Gefühl und Antrieb hat mit unserer Entwicklungsgeschichte zu tun.

Der Geschmack war früher ein Nah-Sinn, der dazu diente, die aufgenommene Nahrung zu kontrollieren und war damit überlebenswichtig. Ein bitterer oder saurer Geschmack deutete auf giftige ungenießbare Pflanzen oder verdorbene eiweißhaltige Nahrung hin. Dagegen sind die Geschmacksqualitäten süß und salzig oft ein Hinweis auf nährstoffreiche Lebensmittel.

Süß, sauer, salzig, bitter – und herzhaft-würzig

Auch herzhafte Speisen, die ähnlich einer Fleischbrühe schmecken, verbinden die meisten von uns mit angenehmen Gefühlen. Sie verweisen auf eine eiweißreiche Kost. Diese Geschmacksrichtung ist mittlerweile als fünfte Grundqualität neben den vier bekannten Qualitäten süß, sauer, bitter und salzig anerkannt. Dass es eigene Sinneszellen für diesen fünften Geschmackssinn gibt, wurde von einem japanischen Forscher um 1910 entdeckt. Daher auch die geläufige japanische Bezeichnung „umami“ für herzhaft-würzig.

Geschmack, Geruch und Aroma

Der Eindruck, den man allgemein unter „Geschmack“ versteht, ist im Grunde ein Paket aus Sinneseindrücken: Nicht nur die Geschmacksqualitäten, die von der Zunge wahrgenommen werden,



sondern auch der Geruch, die Beschaffenheit und die Temperatur einer Speise spielen eine Rolle. Die „Färbung“ des Geschmacks erfolgt über die Nase, erst zusammen mit dem Geruch entsteht das Aroma eines Lebensmittels. Ist der Geruchssinn gestört wie etwa bei einem Schnupfen, ist meist auch die Geschmackswahrnehmung beeinträchtigt.

Wie der Geschmack ist auch der Geruchssinn eng mit Gefühlen verbunden. Der Grund: Beide Sinne sind an das unwillkürliche Nervensystem gekoppelt. So kann ein schlechter Geschmack oder Geruch Erbrechen und Übelkeit hervorrufen. Als appetitlich empfundene Aromen regen hingegen die Bildung von Speichel und Magensäften an. Es läuft einem sprichwörtlich das Wasser im Mund zusammen.

Der Geschmackssinn: die Mischung macht's

Ausgehend von den Informationen, die von der Zunge an das Gehirn weitergegeben werden, geht man also von mindestens fünf Grundqualitäten für Geschmack aus. Viele Gerichte setzen sich allerdings aus einer Mischung verschiedener Geschmacksrichtung zusammen. So schmecken einige Speisen süß-sauer, andere salzig und herzhaft. Die Grundqualitäten für Geschmack sind:

Süß

Dass wir etwas als süß wahrnehmen, wird vor allem von Zucker und Abkömmlingen wie Fruchtzucker oder Milchzucker ausgelöst. Es können aber auch andere Stoffklassen die Sinneszellen für süß anregen. Dazu gehören etwa einige Eiweißbausteine wie Aminosäuren, aber auch Alkohole in Fruchtsäften oder alkoholhaltigen Getränken.

Sauer

Sauer schmecken vor allem saure Lösungen wie Zitronensaft oder organische Säuren. Verantwortlich für den Reiz sind sogenannte Wasserstoff-Ionen, chemisch als „H⁺“ bezeichnet, die eine Säure in wässriger Lösung abspaltet.

Salzig

Salzig schmecken vor allem Nahrungsmittel, die mit Speisesalz versetzt sind. Chemisch ist dafür das Kristallsalz bestehend aus Natrium und Chlorid verantwortlich. Auch Mineralsalze etwa aus Kalium oder Magnesium können die Salzempfindung auslösen.

Bitter

Bitterer Geschmack wird durch zahlreiche, sehr unterschiedlich gebaute Stoffe ausgelöst. Insgesamt gibt es etwa 35 unterschiedliche Eiweiße in den Sinneszellen, die auf bittere Geschmacksstoffe ansprechen. Entwicklungsgeschichtlich lässt sich dies durch die vielen bitteren Pflanzenarten erklären, die teilweise giftig waren. Sie zu erkennen, war lebenswichtig.



Herzhaft-würzig

Der an Fleischbrühe erinnernde Geschmackseindruck „umami“ wird vor allem durch Glutamin- oder Asparaginsäure ausgelöst. Diese zwei Aminosäuren sind Bestandteil vieler Eiweiße in der Nahrung, aber auch einiger Pflanzen. Reichlich Glutaminsäure findet sich etwa in reifen Tomaten, Fleisch und Käse, Asparaginsäure beispielsweise in Spargel. In der chinesischen Küche wird dies genutzt und Glutamat, das Salz der Glutaminsäure, als Geschmacksverstärker eingesetzt. Damit soll der herzhaft-würzige Geschmack von Gerichten unterstrichen werden.

Fettig, alkalisch, wasserartig: Was können wir noch schmecken?

Neben den mittlerweile fünf nachgewiesenen Grundqualitäten wird zurzeit nach weiteren speziellen Sinneszellen geforscht. Man vermutet noch weitere:

Fettig

Früher ging man davon aus, dass die Vorliebe für fetthaltige Speisen allein von deren Geruch und Konsistenz herrührt. Nach neuerer Erkenntnis gibt es vermutlich eigene Rezeptoren, die auf Fett reagieren. Fettig wäre dann die sechste Grundqualität für den Geschmack. Auslöser sind bestimmte Fettsäuren, die im Mund mithilfe von Enzymen im Speichel aus den Nahrungsfetten aufgespalten werden. Vor allem für die Linolsäure hat man einen bestimmten Rezeptor entdeckt. Sie ist Bestandteil vieler Triglyceride, die in natürlichen Fetten und Ölen vorkommen wie beispielsweise in Sonnenblumen-, Soja- oder Maiskeim-Öl.

Diese Geschmacksqualitäten werden derzeit erforscht:

- Alkalisch: Im Sinne einer Lauge und das Gegenteil von sauer
- Metallisch
- Wasserartig

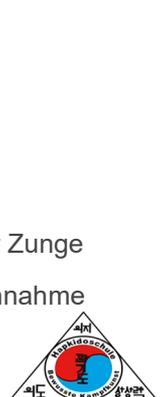
Scharf ist kein Geschmack

Übrigens: Sehr häufig wird die Empfindung „scharf“ als Geschmacksrichtung beschrieben.

Genau genommen ist dies nur ein Schmerzsignal der Nerven, die Tast- und Temperaturempfindung weiterleiten. Mit Chili gewürzte Speisen rufen durch den Stoff „Capsaicin“ eine Schmerz- und Heißwahrnehmung hervor.

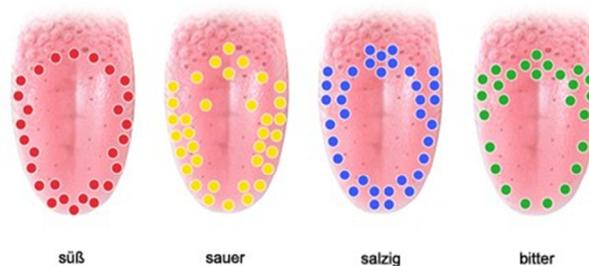
Hinten bitter, vorne süß: ein weit verbreiteter Irrtum

Hartnäckig hält sich die Vorstellung, dass es je nach Geschmacksrichtung bestimmte Zonen auf der Zunge gibt, durch die man besonders gut beispielsweise süß oder sauer schmecken könne. Doch diese Annahme



beruht darauf, dass eine Abbildung falsch interpretiert wurde. Diese Zonen werden in vielen Lehrbüchern noch immer abgebildet.

Tatsächlich können die Geschmäcke süß, sauer, salzig, bitter und würzig von allen Bereichen der Zunge wahrgenommen werden. Einzig die seitlichen Bereiche der Zunge sind insgesamt empfindlicher als die mittleren. Das gilt für alle Geschmacksrichtungen – mit einer Ausnahme: Vor allem die Empfindung „bitter“ wird sehr empfindlich im hinteren Bereich der Zunge wahrgenommen. Dies ist anscheinend eine Schutzfunktion, damit wir giftige oder verdorbene Lebensmittel oder Stoffe rechtzeitig ausspucken können, bevor sie in den Rachen gelangen und geschluckt werden.



Man kann alle Geschmäcke gleichmäßig gut über die gesamte Zunge verteilt schmecken. Früher dachte man, dass es bestimmte Zonen für süß, sauer, salzig und bitter gibt - das ist mittlerweile widerlegt.

Abbildung 3: Lage der Geschmäcker

Tatort Zunge: vom Stoff zum Geschmack

Doch was ist eigentlich Geschmack? Und was passiert im Körper, damit wir Geschmäcke empfinden? Der gelöste chemische Stoff, der für den Geschmack verantwortlich ist, trifft im Mund auf eine Nervenzelle. Diese kann er aktivieren, indem er in der Zellwand der Sinneszelle spezielle Eiweiße verändert. Durch diese Veränderung schüttet die Sinneszelle Nervenbotenstoffe aus, die dann weitere Nervenzellen aktivieren und dann Informationen für eine bestimmte Geschmackswahrnehmung an das Gehirn weiterleiten.

In den zahlreichen warzenähnlichen Erhebungen der Zungenschleimhaut findet die Umwandlung des Geschmacksstoffs in ein Nervenzellsignal statt. Die als Geschmackspapillen bezeichneten Wärzchen enthalten viele Sinneszellen mit besonderem Aufbau: Gemeinsam mit anderen Zellen bilden sie eine Knospe, die einer Orange und ihren rund um die Mitte angeordneten Orangenschnitzen ähnelt.

In der Mitte auf der oberen Seite befindet sich eine kleine Vertiefung, die mit Flüssigkeit gefüllt ist. In diesen flüssigkeitsgefüllten Trichter werden die chemischen Stoffe hineingespült, die den Geschmack ausmachen. So ist gewährleistet, dass die Stoffe von möglichst vielen Sinneszellen erkannt und ausgewertet werden, bevor sie geschluckt werden und sich wieder verflüchtigen.

Was sind Geschmackspapillen?

Zahlreiche warzenähnliche Erhebungen unter der Schleimhaut bilden die Geschmackspapillen. Sie vergrößern die Oberfläche der Zunge um ein Vielfaches und sorgen dafür, dass die einzelnen Geschmacksqualitäten verstärkt wahrgenommen werden. Dies wird auch als „Lupenwirkung der Zunge“ bezeichnet. In den Papillen sind mehrere Geschmacksknospen mit Sinneszellen eingelagert.

Pilzpapillen

Pilzpapillen kommen am häufigsten vor: 200 bis 400 Erhebungen sind über die gesamte Zungenoberfläche verstreut. Vor allem an der Zungenspitze und am Zungenrand sorgen sie dafür, dass dort die Geschmacksempfindung besonders sensibel ist. Die Pilzpapillen können nicht nur Geschmack erkennen, sondern enthalten auch Sinneszellen für den Tast- und Temperatursinn. In den Papillen sind jeweils drei bis fünf Geschmacksknospen eingelagert.

Wallpapillen

Wallpapillen sind sehr groß und liegen an der Grenze zum Rachen am Zungenrund. Jeder Mensch hat nur 7 bis 12 Wallpapillen, doch in diesen Papillen sind jeweils mehrere Tausend Geschmacksknospen eingelagert. Wallpapillen sind rundlich, erhaben und mit bloßem Auge sichtbar. Sie sind V-förmig im hinteren Zungenbereich angeordnet. Diese Papillen heißen Wallpapillen, weil sie von einem Wallgraben mit vielen Drüsen umgeben sind, die die Geschmacksstoffe zu den Sinneszellen „spülen“.

Blätterpapillen

Blätterpapillen kann man ebenfalls mit bloßem Auge am hinteren Seitenrand der Zunge sehen. Erkennbar sind dort mehrere dicht hintereinander liegende Falten. Unsere Zunge zählt circa 20 Blätterpapillen, jede von ihnen besitzt einige hundert Geschmacksknospen.

Was sind Geschmacksknospen?

Die Geschmacksknospen sind das eigentliche Geschmacksorgan mit zahlreichen Sinneszellen, die wiederum mit vielen Geschmacksnerven verbunden sind.

Jede Knospe hat etwa 10 bis 50 Sinneszellen. Diese formen eine Kapsel ähnlich einer Blumenknospe oder einer Orange. An der Spitze dieser Kapsel befindet sich ein flüssigkeitsgefüllter Trichter, der sogenannte Porus. In diesen Trichter ragen feine, fingerförmige Fortsätze der Sinneszellen, auch Geschmacksstiftchen genannt. An deren Oberfläche dienen Eiweiße zur Bindung des chemischen Geschmacksstoffs an die Zelloberfläche.

Die Knospen liegen in den Wänden und Gräben der Papillen. Insgesamt haben Erwachsene zwischen 2000 und 4000 Geschmacksknospen. Die Sinneszellen einer Geschmacksknospe erneuern sich wöchentlich.

Die meisten Geschmacksknospen liegen auf der Zunge. Doch auch im restlichen Mundraum befinden sich „geschmackserkennende“ Zellen: im Rachen, Kehldeckel, Nasenraum und sogar in der oberen Speiseröhre.



Säuglinge und Kleinkinder haben zusätzlich noch Sinneszellen auf dem harten Gaumen, in der Zungenmitte sowie in der Lippen- und Wangenschleimhaut.

Der letzte Schritt für die Geschmackswahrnehmung ist die Weiterleitung an das Nervensystem. Diese Aufgabe übernehmen mehrere Hirnnerven. Alle Informationen werden von den Hirnnerven an ein Gebiet im verlängerten Rückenmark geleitet. Von dort erfolgt eine Aufteilung: Ein Teil der Fasern wird mit anderen Sinneswahrnehmungen wie Schmerz, Temperatur oder Berührung über mehrere Schaltstellen an das Bewusstsein weitergeleitet.

Der andere Teil umgeht die Schaltzentrale der bewussten Wahrnehmungen und gelangt direkt zu Hirngebieten, die mit Sinneswahrnehmungen verbunden sind und die das Überleben sichern sollen. Dort treffen die Geschmackseindrücke auf verschiedene Riecheindrücke.

Fast unendlich viele Geschmackswahrnehmungen

Ungefähr die Hälfte der Sinneszellen reagiert auf mehrere der fünf Grundqualitäten. Sie unterscheiden sich nur darin, dass sie für die Grundqualitäten unterschiedlich empfindlich sind. Dadurch hat jede Zelle ein spezielles Geschmacksmuster mit einer festen Rangordnung.

So reagiert zum Beispiel eine bestimmte Zelle am empfindlichsten auf süß, gefolgt von sauer, salzig und bitter, eine andere Zelle auf die ihr eigene Reihenfolge. Erst die Kombination aller Sinneszellprofile in den verschiedenen Regionen der Zunge ergibt zusammen den Gesamteindruck einer Geschmacksqualität.

Die andere Hälfte der Sinneszellen und Nervenfasern ist spezialisiert und reagiert nur auf einen Geschmack. Die Aufgabe dieser Zellen: Mit ihnen wird die Information über die Stärke des Reizes weitergegeben – wie salzig oder sauer etwas schmeckt.

Geht man von 5 Grundqualitäten und 10 möglichen Intensitätsstufen aus, macht dies schon 100.000 verschiedene Geschmacksrichtungen möglich. Kombiniert mit dem Tast-, Temperatur- und Geruchssinn, ergibt sich dann eine gigantische Zahl denkbarer Geschmackswahrnehmungen.



Die Haut



Inhaltsverzeichnis

Die Haut	4
Haut und Hautfunktion: Biologische Grundlagen.....	4
Anatomie	4
Oberhaut	4
Darstellung der Hautleisten.....	5
Hautschnittspiel	5
Lederhaut.....	5
Unterhaut	6
Darstellung der Hautleisten.....	6
Anhangsgebilde der Haut	6
Haare.....	7
Nägel.....	9
Hautdrüsen.....	9
Funktion der Haut.....	10
Mechanischer Schutz.....	10
Infektionsschutz.....	10
Flüssigkeitshaushalt.....	10
Strahlenschutz.....	10
Energiespeicher.....	10
Eigenbeweglichkeit	10
Wärmehaushalt	11
Effloreszenzenlehre	11
Mechanische Belastungen der Haut	12
Riß- und Platzwunden	12
Schürfwunden.....	12
Traumatisch bedingte Hautveränderungen.....	13
Thermische Verletzungen	14
Therapie lokaler Kälteschäden	15
Aktinische Veränderungen der Haut.....	16
UV Schäden	16
Sonnenallergie	17
Sonnenschutz.....	17
Grüne Haare	18
Präkanzerosen	18
Therapie der Präkanzerosen.....	18
Karzinome der Haut.....	18
Basaliom	18
Hauterkrankungen durch Erreger.....	19
Durch Pilze bedingte Hauterkrankungen	19
Durch Viren bedingte Hauterkrankungen.....	19
Epizoonosen	19
Scabies (Krätze)	20
Erythema chronicum migrans	20
Läuse	20
Pediculus capitis (Kopflaus).....	21
Pediculus vestimentorum	21
Pediculus pubis.....	21
Flöhe.....	21
Pulex irritans	21



Nicht erregerbedingte Hauterkrankungen	21
Ekzeme	22
taktile Wahrnehmung.....	22
Was ist die taktile Wahrnehmung?.....	22
Schmerzrezeptoren.....	23
Thermorezeptoren	23
Mechanorezeptoren.....	23
Warum ist die taktile Wahrnehmung wichtig?	23

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Hautquerschnitt.....	5
Abbildung 2: Hautquerschnitt Detailansicht.....	6
Abbildung 3: Wärmeregulation bei Belastungshitze	11
Abbildung 4: Aufbau der Haut.....	16

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Traumatisch bedingte Hautveränderungen.....	14
Tabelle 2: Lokale thermische Schäden der Haut.....	14
Tabelle 3: Oberflächliche Unterkühlung.....	15
Tabelle 4: Tiefe Erfrierungen	15
Tabelle 5: Pigmentierungstypen.....	17



Die Haut

Die Haut ist ein lebenswichtiges Organ und bedeckt die Oberfläche des Körpers. Bei mittlerer Körpergröße beträgt die Gesamtfläche etwa 2 m². Die Haut schützt die unter ihr liegenden Gewebe gegen chemische und physikalische Schäden und vor dem Eindringen von Krankheitserregern. Über die Haut erfolgt ständig eine leichte Verdunstung von Wasser (Perspiratio insensibilis).

Durch die Blutgefäße der Haut, die sich entsprechend der Temperatur der Umgebung und der Verhältnisse im Körper selbst verengen oder erweitern, wird in Kombination mit der Verdunstung der Wärmehaushalt des Körpers wesentlich reguliert. Die Haut verhindert ein zu starkes Austrocknen des Körpers, unterstützt gleichzeitig jedoch ebenfalls die Ausscheidungsfunktion der Niere durch die Schweißproduktion. Neben diesen Aufgaben kommt der Haut die Funktion eines Sinnesorgans zu, indem verschiedene Sinnesrezeptoren Druck-, Schmerz- und Temperaturempfindungen an das zentrale Nervensystem vermitteln. Darüber hinaus ist die Haut ein großer Energiespeicher des Organismus, indem Fette in unterschiedlichem Umfang im Bereich der Unterhaut (Unterhautfettgewebe) gelagert werden. Diese Energiespeicher bieten auch normalgewichtigen Personen die Möglichkeit, lange Zeit ohne die Aufnahme von Nahrung zu überleben. Großflächige Verletzungen der Haut (beispielsweise tiefe Verbrennungen von mehr als 50 % der Körperoberfläche) stellen lebensgefährliche Verletzungen dar.

Haut und Hautfunktion: Biologische Grundlagen

Auf den folgenden Seiten werden der Aufbau und die Funktion der Haut als lebenswichtiges Organ unter physiologischen Gegebenheiten dargestellt. Hierzu gehören im wesentlichen die Abtrennung des Körperinneren gegen die Außenwelt, sowie die Regulation von Wasser und Wärmehaushalt. Die weitere Funktion der Haut als Sinnesorgan wird im Bereich Sinnesorgane ausführlich dargestellt. In der unten dargestellten Fotozusammenstellung sind unterschiedlichste Hautformen für unterschiedlichen Körperregionen bei unterschiedlichen Menschen dargestellt, die eine Übersicht über die Vielfältigkeit der Ausgestaltungsform der Haut geben soll. Je nach Funktion und Aufgabe sind sehr unterschiedliche Feindifferenzierungen vorhanden. Dabei kommen der Haut, insbesondere bei körperlicher Aktivität und Sport wesentliche Funktionen zu, die nur durch die entsprechende Anpassung des Organs an den gesetzten Reiz möglich werden.

Anatomie

Die Haut besteht grundsätzlich aus drei Schichten, die sich histologisch voneinander abgrenzen lassen und für die Funktionen der Haut unterschiedliche Aufgaben erfüllen. Es werden folgende Schichten unterschieden (s.a. Abbildung im unteren Seitenabschnitt):

- Oberhaut (Epidermis)
- Lederhaut (Cornium od. Dermis)
- Unterhaut (Subcutis)

Epidermis und Cornium werden gemeinsam auch als Cutis (Haut) bezeichnet. Die Oberhaut wird durch ein mehrschichtiges, verhorntes Plattenepithel gebildet, die Lederhaut vorwiegend von zugfesten und elastischem Bindegewebe, die Unterhaut vom Fettgewebe. Durch die lockere, bindegewebige Verschiebbarkeit der Unterhaut, wird die Unterlage der Cutis mit den Faszien von Knochen und Muskeln verschieblich verbunden und bietet somit die im Sport besonders gefragte Beweglichkeit der Strukturen des Körpers. Die Oberfläche der Haut ist in ihrer Struktur "gefaldert".

In den Furchen wachsen - von den Hand- und Fußflächen abgesehen - Haare, auf den Kuppen enden die Ausführungsgänge der Schweißdrüsen. Im Bereich der Hand- und Fußflächen bildet die Haut Leisten, deren Muster individuell sind und beispielsweise als Fingerabdruck die Erkennung von Personen ermöglicht.

Oberhaut

An der Oberfläche gehen ständig verhornte Zellen durch Abrieb verloren. Sie müssen durch neue Zellen aus der Tiefe ersetzt werden. Die Oberhaut lässt sich dabei in drei Ebenen unterteilt. Keimschicht verhornende Schicht Hornschicht. Mikroskopisch lassen sich 5 Schichten unterscheiden:

Stratum basale: Reihe kubischer Zellen, hohe Zellteilungsrate

Stratum spinosum: Benannt nach dem stacheligen Aussehen der Zellen



Stratum granulosum: Zunehmend Körnchen in den Zellen, als Zeichen einer beginnenden Verhornung

Stratum lucidum: Homogene Schicht, Findet sich nur bei dicker Haut

Stratum corneum: Flache, verschmolzene, kreativegefüllte Zellen, ohne Zellorganellen und Zellkern

Darstellung der Hautleisten

In der folgenden Darstellung können über die Navigation ein Foto der Hautleisten (Fingerbeere li. Zeigefinger) sowie Fingerabdrücke (Schreibtischtätigkeit / Arbeit auf dem Bau) wie sie von der Polizei zu Erkennungsdienstlichen Zwecken verwendet werden, dargestellt werden.

Hautschnittspiel

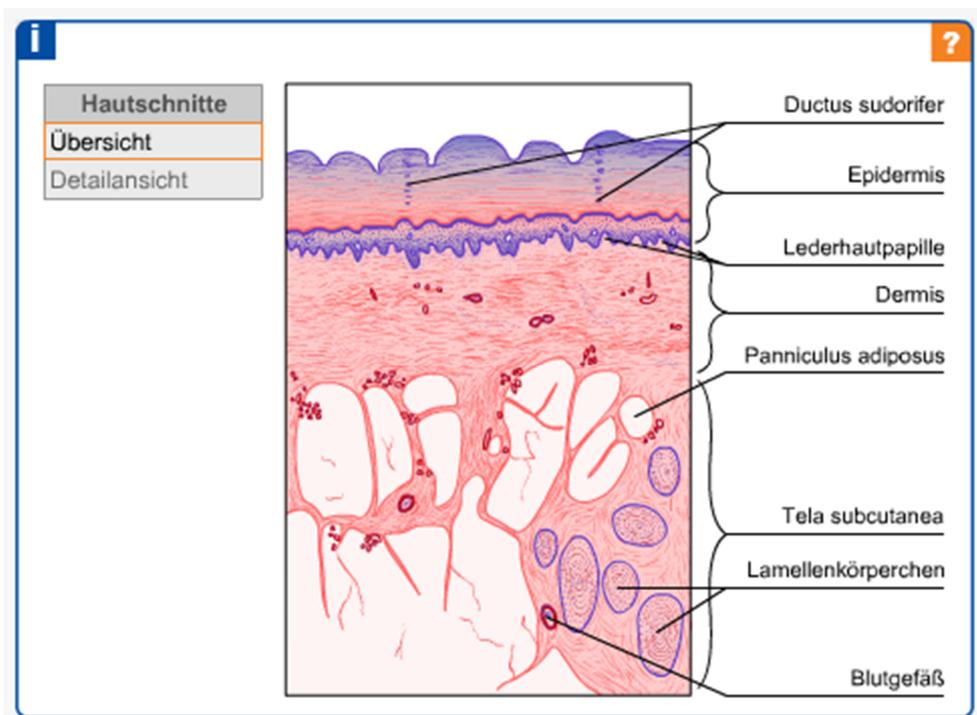


Abbildung 1:

Hautquerschnitt

In der obenstehenden Abbildung können die Bezeichnungen der verschiedenen Strukturen der Haut zugeordnet werden.

Lederhaut

Die Grenzen zwischen der Oberhaut und der Lederhaut verlaufen nicht glatt. Um eine bessere Verbindung zwischen den Hautschichten zu erreichen, sind beide Schichten eng verzahnt und Papillen, die Gefäße und Nerven führen ragen in die Oberhaut hinein. In Lederhaut wird deshalb zwischen der Papillarschicht und der darunter liegenden Netzsicht mit einem hohen Anteil an zugfesten Fasern unterschieden.

Unterhaut

Die Unterhaut besteht überwiegend aus Fett und Bindegewebe.

Sie befestigt die Cutis an den tiefer liegenden Körperstrukturen, hauptsächlich an den verschiedenen Körperfaszien. In der Unterhaut verlaufen die großen Gefäße. Das Unterhautfettgewebe bildet die eigentliche Verschiebeschicht zu den tiefer liegenden Organen. Eine wesentliche Funktion liegt in der Polsterung der tiefer liegenden Strukturen des Organismus gegen Druck und Stoßbewegungen. Im Sport spielt dies besonders an den Fußsohlen bei der Dämpfung von Lauf- und Sprungbewegungen eine große Rolle. Bei Frauen ist das Unterhautfettgewebe prinzipiell eher stärker ausgeprägt als bei Männern.

Die Haut ist nicht an allen Körperteilen gleich gebaut. Dicke, Befestigung, Fetteinlagerung, Eigenbeweglichkeit und Elastizität sind je nach Körperlage Beanspruchung und Energiebilanz erheblich unterschiedlich (z.B. Augenlid und Fußsohle). Die Färbung der Haut wird durch in den Epithelzellen der Haut gespeichert Melanin und damit verbundene Pigmentbildung erreicht. Kurzwellige Strahlung erhöht die Ausschüttung von Melanin aus den Melanozyten.

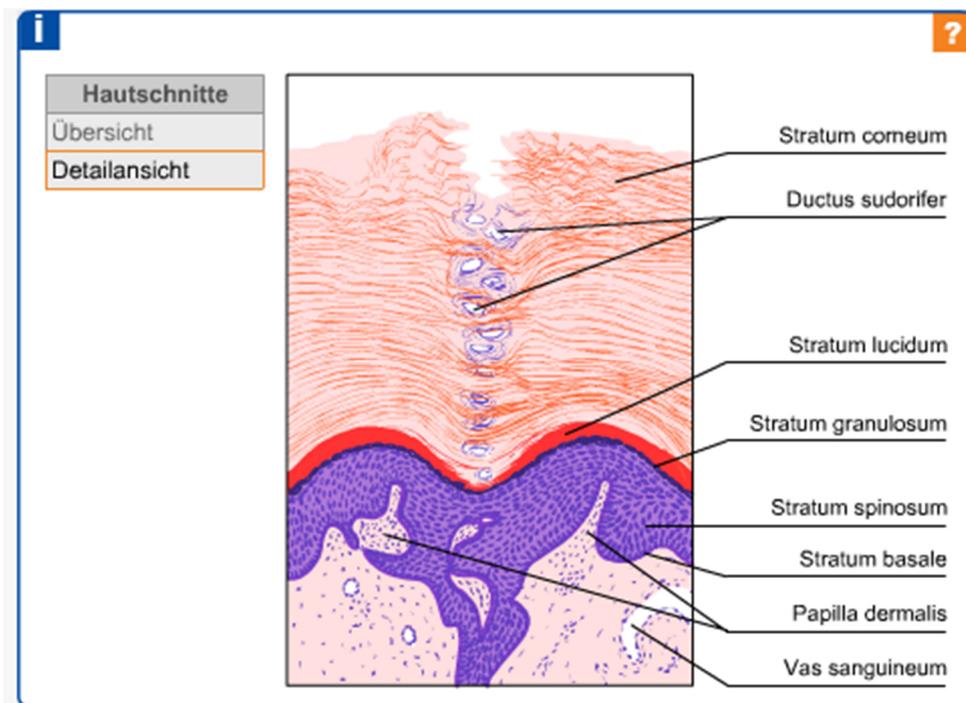


Abbildung 2:

Hautquerschnitt Detailansicht

Darstellung der Hautleisten

In der folgenden Darstellung können über die Navigation ein Foto der Hautleisten (Fingerbeere li. Zeigefinger) sowie Fingerabdrücke (Schreibtischtätigkeit / Arbeit auf dem Bau) wie sie von der Polizei zu Erkennungsdienstlichen Zwecken verwendet werden, dargestellt werden.

Anhangsgebilde der Haut

Die Haut besitzt an bestimmten Stellen Anhangsgebilde. Hierzu gehören im wesentlichen die Haare, Hautnägel und Hautdrüsen. Die Anhangsgebilde erfüllen unterschiedliche Funktionen, welche zum Teil im Verlauf der Evolution des Menschen an Bedeutung verloren haben.

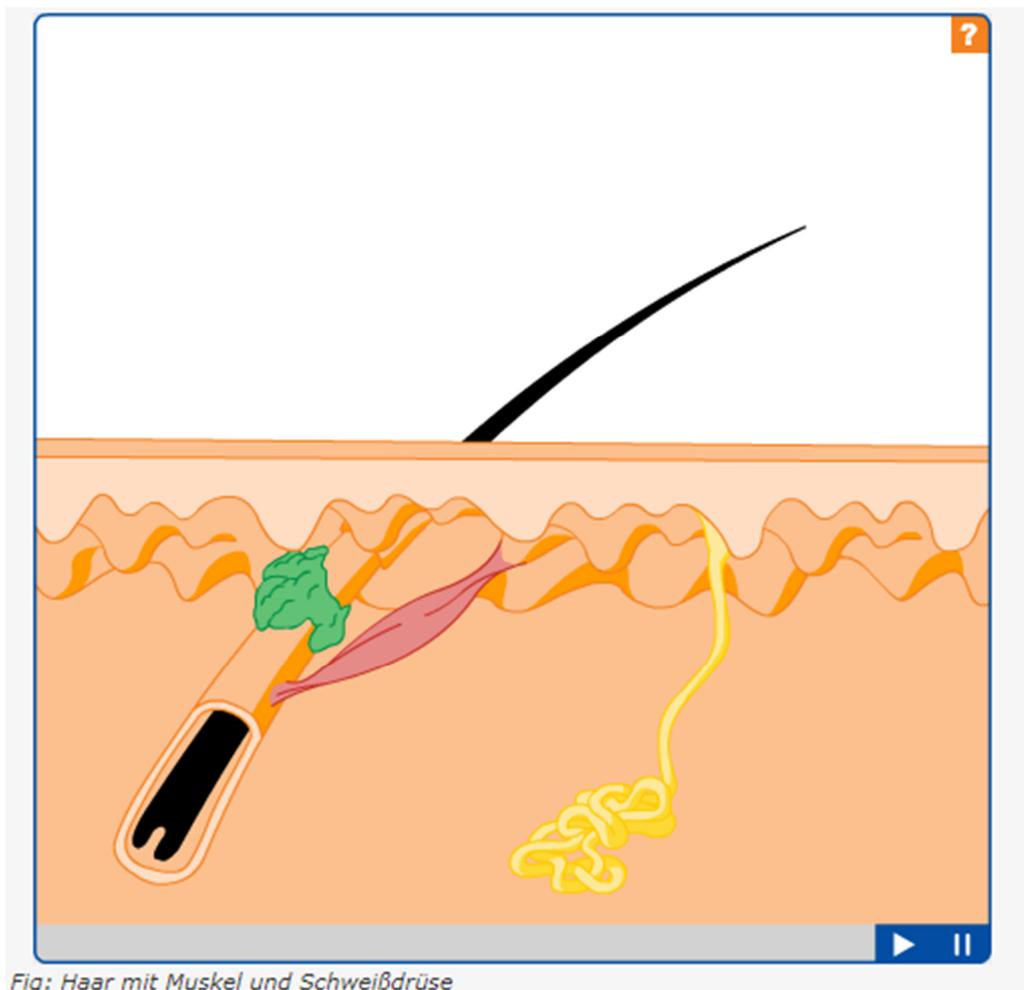
Haare

Haare finden sich auf dem größten Teil der Haut des menschlichen Körpers. Die Haare wachsen dabei in den Furchen der "gefelderten" Haut. An wenigen, stark beanspruchten Stellen der Haut und am Lippenrot fehlen die Haare. Der Haarwuchs ist wesentlich durch die Konzentration von Hormonen beeinflusst. Beispielsweise ist eine Glatzenbildung bei sonst kräftigem Haarwuchs beim Mann häufig Zeichen einer hohen Testosteronsekretion. Bei Frauen führt eine Verminderung der weiblichen Geschlechtshormone zu einer Verstärkung der Terminalbehaarung. Es überwiegen dann die Androgene der Nebenniere was in einer männlichen Behaarung münden kann. Ein ähnliches Bild kann im Sport bei Dopingmissbrauch von Androgenen entstehen.

Die Behaarung der Haut erfüllt folgende Aufgaben:

- Wärmeisolierung: Zwischen den Haaren kann die Luft weniger Zirkulieren und dieses "Luftkissen" erfüllt die Funktion einer Isolationsschicht. Bei der "Gänsehaut", dem Aufstellen der Haare wird dieser Effekt bei ausreichender Terminalbehaarung verstärkt.
- Wärmeabgabe: Die Haare vergrößern die Verdunstungsfläche für den Schweiß
- Reibungsminderung: An Stellen der Haut an denen Haut gegen Haut reibt (z.B. Achselhöhlen, Dammgegend) vermindern Haare die Reibung
- Wimpern und Nasenhaare stellen einen mechanischen Schutz gegen Fremdkörper dar.

In einigen Sportarten gilt die Körperbehaarung als leistungsmindernd (Schwimmen), ohne das dies durch wissenschaftliche Untersuchungen nachhaltig erwiesen werden konnte (?), oder als potentielle Infektionsgefahr nach Verletzungen (Radsport) und wird deshalb häufig entfernt. An mechanisch stark beanspruchten Hautstellen (Gesäßregion Radsport) besteht die Gefahr von häufigen Entzündungen einzelner Hauthaare.



Jedes Haar besteht aus einem Haarschaft, dem aus der Haut herausragenden Hornfaden und der Haarwurzel, die bis in die Lederhaut oder Unterhaut hineinreichen kann. Am Haarfollikel der Haarwurzel findet sich ein dichtes Nervengeflecht, das bereits geringe Bewegungen des Haars registrieren kann und demnach für die Haut als Sinnesorgan von Bedeutung ist. Jedes Haar besitzt einen Haaraufrichtemuskel ein Bündel glatter Muskelzellen, welches von der Papillarschicht der Lederhaut zum Haarfollikel zieht.

Nägel

Bei den Nägeln handelt es sich um Hornplatten, die den Krallen und Hufen bei anderen Wirbeltieren entsprechen. Sie dienen dem Schutz der Fingerkuppe und bieten der wichen Fingerbeere ein Widerlager und verbessern dadurch die Tastempfindung. Nägel wachsen vom proximalen Abschnitt. Verletzungen des Nagelbetts, wie sie im Sport häufig vorkommen führen dazu, dass der gesamte Nagel abgestoßen wird und langsam nachwächst. Bei einer durchschnittlichen Wachstumsgeschwindigkeit von ca. 0,8-1,5 mm pro Woche dauert es etwa 4-6 Monate bis ein neuer Nagel nachgewachsen ist und den distalen Rand des Fingers erreicht hat.

Hautdrüsen

Zu den Hautdrüsen gehören die Schweiß-, Duft-, Talg- und Milchdrüsen. Wie alle Drüsen handelt es sich um auch bei den Drüsen der Haut um Zellen epithelialen Ursprungs. Ihr Ursprung bleibt als Mündung des Ausführungsgangs erkennbar. Schweißdrüsen bestehen aus einem knäuelartigen Endstück und einem gewundenen Ausführungsgang, durch den der Schweiß an die Körperoberfläche geleitet wird. Die Endstücke liegen in der unteren Schicht der Lederhaut. Geschätzt liegt die Zahl der Schweißdrüsen der gesamten Körperoberfläche bei ca. 2 Millionen.

Hände und Fußleisten sind besonders intensiv mit Schweißdrüsen ausgestattet. Das Sekret der Schweißdrüsen enthält vor allem Natriumchlorid welches zunächst in den Ausführungsgang gepresst und später zum Teil rückresorbiert wird und dem Wasser passiv folgt.

Funktion der Haut

Mechanischer Schutz

Der menschliche Organismus hat vielfältige Bewegungsmöglichkeiten bei denen die Haut in Teilbereichen sowohl hohen Beanspruchungen ausgesetzt ist (z.B. Laufen Springen) als auch grazile Bewegungen mit entsprechender sensibler Rückkoppelung ermöglicht (z.B. Klavierspielen). Um dies zu ermöglichen ist die Haut je nach Beanspruchung von einer unterschiedlich dicken Hornschicht überzogen, welche Verletzungen der empfindlichen tieferen Strukturen verhindern sollen. Dennoch darf die Haut auch an Stellen an denen hohe Beanspruchungen auftreten nicht starr sein. Um die Hornschicht flexibel zu halten wird sie von in der Haut befindlichen Talgdrüsen "eingefettet".

Bei fehlender Beanspruchung bildet sich die Hornschicht zurück. Bei Überbeanspruchung (z.B. bei Nutzung neuer Sportschuhe) löst sich die Hornschicht von der Keimschicht ab und es bilden sich Blasen. Diese stellen neben der Schmerzhaftigkeit potentielle Eintrittsquellen für Bakterien dar und sollten entsprechend versorgt werden.

Infektionsschutz

Die gesunde Haut ist durch eine leicht saure Oberfläche und einen leichten Fettüberzug gegen das Eindringen von Bakterien geschützt.

Verletzungen der Haut stellen dementsprechend potentielle Eintrittspforten für Krankheitserreger dar und sollten, insbesondere bei Sportarten bei denen häufig Hautverletzungen auftreten, entsprechen protektiv gegenüber einer möglichen, Entzündung versorgt werden.

Flüssigkeitshaushalt

Große Flüssigkeitsverluste führen zu lebensbedrohlichen Zuständen. Die Körperhülle muss dementsprechend diese Möglichkeit ausschließen und nur eine geringe Flüssigkeitsabgabe zur



Thermoregulation zulassen. Andererseits muss verhindert werden, dass größere Flüssigkeitsmengen zum Beispiel beim Schwimmsport in den Körper eindringen und die Osmolarität beeinflussen. Die Resorptionsfähigkeit der Haut ist auch aus diesem Grund sehr begrenzt. Salben und Cremes treten deshalb nur in geringen Mengen in den Kreislauf über.

Strahlenschutz

Der braune Farbstoff Melanin der in die Haut eingelagert wird dient der strahlenabsorbtion von kurzwelligen, potentiell die Haut schädigenden Strahlen.

Die Bräunung kann dabei sowohl durch die ultraviolette Sonnenstrahlung erzielt werden als auch durch kurzwellige Gamma und Röntgenstrahlen. Die Bräunung beschränkt sich jeweils nur auf den bestrahlten Bereich.

Energiespeicher

Die Unterhaut besteht überwiegend aus Fettgewebe und macht etwa 50 % der Gesamtkörperfettmenge aus. Ein kg reines Fett hat einen Brennwert von 9300 kcal. Bei einem prozentuaem Anteil von 12-15 % Fett am Gesamtkörpergewicht bei normalgewichtigen Personen liegt hier ein riesiger Energiespeicher der dem menschlichen Organismus längere Fastenperioden ermöglicht.

Eigenbeweglichkeit

Bei Tieren ist häufig eine Eigenbeweglichkeit der Haut im Bereich des Rumpfes zu beobachten. Die hierzu nötige quergestreiften Muskelfasern sind beim Menschen allerdings auf den Kopf und Hals sowie den Kleinfingerballen beschränkt. Sie dienen hier im Wesentlichen der Kommunikation (Mimik). Glatte Muskelzellen befinden sich im Bereich der Warzenvorhöfe und des Hodensacks.

Wärmehaushalt

Neben der isolierenden Funktion der Haut übernimmt die Haut ebenfalls Funktionen bei der Wärmeabgabe. Dabei wird die vom Körper - zum Beispiel in der arbeitenden Muskulatur - gebildete Wärme über den Weg der Blutbahn in die verstärkt durchblutete Haut abgegeben.

An der Haut selbst wirken folgende Mechanismen: Wärmestrahlung gebunden an ein negatives Wärmegefälle zur Umgebung, Wärmeleitung von der Haut an die umliegende Luft Konvektion und die Verdunstung von auf die Haut gebrachter Flüssigkeit aus den Schweißdrüsen oder durch die Perspiratio insensibilis. Die effektivste Form der Wärmeabgabe stellt dabei die Verdunstung dar, bei Außentemperaturen über etwa 36 °C erfolgt die Wärmeabgabe ausschließlich über die Verdunstung. Ausführlich wird der Bereich der Thermoregulation im Kurs Sport unter speziellen Bedingungen Hitze Kälte behandelt



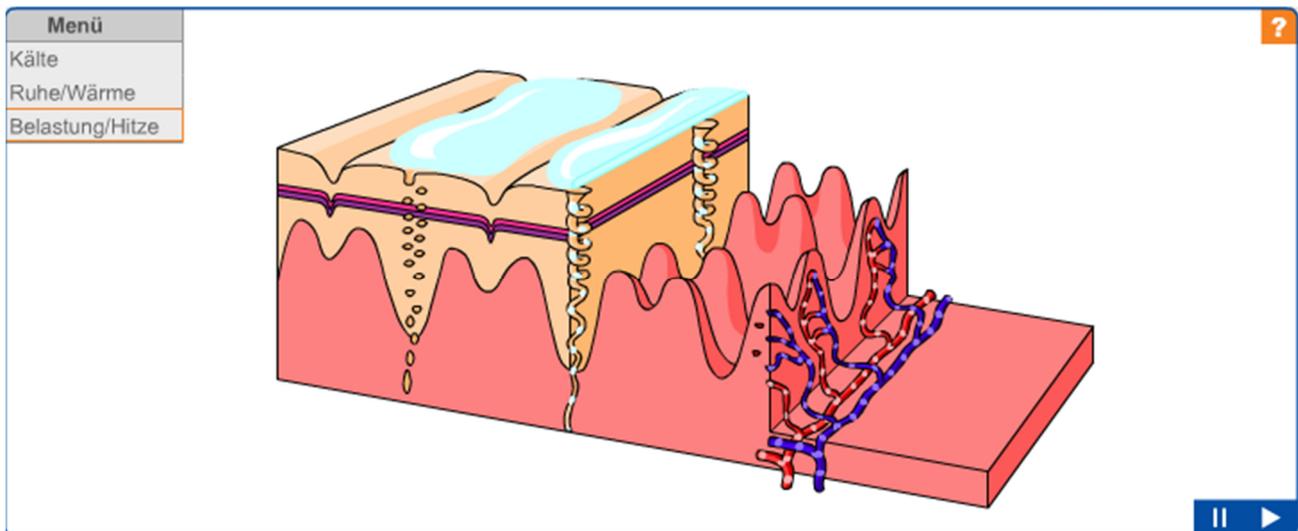


Abbildung 3: Wärmeregulation bei Belastungshitze

Effloreszenzenlehre

Die Haut, als direkt mit der Außenwelt in Kontakt stehendes Organ, unterliegt bei sportlicher Betätigung besonderen Belastungen. Insbesondere durch mechanische Einflüsse, Verletzungen, Witterungseinflüsse und Feuchtigkeit wird die Haut und ihre Anhangsgebilde beim Sport vermehrt beansprucht. Abhängig von Veranlagung und Pflege kann es infolge zu einer Verminderung der Schutzfunktion mit entsprechenden Folgen (z.B. Infektionen) kommen. Die genaue Erfassung und Beschreibung von entstandenen Schäden bilden die Grundlage der dermatologischen Diagnostik und Therapie.

Die Dermatologie beschäftigt sich mit den Veränderungen und Erkrankungen der Haut, der Hautanhangsgebilde und der angrenzenden Schleimhäute. Von Hebra beschreibt in seinem Lehrbuch **"Akute Exantheme und Hautkrankheiten"** (1780) die Effloreszenzen oder **"Hautblüten"** als eine **"Anzahl von Krankheitssymptomen der allgemeinen Decke ... welche sich durch ihre bestimmte Form, ihren Sitz, ihren Verlauf, so wie durch die Regelmässigkeit ihrer Entwicklung und Rückbildung von anderen pathologischen Erscheinungen ... genau unterscheiden"**.

Primäre Effloreszenzen sind Symptome die unmittelbar durch die Krankheit hervorgerufen werden. Sie können auf gesunder Haut direkt entstehen. Davon grenzt er sekundäre Effloreszenzen ab, die durch Fortschreiten der krankhaften Veränderungen, durch degenerative und reparative Prozesse sowie durch Einwirkungen von außen entstehen.

So kommt von Hebra zu folgender Einteilung, die sich in erster Linie auf die äussere Erscheinungsform der Hautveränderungen bezieht.

Mechanische Belastungen der Haut

Mit über 40% zählen Verletzungen der Haut zu den häufigsten Sportverletzungen.

Meist haben die Schäden keine ernsten gesundheitlichen Auswirkungen. Durch die erhöhte Infektionsgefahr und die entstehenden Schmerzen, insbesondere bei großflächigen Schürfwunden, beeinträchtigen diese Verletzungen jedoch die Leistungsfähigkeit oft erheblich und bedürfen einer sorgfältigen Überwachung und Therapie. Kosmetische Probleme können sich besonders bei Verletzungen im Bereich durch Kleidung nicht



bedeckter Körperpartien ergeben.

Durch spezielle Schutzausrüstung (Protektoren, Helme mit Gesichtsschutz) oder Sicherungssysteme (z.B. Skistopper statt Fangriemen) kann das Verletzungsrisiko wirksam vermindert werden.

Riß- und Platzwunden

Riß- und Platzwunden zeichnen sich oft durch einen starken Blutverlust aus, der das Verletzungsgeschehen oft dramatisch aussehen läßt. Bei fachgerechter und gründlicher Versorgung heilen diese Verletzungen jedoch meist sehr schnell und komplikationslos aus.

Generell gilt: über 1 cm lange und infektgefährdete Wunden (tiefe perforierende Verletzungen) müssen ärztlich versorgt werden. Bei kleineren Wunden ist Selbsthilfe möglich.

Erstversorgung

Die umliegende Hautregion sollte mit einem sauberen, nassen Schwamm oder Tuch gesäubert werden, dann wird der Riß- oder Wundbereich desinfiziert.

Nach ca. 2-3 Minuten wird der Wundbereich mit einer sterilen Wundkomresse weich abgetupft. Bei stärkerer Verunreinigung wird 3%iges H₂O₂ auf die verletzte Stelle aufgetragen. Durch das Ausschäumen lösen sich die in der Wunde befindlichen Schmutzpartikel. Anschließend zur Blutstillung Gaze auf die Wunde legen.

Klaffende Wunden werden mit Klammerpflaster zusammengezogen und mit einem sterilen Druckverband abgedeckt. Wie bereits erwähnt sollte bei Wunden über 1cm ein Arzt aufgesucht werden, der die Entscheidung über die weitere Behandlung (z. B. Klammern oder Nahtversorgung) fällt.

Täglich sollte ein Verbandswechsel erfolgen. Unbedingt ist der Impfschutz (Tetanus!) zu überprüfen.

Schürfwunden

Bei Hautabschürfungen besteht immer die Gefahr einer bakteriellen Infektion. Eine sorgfältige Behandlung ist erforderlich, da es sonst zu starken Entzündungen des Wundbereiches, teilweise verbunden mit hohem Fieber, kommen kann. Die benachbarten Lymphknoten können anschwellen und Schmerzen verursachen.

Erstversorgung

Durch sofortige Desinfektion des Wundbereiches mit z. B. Mercuchrom werden Bakterien abgetötet, eine Entzündung verhindert. Bei Verunreinigung durch Schmutz, Erde oder Sand die nicht verletzte Hautregion zunächst mit einem nassen Schwamm oder Tuch säubern. Die Wunde selbst mit z.B. Nawa flüssig besprühen oder mit fließendem Leitungswasser überspülen, so dass die auf der Wunde befindlichen Schmutzpartikel abfließen können.

Festsitzende Schmutzteilchen in der Wunde nie mit Schwamm oder Lappen ab- oder auswischen und nicht mit einem harten Duschstrahl ausspülen, da Schmutzteilchen auf diesem Wege tiefer in die Wunde gelangen könnten.

Besser ist es die Wunde mit 3% H₂O₂ zu übergießen und auszuspülen. Durch das Aufschäumen wird die Wunde gereinigt, evtl. die Wunde mit einer H₂O₂ getränkten Mullkomresse weich abtupfen.

Die sich danach rosa darstellende Haut nochmals mit z. B. Mercuchrom desinfizieren. Zur Vermeidung von Komplikationen bei der Wundheilung empfiehlt es sich, Haare im Wundbereich mit einem sauberen Einmal-Rasiermesser zu entfernen.

Zu Hause sollte die Wunde möglichst offen gelassen werden, um eine schnelle Abtrocknung zu erzielen und eine Keimbesiedlung zu minimieren.

Kommt die Wunde mit Textilien in Berührung, sollte sie bis zur Heilung täglich neu verbunden werden. Dabei wird sie mit einer Komresse abgedeckt (evtl. bioresorptive Folie?), die mit Hilfe einer Klebefolie oder elastischen Mullbinde fixiert wird.

Täglich sollte ein Verbandswechsel erfolgen (sofern nicht eine bioresorptive Folie benutzt wurde). Unbedingt ist der Impfschutz (Tetanus!) zu überprüfen.



Traumatisch bedingte Hautveränderungen

Hierzu gehören eine Vielfalt von Veränderungen, die durch die wiederholte starke Belastung einzelner Hautpartien hervorgerufen werden.

Tabellarisch werden die häufigsten Veränderungen zusammengefasst und teilweise mit Bildern verdeutlicht.

Traumatisch bedingte Hautveränderungen	
Acne mechanica	durch chronische mechanische Einwirkung verstärkt ablaufende Form einer ansonsten milder verlaufenden Akne papulopustulosa
athlete´s nodules	Bindegewebsknoten an Stellen mit erhöhtem Druck, Trauma und Friktion, z.B. bei Surfern, Boxern und football Spielern
jogger´s nipples	schmerzhafte Entzündung der Brustwarzen durch mechanische Irritation der Kleidung
black heel	Basketball-Spieler können dunkel verfärbte Fersen aufweisen Die Haut verfärbt sich aufgrund rezidivierender Mikroblutungen durch den Stress abrupten Kontaktes zwischen Fuß und harter Bodenfläche
Blasen	entstehen meist akut intra- oder subepidermal durch Wärme und Reibung unter Druck
Blumenkohlohr des Ringers/Boxers	irreversible Deformation des Ohrknorpels infolge Einblutung
Golfer-Nagel	streifenförmige Hämorrhagien insbesondere im mittleren Drittel der Nagelplatte der Fingernägel aufgrund fehlerhafter Schlägerhaltung
Jogger-Zeh/Tennis-Zeh	Schwarzverfärbung unter dem Nagel durch rez. Mikroblutungen und mechanische Belastung. Cave Nagelmykose ! Differentialdiagnose subunguales Melanom!
Clavus	Hühnerauge, durch chronischen Druck auf knochen nahe Haut bedingte, umschriebene, meist schmerzhafte Hornschichtverdickung
Striae distensae	an Orten starker Hautdehnung, (sog. Schwangerschaftsstreifen)
Trapshooter´s stigma	atrophe Narbe bei Sportschützen, die nach regelmäßiger Blasenbildung durch die Scherkräfte des Gewehrkolbens an der Wange auftritt
Unguis incarnatus	Einwachsen des Nagels in das Nagelbett (Paronychium)

Tabelle 1: Traumatisch bedingte Hautveränderungen

Thermische Verletzungen

Die Haut schützt uns vor Kälte aber auch Wärme, aber alles nur bis zu gewissen Belastungen. Wird die Grenze überschritten, kommt es zu Veränderungen, die ab einem bestimmten Grad bleibende Schäden verursachen können.

Die erste Reaktion ist ein Erythem, eine flächenhafte Rötung durch äußere und innere Einflüsse. Lokale Temperaturerhöhungen über 60°C durch Verbrennungen oder Verbrühungen ziehen eine unmittelbare Nekrose (Koagulationsnekrose) durch Denaturierung von Proteinen nach sich. Lokale Hypothermie (Erfrierung, Vereisung) führen zu Schäden, die sich nach Wiedererwärmung der Gewebe manifestieren. Entsprechend der Stärke der Schädigung teilt man lokale thermische Schäden in 4 Schweregrade ein:



Lokale thermische Schäden der Haut	
Grad 1	Erythem durch Gefäßerweiterung und Hyperämie
Grad 2	Blasenbildung durch Schädigung der Epidermis
Grad 3	Brandschorf bzw. Frostgangrän als Verschorfungsnekrose infolge oberflächlicher Zirkulationsstörung mit obligater Narbenbildung nach Defektheilung
Grad 4	Verkohlung bzw. Vereisung mit tiefreichenden Gewebsschäden

Tabelle 2: Lokale thermische Schäden der Haut

Therapie lokaler Kälteschäden

Prophylaxe

- gut schützende, warme, locker aufsitzende Kleidung tragen
- Hände und Füße sollten trocken sein
- vor, bei und nach Kälteexposition nicht rauchen (weitere Gefäßverengung)

Therapie

- Keine Belastung durch aktive Bewegung!
- Kein Einreiben mit Schnee!

Oberflächliche Erfrierungen	
Anzeichen:	Taubheitsgefühl, hellrötliche bis weißgraue Haut, Kribbeln und Schmerzen unter Wärmeeinwirkung.
Erste Hilfe:	Betroffene Körperteile an andere, warme Körperteile anlegen. Ohren z.B. mit den Händen bedecken (selbst oder ein Helfer), Hände in die Achselhöhlen legen, warme Getränke etc.

Tabelle 3: Oberflächliche Unterkühlung

Tiefe Erfrierungen	
Anzeichen:	Die Haut ist weißgrau bis bläulich und eiskalt. Körperteile sind bei Betasten gefühllos, sie sind hartgefroren und brüchig.
Erste Hilfe:	Erwärmen des Körperstamms durch warme Getränke, Decken und Kleidung. Erfrorene Gliedmaßen dürfen nicht berührt, bewegt, gedrückt oder belastet werden. Nach Möglichkeit keimarm abdecken. Möglichst Krankenwagen- oder Hubschraubertransport anfordern.

Tabelle 4: Tiefe Erfrierungen



Liegen gleichzeitig eine Erfrierung und eine Unterkühlung vor, ist die Unterkühlung zuerst zu behandeln.

Aufbau der Haut

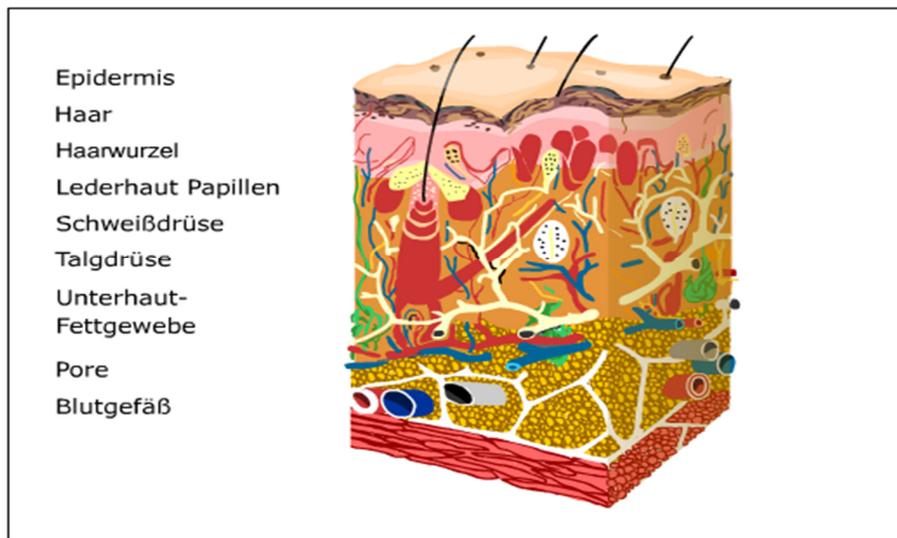


Abbildung 4:

Aufbau der Haut

Aktinische Veränderungen der Haut

UV Schäden

Die Wirkungen der UV-Strahlung auf die Haut sind sehr komplex. Die schädigende Wirkung wird auf Grund der bei uns als schön geltenden ‚gesunden Bräune‘ oft unterschätzt.

UV-Strahlung wird beispielsweise zur Desinfektion von Laborflächen und Trinkwasser eingesetzt.

Der einzig positive Effekt scheint in der Synthese des Vitamin D3 zu liegen. Hierfür ist die UV-Dosis, die wir täglich im Freien erhalten, völlig ausreichend. Aus dermatologischer Sicht überwiegen deutlich die negativen Effekte, die sich in akute und chronische Schäden einteilen lassen.

Das Risiko, durch die Sonneneinstrahlung Schaden zu erleiden, richtet sich nach dem Pigmentierungstyp:

Hauttyp	Beschreibung	Sonnenbrand	Reaktion auf Sonne	Anfangszeit
I	Haut: auffallend hell, blaß Sommersprossen: stark Haare: rötlich Augen: grün, blau, selten braun	immer schwer, schmerzhaft	keine Bräunung; nach 1-2 Tagen weiß, Haut schält sich	10 min.



Hauttyp	Beschreibung	Sonnenbrand	Reaktion auf Sonne	Anfangszeit
II	Haut: etwas dunklerer Typ als I Sommersprossen: selten Haare: blond bis braun Augen: blau, grün, grau	meistens schwer, schmerzhaft	kaum, Haut schält sich	15 min.
III	Haut: hellbraun Sommersprossen: keine Haare: dunkelblond, braun Augen: grau, braun	seltener, mäßig	gut	20 min.
IV	Haut: braun Sommersprossen: keine Haare: dunkelbraun, schwarz Augen: dunkel	kaum	schnell und tief	30 min.

Tabelle 5: Pigmentierungstypen

Sonnenallergie

Hautveränderungen und Juckreiz, die nach einer Sonnenbestrahlung auftreten, werden allgemein als Sonnenallergie, Lichtallergie oder polymorphe Lichtdermatose bezeichnet. Genauer betrachtet verbergen sich aber verschiedene Erkrankungen hinter den Beschwerden. Die Beschwerden können durch lichtallergische Reaktionen hervorgerufen werden. Sie können aber auch die Folge einer toxischen Schädigung sein, die bei Lichteinwirkung in Zusammenhang mit bestimmten Substanzen auftritt.

Diese Substanzen können von außen mit der Haut Kontakt haben (Salben, Cremes, Kosmetika, Pflanzen) oder von innen kommen (Medikamente, Nahrungsmittel). Ein Beispiel für eine toxische Photoreaktion (Lichtreaktionen) ist die Wiesengräserdermatitis. Pflanzen, die zu einer Photosensibilisierung führen können, sind Hahnenfuß, Johanniskraut, Bärenklau, Petersilie, Meisterwurz, Brustwurz, Rispengras, Feigen, Odermennig, Raute, Zitronen, Bergamotten, Orangen.

Sonnenschutz

Tips für eine empfindliche Haut

- Empfindliche Haut nur kurzfristig der intensiven Sonneneinstrahlung aussetzen
- Immer wieder einen Platz im kühlen Schatten aufsuchen
- Bevorzugt fett- und emulgatorfreie (dermatologisch getestete) Sonnenschutzpräparate verwenden
- Bei entsprechender Allergieneigung nur speziellen Sonnenschutz ohne Konservierungsstoffe, Fette und Emulgatoren verwenden
- Sonnenschutz mit hohem Lichtschutzfaktor (mindestens LF 15!) und besonders mit UVA-Schutz benutzen
- Wer bestimmte Medikamente (Antirheumatika, Entwässerungstabletten, u.a.) einnimmt, sollte vor seinen Ferien oder langem Aufenthalt an der Sonne mit seinem Arzt darüber sprechen, ob dem Sonnenbad etwas entgegensteht, da auch Medikamente Hautreaktionen auslösen können



- Auch pflanzliche Substanzen (z.B. Johanniskraut, der Grosse Bärenklau, Sellerie, Petersilie) können in Kombination mit Sonneneinstrahlung Hautreaktionen verursachen. Diese Stoffe meiden, indem man sich auf ein Handtuch und nicht auf die Wiese legt
- Beim Sonnenbaden kein Parfüm verwenden
- Empfindliche Hautstellen unbedingt mit schützender Kleidung bedecken
- Genügend trinken.

Grüne Haare

Helle Haare bei Schwimmern, die mit Leitungswasser aus Kupferrohren in Berührung kommen, können sich grün färben. Auch andere Metallionen im Wasser (Eisen, Mangan) können zur Grünverfärbung beitragen. Die Metalle werden durch das Chlor im Wasser oxidiert und werden dann vom Haarkeratin aufgenommen. Man denke nur an eine Kupfermünze mit Grünspan! Haarewaschen mit speziellen Waschmitteln für Schwimmer (mit sog. Chelatbildnern, Antioxidantien oder auch Acetylsalicylsäure) nach dem Schwimmen kann dieser Veränderung entgegen wirken. Allerdings sollte man diese Shampoos nicht regelmässig, sondern nur im Bedarfsfalle anwenden. Bei entsprechender Frisur kann eine wasserdichte Badekappe vorbeugend wirken.

Präkanzerosen

Therapie der Präkanzerosen

Bei oberflächlichen Veränderungen geringer Bösartigkeit (Malignität), wie etwa bei den aktinischen Keratosen, ist die Entfernung der oberflächlichen Hautschichten durch Kürettage, Abschleifen, Kryotherapie (Vereisen) oder Lokalbehandlung mit Zytostatika eine geeignete therapeutische Maßnahme. Diese Verfahren sind nur angezeigt, wenn der Therapeut/in sicher sein kann, dass keine tiefer reichenden malignen Tumore in dem zu behandelnden Hautbezirk vorhanden sind.

Karzinome der Haut

Hier sollen nur die wichtigsten malignen epithelialen Tumore besprochen werden. Dazu gehören:

Basaliom

Der Basalzellkrebs ist der häufigste unter den Hautkrebsen. Er kommt bei Frauen ebenso oft vor wie bei Männern; der Altersgipfel liegt im sechsten Lebensjahrzehnt. Bei hellhäutigen Menschen treten Basaliome häufiger und bereits im jüngeren Alter auf, bei stärker pigmentierten Menschen sind sie eher selten.

Typisch ist sein langsames Wachstum über Jahre und Jahrzehnte.

Beim Basalzellkrebs gibt es keine Vorstufe (Präkanzerose). Schon die erste kleine Veränderung ist eine Krebsgeschwulst, die entfernt werden sollte. Diese Krebsart bildet praktisch keine Tochtergeschwülste (Metastasen), kann aber ein ausgeprägtes Flächen- und Tiefenwachstum aufweisen.

Der Basalzellkrebs kann überall am Körper entstehen. Da er vorwiegend durch Lichtschäden hervorgerufen wird, ist er häufig auf den sog. Sonnenterrassen des menschlichen Körpers zu finden. Er entsteht im Gesicht, hier vor allem an Nase und Unterlippen, am Haaransatz, am Nacken, an den Händen, seltener schon an den Beinen und am Oberkörper.

Therapeutisch muss das Tumorgewebe völlig zerstört werden. Für oberflächliche Basaliome reicht oft eine tiefe Kürettage, evt. mit nachfolgender Verkochung der Wunde mit dem Kauter oder Kryotherapie. Röntgenweichstrahltherapie oder Bestrahlung mit entsprechenden Isotopen kann bei Inoperabilität eine therapeutische Option darstellen. Bei den tiefer reichenden Basaliomen muss im Gesunden exzidiert werden.



Hauterkrankungen durch Erreger

Bakteriell-eitrige Infektionen der Haut werden auch Pyodermien genannt. Hierbei handelt es sich entweder um Infektionen der Haut mit hochvirulenten Erregern oder um eine Infektion der Haut infolge herabgesetzter Abwehrkraft. Auf einer entzündeten Haut siedeln sich 1000- bis 10000fach mehr Keime an als bei Gesunden. Es gibt eine Vielzahl unterschiedlicher infektiöser Hauterkrankungen entsprechend der Vielfalt unterschiedlicher Erreger. Im Folgenden sollen die für den Sportbereich bedeutenden Infektionen der Haut veranschaulicht werden.

Durch Pilze bedingte Hauterkrankungen

Die Haut einer Sportlerin / eines Sportlers ist oftmals unterschiedlichsten Belastungen ausgesetzt. Neben der mechanischen Belastung kommt es zu zusätzlich thermischer Belastung (Kälte oder Hitze) und Schweißretention, was insbesondere im Schuh deutliche Ausmaße annehmen kann. Auf die physikalische Belastung wurde bereits eingegangen (s. Kapitel mechanische Verletzungen), die so belastete Haut ist auch anfälliger für Infektionen. Im Folgenden werden Erkrankungen der Haut durch Pilze vorgestellt.

Dermatomykosen sind sehr häufig und in unseren Breiten meistens harmlos.

Durch Viren bedingte Hauterkrankungen

Viren, die Hautinfekte oder Systeminfekte mit Hautsymptomatik erzeugen können, sind sehr zahlreich und die klinischen Erscheinungsbilder sehr verschiedenartig. Grundsätzlich kann die Infektion der Haut über 3 Wege erfolgen: direkte exogene Infektion (Beispiel Viruswarzen), Besiedlung aus einem extrakutanen Fokus (Beispiel Herpes simplex, Herpes zoster) und hämatogene Dissemination bei Systeminfektionen (Beispiel exanthematische Viruskrankheiten wie Masern, Röteln etc.). Im folgenden Kapitel wird auf Herpes labialis und genitalis, Condylome und Viruswarzen näher eingegangen.

Epizoonosen

Unter Epizoonosen versteht man durch tierische Ektoparasiten hervorgerufene Hautkrankheiten. Die von Tieren ausgelösten Reaktionen hängen nicht allein vom Erreger ab, sondern hauptsächlich von der Konstitution des Betroffenen.

Man unterscheidet die folgenden, wichtigsten Erreger:

1. Arachniden (Spinnentiere): Milben, Zecken
2. Insekten: Läuse, Flöhe, Wanzen



Scabies (Krätze)

Häufige, durch die in der Hornschicht lebende Krätzmilbe hervorgerufene, höchst juckende Dermatose.

Der Erreger ist auf Tracheenatmung angewiesen und kann daher nicht tiefer als in die Hornschicht der Haut eindringen. Der eigentlich aggressive Part der Milben sind die Weibchen: sie bohren innerhalb der Hornschicht Gänge und legen dort die Eier ab. Die Übertragung der Krätze erfolgt vornehmlich durch die befruchteten weiblichen Milben. Außerhalb der Hornschicht überleben die Milben nur 2-3 Tage.

Auf den ersten Blick ähnelt die Krätze am ehestem einem generalisierten Ekzem, da der heftige Juckreiz mit Kratzen beantwortet wird. Bei genauer Inspektion erkennt man jedoch die diagnostische Läsion der Scabies, den Milbengang. Die Prädispositionsstellen sind die Interdigitalräume der Finger, Beugeseiten der Handgelenke und Ellenbogen, Axillarregion, Perimammilär- und Periumbilikalregion sowie Genitale. Typischerweise frei bleibt das Gesicht oberhalb der Kinnlinie.

Das Erscheinungsbild der Scabies ist von der Immunitätslage abhängig. Bei Personen, die ihre Haut intensiv pflegen, sieht man oft nur einzelne Papeln (sog. „gepflegte Scabies“).

Die Therapie besteht in Auftragen von Hexachlorcyclohexan (Lindan) auf das gesamte Integument (Vorsicht bei Kindern wg. Resorptionsgefahr), alternativ kommt Permetrin oder Benzylbenzoat zum Einsatz.

Erythema chronicum migrans

Zecken können das Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME)-Virus übertragen, und/oder viel häufiger ein Bakterium, die Spirochäte *Borrelia burgdorferi*.

Letzteres ist für die Entwicklung des Erythema chronicum migrans verantwortlich. Dabei entwickelt sich an der Stelle des Zeckenbisses ein hellrotes, sich zentrifugal ausbreitendes Erythem. Subjektiv besteht oftmals ein mäßiges Brennen. Das Erythem breitet sich innerhalb einiger Wochen oder Monate über den gesamten Körper aus mit zentraler Abblässung.

Bei nicht erkannter Spirochäteninfektion sind als Spätfolge neurologische und kardiale Störungen, und Gelenkentzündungen (Arthritiden) bekannt.

Die Therapie besteht daher beim früh erkannten Erythema chronicum migrans aus einer oralen antibiotischen Therapie, bei Organbeteiligung wird eine intravenöse antibiotische Therapie erforderlich.



Läuse

Läuse werden in 2 Gruppen unterteilt, nämlich beißende und saugende; nur die saugenden finden wir auf der Haut des Menschen. Es handelt sich um kleine flügellose Insekten mit kurzen Antennen; mit den Beinen können sie sich an den Haaren festhalten.

Wir unterscheiden 3 Gruppen von Läusen, die den Menschen befallen: 1. die Kopflaus (*Pediculus capitis*), 2. die Kleiderlaus (*Pediculus vestimenti*) und 3. die Filzlaus (*Pediculus pubis*).

***Pediculus capitis* (Kopflaus)**

Die Kopflaus hält sich im Kopfhaar auf, vor allem am Hinterkopf und hier wieder vorzugsweise im Ohrbereich. Neben den Läusen (bei geringer Zahl oft schwer zu finden) sieht man als diagnostisches Zeichen die Nissen (Läuseeier): ovale Gebilde, die von der Laus palmkätzchenartig an der Basis des Haarschaftes festgeklebt werden. Kopfläuse vermehren sich sehr schnell. Zur Verhütung weiterer Ansteckungen dürfen befallene Personen Schulen, Kinderheime etc. nicht besuchen. schon bei Verdacht des Auftretens von Kopfläusen in einer solchen Institution ist das Gesundheitsamt zu benachrichtigen!

Pediculus vestimentorum

Die Kleiderlaus ist etwas größer als die Kopflaus. Sie leben nicht direkt am Körper, sondern in der Kleidung (Unterwäsche!) und suchen die Haut nur zur Nahrungsaufnahme auf. Auch die Eier werden in der Kleidung abgelegt.

Pediculus pubis

Die Filzlaus ist mit Kopf- und Kleiderlaus nur entfernt verwandt. Sie besitzen eine Vorliebe für Gebiete mit apokrinen Drüsen (Genitoanalregion, Achselhöhlen, Augenwimpern), können jedoch auch selten in den übrigen Haaren auftreten. Da die Vermehrung relativ langsam vor sich geht und die Bisse nicht besonders jucken, bleibt der Filzlausbefall nicht selten wochenlang unbemerkt.

Der Lausbefall wird generell durch Waschen mit Syndets und mit Insektiziden behandelt. Generell gilt es, die Kontaktpersonen zu erfassen und ggf. mit zu behandeln.

Flöhe

Nur der erwachsene Floh sucht die Haut auf; Ei und Larve entwickeln sich in Spalten des Fußbodens, Kleidungsstücken und an anderen Stellen. Flöhe haben je nach Art ihren bevorzugten Wirt, halten sich aber nicht so streng an ihren Gastgeber wie die zuvor genannten Lebewesen.

Pulex irritans

Der Menschenfloh kann wegen seiner langen und kräftigen Sprungbeine außerordentlich weit und hoch springen. Er soll länger als ein Jahr leben, wenn er eine optimale Ernährung beim Menschen findet. Gewöhnlich beißt er an kleiderbedeckten Körperteilen (v.a. Stamm und Beinen), da er sich teils in der Kleidung aufhält. Klinisch sieht man dann kleine, oft gruppiert stehende Flecke und Papeln, oft mit einem rötlichen Zentrum, der Bissstelle. Die Therapie besteht aus Entwesung der Wohnung (Insektizide), Wechseln der Wäsche und antipruriginöser Therapie.

Nicht erregerbedingte Hauterkrankungen

Hier werden wichtige Erkrankungen vorgestellt, die von der Häufigkeit her Erwähnung finden sollen. Es handelt sich um

- Psoriasis (Schuppenflechte)



- Kontaktekzem
- Neurodermitis
- Urtikaria

Ekzeme

Ein Ekzem ist eine entzündliche, nicht infektiöse Reaktion der Haut auf eine –meist- exogene Noxe mit Hauptsitz in der Epidermis. Die Bezeichnungen Ekzem und Dermatitis („Hautentzündung“) werden meist synonym gebraucht, grundsätzlich besteht ein Unterschied jedoch darin, dass Dermatitis ein viel abstrakterer Begriff ist.

Ekzeme sind der häufigste Läsionstyp der Haut überhaupt. Exogene Ekzeme werden in allergische (hierunter fallen auch photoallergische Formen) oder toxische Formen (hierunter fallen auch das degenerative (durch wiederholte Beanspruchung) und das phototoxische Ekzem) unterteilt. Als endogene Ekzem wird die Neurodermitis bezeichnet.

Grundsätzlich weisen die Erscheinungsbilder stets die gemeinsame Charakteristik der Ekzemreaktion auf.

Das akute Stadium zeichnet sich im mildesten Falle durch eine Rötung am Ort der Einwirkung, in ausgedehnteren Fällen durch ein intraepidermales Ödem aus. Ist die Reaktion heftiger, kommt es zu Bläschen, die mit klarer Flüssigkeit gefüllt sind und meist heftig jucken. Im schlimmsten Falle kommt es zur Nekrose der Epidermis und der papillären Dermis. Die Bläschen sind meist nur kurzlebig; durch Platzen kommt es zu heftigem Nässen der Läsion.

War die Exposition gegenüber der Noxe nur einmalig, trocknet die Läsion ein und beginnt innerhalb weniger Tage abzuschuppen.

Schädigt eine Noxe die Haut weiterhin, so bleibt die spontane Abheilung des Ekzems aus. Die Begrenzung wird unscharf, es kommt zur Vergröberung der Hauttextur (Lichenifikation).

Die klinischen Merkmale der Ekzemreaktion sind abhängig vom Akuitätsstadium; obwohl allen Ekzemtypen grundsätzlich gemeinsam, sind sie bei der Kontaktdermatitis (allergischer wie toxischer Natur) am klarsten ausgebildet.

taktile Wahrnehmung

Der Begriff „**taktile Wahrnehmung**“ bezeichnet die Oberflächensensibilität der Haut, den Tast- und Empfindungssinn. Über unterschiedliche Rezeptoren der Haut nehmen wir verschiedene Reize wie Berührung, Druck, Temperatur und Schmerz wahr.

Was ist die taktile Wahrnehmung?

Taktile Wahrnehmung (Oberflächensensibilität) ist ein umfassender Begriff für alles, was wir über Rezeptoren der Haut wahrnehmen. Über Schmerzrezeptoren registrieren wir Schmerzempfindungen, über Thermorezeptoren Temperaturreize und über Mechanorezeptoren Berührungen, Druck und Vibrationen. Die von einem Rezeptor wahrgenommenen Reize werden über eine Nervenfasern direkt an das Zentralnervensystem weitergeleitet.

Alle diese Rezeptoren befinden sich in unterschiedlicher Dichte und Anzahl in der Haut und auch Schleimhaut (besonders auf der Zunge). Auf einem Quadratzentimeter Haut sitzen durchschnittlich zwei Wärme-, 13 Kälte-, 25 Druck- und 200 Schmerzpunkte.



Schmerzrezeptoren

Schmerzrezeptoren sind freie Nervenendigungen sensibler Nerven in den oberflächlichen Epithelschichten der Haut, die bei Erregung zu dem Gefühl von Schmerz führen. Die Erregung kann durch mechanische oder chemische Reize erfolgen. Schmerzrezeptoren nehmen auch **Juckreiz** wahr – eine unterschwellige Schmerzempfindung.

Thermorezeptoren

Thermorezeptoren sind Nervenendkörperchen oder eingekapselte Nervenendigungen in der Leder- und Unterhaut, die auf Temperatur und deren Änderung reagieren. Sie reagieren bis zu einer Hauterwärmung von etwa 43 Grad Celsius. Steigt die Temperatur weiter an, wird aus dem Wärmereiz ein schmerzhafter Hitzereiz, der die Schmerzrezeptoren aktiviert.

Mechanorezeptoren

Mechanorezeptoren der Haut sind ebenfalls Nervenendkörperchen. Sie reagieren auf mechanische Reize wie Dehnung und Druck. Beispiele für Mechanorezeptoren:

Meissnerkörperchen gehören zu den Berührungssensoren. Sie registrieren, wie schnell sich ein Druck oder eine Berührung verändert. Bei anhaltendem Reiz nimmt ihre Empfindlichkeit schnell ab. Meissnerkörperchen sitzen in den Papillen der unbehaarten Haut, besonders in der Hohlhand und an den Fingerbeeren.

Vibrationen werden durch Vater-Pacini-Körperchen wahrgenommen. Diese liegen in der Unterhaut und sind die wichtigsten Vertreter der sogenannten Lamellenkörperchen. Das sind ovale oder rundliche, einen halben bis einen Millimeter große Nervenendkörperchen, deren Zellen zwiebelschalenartig geschichtet sind und die man sogar mit bloßen Auge erkennen kann.

Merkelzellen sind flächenhaft ausgebreitete Nervenendigungen in der Oberhaut. Sie registrieren besonders die Stärke eines senkrecht eintreffenden, dauerhaften Drucks, beispielsweise das Körpergewicht auf der Fußsohle. Bei länger anhaltendem Druck verlieren sie kaum an Empfindlichkeit. Im Unterschied zu anderen Mechanorezeptoren nehmen Merkelzellen also auch gleichbleibende, konstante Reize wahr.

Ruffini-Körperchen sind wie Merkelzellen sogenannte Drucksensoren. Sie nehmen besonders Dehnreize wahr – die Richtung und Stärke von Scherkräften. So registrieren Ruffini-Körperchen beispielsweise die Dehnung der Hautoberfläche beim Hantieren mit Werkzeugen.

Warum ist die taktile Wahrnehmung wichtig?

Die taktile Wahrnehmung dient dem Erfassen und Erkunden der Umwelt. So sammelt man beispielsweise über die taktile Wahrnehmung von Gegenständen, die man etwa mit der **Hand** oder dem **Fuß** erkundet, Informationen darüber. Kleinkinder können bis zu ihrem ersten Lebensjahr Gegenstände am besten mit dem **Mund** erkennen, der sehr viele Rezeptoren besitzt.



Die Sinneszellen der Haut, die taktile Reize an das Zentralnervensystem weiterleiten, können uns auch vor Schaden bewahren, wenn wir etwa auf Schmerz- oder Hitzereize entsprechend reagieren.



Nasen-Rachen-Raum



Inhaltsverzeichnis

Nasen-Rachen-Raum	3
Schleimhaut	4
Filtern.....	4
Riechen	4
Sprachbildung.....	5

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis



Nasen-Rachen-Raum

Die Nase gehört zu den oberen Atemwegen und hat somit wesentliche Funktionen bei der Atmung: Sie reguliert den Atemstrom, erwärmt die eingeatmete Luft, reinigt und befeuchtet sie. Außerdem ist sie für das Geruchsempfinden wichtig, denn das meiste, das wir (im Mund) schmecken, wird in Wirklichkeit gerochen. Nicht zuletzt spielt die Nase eine wichtige Rolle für die Sprachbildung, denn sie dient als Resonanzraum beim Sprechen. Die Nase ist – bei „normaler Atmung (also geschlossenem Mund) – das erste Organ, durch das die eingeatmete Luft in den Körper einströmt und das letzte Organ, durch das verbrauchte Atemluft den Körper wieder verlässt. Sie ist nur zum Teil knöchern, der vordere Teil besteht aus Knorpelgewebe. Die beiden Nasenflügel umschließen den mit Haaren ausgestatteten Nasenvorhof (Vestibulum nasi). Er stellt den vorderen Teil der Nasenhöhle (Cavitas nasi) dar und führt im hinteren Abschnitt in die eigentliche Nasen(haupt)höhle (Cavitas nasi propria).

Am Übergang zwischen Vorhof und Haupthöhle liegt ein etwa 1,5 Millimeter breiter Schleimhautstreifen, der von zahlreichen winzigen Blutgefäßen (Kapillaren) durchzogen ist und Locus Kiesselbachii genannt wird. Wenn man Nasenbluten (Epistaxis) bekommt, liegt hier meist die Blutungsquelle.

Die Nasenhöhle wird median durch eine Scheidewand (Septum nasi) in zwei lange, schmale „Röhren“ unterteilt. Diese Scheidewand ist im vorderen Abschnitt knorpelig und im hinteren Abschnitt knöchern.

Die eigentliche Nasenhöhle wird durch drei übereinanderliegende knöcherne Lamellen an der Seitenwand der Höhle – die sogenannten Muscheln (Conchae) – in die drei Nasengänge unterteilt:

1. der untere Nasengang: liegt zwischen der unteren Muschel und dem Boden der Nasenhöhle (bestehend aus dem harten Gaumen und dem Dach der Mundhöhle); hier mündet der Tränennasengang ein, der vom Tränensack in der Nähe des inneren Augenwinkels abgeht.
2. der mittlere Nasengang: liegt zwischen der mittleren und der unteren Muscheln; in ihn münden die Stirnhöhle, die Kieferhöhle sowie die vorderen und mittleren Siebbeinzellen.
3. der obere Nasengang: liegt zwischen der oberen und der mittleren Muschel; in ihn münden die hinteren Siebbeinzellen und die Keilbeinhöhlen.

Die verschiedenen Nebenhöhlen – Stirnhöhlen, Kieferhöhlen, Keilbeinhöhlen und Siebbeinzellen – sind luftgefüllte Hohlräume, die mit Schleimhaut ausgekleidet sind. Ihr jeweiliger Name leitet sich von dem Schädelknochen ab, in dem sie sich befinden.



Die Nase ist an ihren Innenwänden mit zwei verschiedenen Arten von Schleimhaut ausgekleidet: respiratorischer Schleimhaut und Riechschleimhaut.

Schleimhaut

Filtern

Die respiratorische Schleimhaut (lat.: respiratio = Atmung) kleidet fast die gesamte Nasenhöhle aus. Dieser Bereich wird respiratorischer Bereich oder Atemregion (Regio respiratoria) genannt. Die respiratorische Schleimhaut besteht aus einem mehrreihigen Flimmerepithel. Dieses enthält Schleimdrüsen, die das Nasensekret produzieren. Die feinen Flimmerhärchen des Epithels bewegen sich dauernd und befreien die Atemluft von Schmutz, Schadstoffen und Fremdkörpern, indem sie sie in Richtung Ausgang befördern. Durch eine Reizung der Schleimhaut wird der Niesreflex ausgelöst. Sein Zweck ist es, Schmutz, Sekret und Fremdkörper aus der Nase zu entfernen.

Riechen

Die Riechschleimhaut, ein Sinnesepithel, bedeckt die obere Nasenmuschel und angrenzende Teile der Nasenscheidewand. Dieser Bereich wird Riechregion (Regio olfactoria) genannt. Sie ist beim Menschen nur etwa fünf Quadratzentimeter groß und enthält zehn bis 30 Millionen Riechzellen. Beim Riechen und Schnuppen entstehen Luftwirbel, die Duftmoleküle bis in den oberen Nasengang, den Riechgang, befördern. Hier nehmen die Riechzellen die Duftmoleküle aus der Atemluft auf und leiten diese Reize dann über Riechnerven zum Riechzentrum des Gehirns weiter. Eine Studie der Rockefeller University in New York aus dem Jahr 2014 ergab, dass der Mensch auf diese Weise mehr als eine Billion verschiedener Gerüche wahrnehmen kann – und nicht nur etwa 10.000, wie Experten bislang annahmen. Zum Vergleich: Die menschlichen Augen können mehrere Millionen verschiedene Farbnuancen und die menschlichen Ohren etwa eine halbe Million verschiedener Töne wahrnehmen.

Auch beim Schlucken gelangen Luftwirbel mit Riechstoffen bis hinauf zur Riechschleimhaut. Daher wird vieles, das man zu schmecken glaubt, in Wirklichkeit gerochen, denn unser Geschmacksorgan, die Zunge, kann nur fünf Geschmacksrichtungen unterscheiden, und zwar süß, sauer, salzig, bitter und umami (herzhaft).

Die Nasenschleimhaut ist gut durchblutet und hat besonders in den Bereichen mit respiratorischer Schleimhaut viele kleine Gefäße, die in den Nasenmuscheln ein Schwellgewebe bilden, durch das der Raum des Naseninneren variiert werden kann. Dadurch wird das Atemvolumen reguliert. Außerdem kann das reich durchblutete Gewebe die eingeatmete Luft erwärmen, bevor sie in die unteren Atemwege (einschließlich Lunge) gelangt. Außerdem und über die Absonderung von Drüsensekret die Schleimhaut vor dem



Austrocknen schützen. Das Einatmen von warmer Luft führt zu einem Anschwellen der Schleimhaut der Muscheln, das Einatmen von kalter Luft zum Anschwellen und vermehrter Sekretion.

Sprachbildung

Eine weitere wichtige Funktion der Nase liegt in der Sprachbildung. Zusammen mit den verschiedenen Nebenhöhlen dient sie als Resonanzraum für das Aussprechen der Konsonanten m, n und ng. Diese werden gesprochen, indem der Nasenrachenraum offen bleibt und die Luft so durch die Nase ausströmt. Wenn diese aber verlegt ist und nur wenig Luft durchströmen lässt, klingt die Sprache näselnd. Das ist zum Beispiel bei Schnupfen (Rhinitis = Entzündung der Nasenschleimhaut), vergrößerten Rachenmandeln und auch bei Tumoren der Fall. Wenn hingegen der Nasenrachenraum immer offen ist, wie zum Beispiel bei einer Lähmung des Gaumensegels oder einer Gaumenspalte, dann haben alle gesprochenen Laute einen nasalen Klang.

