

Kurs: Biologie-Projektkurs

Schuljahr 2020/2021

Schmerzwahrnehmung und Schmerzverarbeitung

Vorgelegt von:

Teresa Marija Hentschel

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Einleitung	4
1.1 Definition Schmerz	5
1.2 Definition Psychosomatik	5
2. Periphere Informationsleitung	5
2.1 Schmerzrezeptoren in der Haut	6
2.2 Aufbau von Nervenzelle und Axon	7
2.3 Synapsenübertragung	8
2.4 Hemmende und erregende Neuronen	8
2.5 Transmitter und Transmitter-Rezeptoren	8
2.6 periphere Reizleitung	9
3. Zentrale Informationsleitung	11
3.1 Hauptbahn für Schmerz- und Temperaturreize	11
3.2 Hirnstamm	13
3.3 Thalamus und Hypothalamus	13
3.4 Limbisches System	15
3.5 Gedächtnisarten	15
3.6 Großhirn	17
4. Schmerz	18
4.1. Schmerzarten	18
4.1 Schmerzqualität	19
4.2 Schmerzlokalisierung	20
4.3 Zeitlicher Verlauf von Schmerz	20
5. Psyche	21
5.1 Zusammenhang von Hirnstrukturen und Emotionen	21
5.2 Psychosomatik	24
5.3 Lernfähigkeit	24
5.4 Schmerz und Bewertung	25
6. Praktischer Teil	25
6.1 Versuchsaufbau	26
6.2 Versuchsdurchführung	27

6.3 Hypothese eins: Geschlechtsunterschiede	27
6.4 Hypothese zwei: Vorerfahrungen in Bezug auf Schmerz	29
6.5 Hypothese drei: Einfluss der Stimmung auf Schmerzerleben	31
6.6 Hypothese vier: Kältespray vs. Basisversuch	33
6.7 Hypothese fünf: Gute Laune-Video	35
6.8 Hypothese sechs: Trauriges Video	37
7. Resümee	40
Literatur- und Quellenverzeichnis	42
Anhang	43

1. Einleitung

Das Empfinden von Schmerzen und das Leben als solches sind untrennbar miteinander verbunden. Doch Schmerz wird zunächst von vielen Menschen als etwas Schlechtes aufgefasst. Dabei bildet der Schmerzreiz eine wichtige Signal- und Warnfunktion für den Organismus. Die Schmerzempfindung steht meist nicht allein, sondern ist Teil eines Geflechts aus den unterschiedlichsten Faktoren und deren Ursachen. Entstehen Schmerzen im eigenen Körper, sucht man sich Hilfe bei Fachleuten. Allerdings findet sich nicht für jede Beschwerde eine Ursache. So geht es Millionen von Menschen, die von Schmerz geplagt sind und sich nur eines wünschen: Besserung. Die Möglichkeiten sind begrenzt, Therapieformen noch beschränkt, die medikamentöse Behandlung schlägt nicht immer an. Schmerz ist ein Phänomen, das jeder Mensch kennt und doch ist es so komplex, dass Menschen durchgehend mit Schmerzen zu kämpfen haben oder Schmerzen empfunden werden für bereits amputierte Körperteile. Der Begrifflichkeiten gibt es viele, die die Problematiken beschreiben: Chronischer Schmerz, Phantomschmerz, chronisches Schmerzsyndrom... Doch wie entsteht Schmerz eigentlich? Was ist Psychosomatik? Wie gelangt der Schmerz zum Gehirn? Und was hat die Psyche mit der Wahrnehmung von Schmerzen zu tun?

1.1 Definition Schmerz

Die Weltschmerzorganisation IASP (International Association for the Study of Pain) definiert Schmerz als "An unpleasant sensory and emotional experience associated with, or resembling that associated with actual or potential tissue damage" (IASP 2018) (eine unangenehme sensorische und emotionale Erfahrung, die mit tatsächlicher oder möglicher Schädigung von Gewebe verbunden ist oder diesem ähnelt). Ebenfalls ist Schmerz subjektiv und wird in unterschiedlichem Maße von biologischen, psychologischen und sozialen Faktoren beeinflusst. Dadurch soll der individuelle Bericht einer Person über eine Schmerzerfahrung respektiert werden. Durch Lebenserfahrungen lernen Individuen das Schmerzkonzept kennen. Trotz normalerweise anpassender Wirkung, kann Schmerz sich negativ auf das soziale und psychologische Wohlbefinden auswirken. Die verbale Beschreibung ist nur eine von vielen Möglichkeiten Schmerz auszudrücken und doch schließt die Unfähigkeit der Kommunikation die Möglichkeit nicht aus, dass ein Individuum unter Schmerzen leidet (IASP 2018).

Bei der Darstellung des Schmerzsystems müssen zwei grundsätzliche Aspekte des Schmerzes unterschieden werden: ein Schmerz, der schnell und mit einer präzisen Lokalisation

wahrgenommen wird und ein Schmerz, der zu einer lang anhaltenden, dumpfen und quälenden Wahrnehmung führt. Subjektives Erleben und neurophysiologische Nachweisbarkeit von Aktivierungen des Schmerzsystems sind zwei getrennte Aspekte des Phänomens Schmerz. Schmerzempfindung ohne feststellbare körperliche Ursache wird als psychogener Schmerz bezeichnet (Zilles, Rehkämper 1998, 231).

1.2 Definition Psychosomatik

Der Begriff Psychosomatik geht aus den altgriechischen Wörtern psýché und sōma hervor, welcher die wechselseitige Beziehung von seelischen und körperlichen Vorgängen beschreibt. Anhand der psychosomatischen Auffassung lässt sich ein Individuum nicht nur auf das Körperliche reduzieren. Die Diagnostik und Therapie sollte deshalb den Kranken, seine Erlebnisse, seine Vergangenheit und seine Zukunftserwartung umfassen. Dies legt eine ärztliche Grundeinstellung voraus, die psychische und soziale Faktoren bei Diagnostik und Therapie von Krankheiten ebenso berücksichtigt wie physische Faktoren. Körper und Seele beeinflussen sich wechselseitig bei Krankheiten, sodass bei der Abklärung folgende Grundfragen von Interesse sind: Warum tritt gerade diese Krankheit auf? Hintergrundinformationen über biologische und genetische Aspekte der Gesamterfahrung sowie der derzeitigen Situation sind hier vonnöten. Warum tritt die Krankheit gerade jetzt auf? Diese Fragestellung zielt auf den Entstehungszeitpunkt sowie auf ein auslösendes Lebensereignis ab. Welche speziellen sozioökonomischen Verhältnisse und Zusammenhänge sind mit der Krankheit verbunden? Dieser Schwerpunkt liegt auf der Ermittlung von psychosozialen Risikofaktoren, die für die Krankheitsentstehung von Bedeutung sind. Bei der Behandlung von psychosomatisch Kranken wird in Abstimmung mit eventuell notwendigen somatischen Behandlungsformen die Psychotherapie angewendet, die auf den einzelnen Kranken abgestimmt sein muss. Aufgrund der mangelnden Selbstwahrnehmung und der Unfähigkeit vieler Kranker, sich emotional ausdrücken zu können, sind Modifikationen der Behandlungstechniken notwendig (vgl. Brockhaus 1998, Band 17, 592-594).

2. Periphere Informationsleitung

Im Wesentlichen erfolgt der Informationsfluss im Nervensystem in drei Schritten: über die Sinnesorgane werden aufgenommene Reize zum zentralen Nervensystem geleitet - der afferente Schenkel. Dort werden die Reize auf unterschiedlich komplexe Art und Weise

verarbeitet - der Verarbeitungsprozess. Zuletzt folgt oftmals eine Reaktion des Organismus auf den weitergeleiteten Reiz - der efferente Schenkel (vgl. Bähr, Frotscher 2003, 2).

2.1 Schmerzrezeptoren in der Haut

Anhand der Rezeptororgane werden Wahrnehmungsprozesse von der Peripherie an das Zentrum vermittelt. Diese Rezeptoren sind darauf spezialisiert, Veränderungen in ihrer Umgebung sowie im Organismus zu registrieren und in Form von Impulsen weiterzuleiten. Grundsätzlich lassen sich Rezeptoren funktionell gliedern in die innere und äußere Wahrnehmung von Veränderungen des Organismus. Die Haut besitzt eine besonders ausgeprägte Dichte von sensiblen Rezeptororganen, sie finden sich aber auch in tieferen Körperschichten und in den inneren Organen. In der Haut liegen überwiegend Exterozeptoren, die Auskunft geben über Geschehnisse der Umwelt. Unterteilt werden diese in freie Nervenendigungen und in eingekapselte Endorgane. Die eingekapselten Endkörperchen sind differenzierter und stärker zuständig für die Übermittlung von epikritischer Wahrnehmung, der Feinwahrnehmung wie Vibration, Druck und feine Berührung, während die freien Nervenendigungen protopathische Wahrnehmung, die Grobwahrnehmung wie Schmerz- und Temperaturunterschiede weiterleiten. Die Rezeptororgane der Haut lassen sich weiter unterteilen in Mechanozeptoren im Bezug auf Berührung und Druck, Thermozeptoren im Bezug auf Kälte und Wärme, sowie die Nozizeptoren für die Wahrnehmung von Schmerz. All diese Rezeptoren befinden sich hauptsächlich im Bereich zwischen Epidermis und Bindegewebe (vgl. Bähr, Frotscher 2003, 18-19).

Die Schmerz-Rezeptorzellen müssen einem breiten Modalitätsspektrum (Gesamtheit der Reizqualitäten) gerecht werden. Deshalb wird ferner in mechanische, thermische und mechanothermische (polymodale, d.h. auf verschiedene Reize reagierende) Nozizeptoren unterschieden. Außerdem sollte beachtet werden, dass nicht jede Schmerzempfindung von einer Reizung der Nozizeptoren begleitet ist und auch umgekehrt nicht jede Reizung von Nozizeptoren zur Schmerzempfindung führt. Subjektives Erleben und neurophysiologische Nachweisbarkeit von Aktivierungen des Schmerzsystems sind zwei getrennte Aspekte des Phänomens Schmerz. Starke mechanische, thermische (über 45°C) und chemische Reize wie Acetylcholin, Histamin und Serotonin können die Nozizeption (also Schmerz) auslösen. K⁺ wird beispielsweise nach starken mechanischen Einwirkungen aus zerstörten Zellen freigesetzt und löst dann als chemischer Reiz die Nozizeption aus (vgl. Zilles, Rehkämper 1998, 231-232). Freie Nervenendigungen sind in der Lage, Kälte- und Wärmeempfindungen

gleichermaßen zu übermitteln und befinden sich zwischen den Epidermiszellen. Sie sind jedoch nicht nur in der Haut, sondern im gesamten Körper vorhanden und vermitteln durch Zellschädigungen hervorgerufene Schmerz- und Temperaturreize (vgl. Bähr, Frotscher 2003, 19). Außerdem kommen in diesem Bereich noch die Vater-Pacini-Lamellenkörperchen vor, welche auftretende Druck- und Schmerzreize weiterleiten (Bähr Frotscher 2003, 21).

2.2 Aufbau von Nervenzelle und Axon

Die Grundelemente der Informationsübertragung im Nervensystem bilden die Nervenzellen mit ihren Fortsätzen. Mithilfe ihrer Bipolarität können Nervenzellen Informationen anderer Nervenzellen aufnehmen und zugleich Informationen an andere Nervenzellen weitergeben. Die Dendriten, verzweigte Fortsätze des Zellkörpers, bilden die rezeptive (Reiz aufnehmende) Struktur der Nervenzelle. Diese können in Anzahl und Verzweigungsmuster variieren. Das fortleitende Element der Nervenzelle ist das Axon, jede Nervenzelle verfügt nur über ein Axon. An dessen Ende teilt es sich in mehrere Äste, die mit Endknöpfchen, den Boutons, mit anderen Nervenzellen in Verbindung stehen. Das Zentrum der Nervenzelle ist der Zelleib, genannt Soma oder Perikaryon, der den Zellkern und zahlreiche Zellorganellen enthält. Im Perikaryon werden die Transmitter, die Botenstoffe, gebildet, welche an den Synapsen die Information chemisch auf die nächste Zelle übertragen. Die Transmitter werden entlang der axonalen Mikrotubuli ans Axonende transportiert. Dort werden sie in den Boutons in synaptischen Vesikeln gespeichert. Das Axon an sich ist von einer Hülle umgeben, der Myelin- oder Markscheide, die im zentralen Nervensystem von Oligodendrozyten, spezialisierten Glia- oder Hüllzellen, und im peripheren Nervensystem von den Schwann-Zellen, gebildet werden. Beide Zelltypen besitzen platte Fortsätze, die sich um das Axon winden. Dabei entsteht die Markscheide, welche die Erregungsleitung verbessert. Zwischen den Hüllzellen befinden sich nicht umhüllte Axonabschnitte, die Ranvier-Schnürringe. Als sogenannte saltatorische (springende) Erregungsleitung erfolgt die Impulsübertragung besonders schnell von Schnürring zu Schnürring. Das eintreffende Aktionspotential wird nur im Bereich der Schnürringe depolarisiert. Das Axon endet am Synapsenspalt und es erfolgt eine Impulsübertragung auf eine nachgeschaltete Nervenzelle mittels der Synapse, eines spezialisierten Kontakts. Der synaptische Spalt trennt den präsynaptischen Teil (der Bouton, welcher die mit Transmitter gefüllten Vesikel enthält) und den postsynaptischen Teil, die Membran des nachgeschalteten Neurons (vgl. Bähr, Frotscher 2003, 3-8).

2.3 Synapsenübertragung

Die synaptische Transmission lässt sich in drei wesentliche Vorgänge einteilen: Zunächst depolarisiert die eintreffende Erregung, das sogenannte Aktionspotential, die präsynaptische Membran am Axonende. Dabei werden die Calciumkanäle geöffnet, die von der Spannung abhängig sind und es kommt zu einem Ca^{++} -Einstrom der Boutons. Verschiedene Proteine führen dazu, dass vereinzelt synaptische Vesikel mit der präsynaptischen Membran verschmelzen. Hierdurch erfolgt eine Öffnung der Membran und Neurotransmitter werden in den Synapsenspalt entlassen. Die Neurotransmitter-Moleküle diffundieren im Synapsenspalt zu spezifischen Rezeptoren im Bereich der postsynaptischen Membran. Bindet ein Transmitter an Rezeptoren der postsynaptischen Membran, bewirkt dies dort eine Öffnung der Ionenkanäle. Dabei kommt es entweder zu einer Depolarisation, dem erregenden postsynaptischen Potential (EPSP) oder es kommt zu einer Hyperpolarisation, dem inhibitorischen postsynaptischen Potential (IPSP). Der synaptischen Übertragung folgt also entweder eine elektrische Erregung oder Hemmung des nachgeschalteten Neurons. Das beschriebene Prinzip der synaptischen Übertragung mithilfe eines Botenstoffs ist für chemische Synapsen typisch. (vgl. Bähr, Frotscher 2003, 8-9).

2.4 Hemmende und erregende Neuronen

Grundsätzlich übertragen viele verschiedene Nervenzellen auf ein einzelnes Neuron. Dieser Vorgang wird als Konvergenz der Informationsübertragung bezeichnet. Ein einzelnes Neuron kann wiederum eine Vielzahl an Querverbindungen zu anderen Neuronen herstellen, der sogenannten Divergenz der Informationsübertragung. Es gibt zwei Arten von Neuronen, die erregenden und die hemmenden Nervenzellen. Erregende Zellen besitzen lange Axone, die die Informationen über größere Distanzen übertragen müssen. Im Kontrast dazu verfügen hemmende Zellen meist über kurze Axone (vgl. Bähr, Frotscher 2003, 10).

2.5 Transmitter und Transmitter-Rezeptoren

Schlussfolgerungen über eine erregende oder hemmende Wirkung der Transmitter wird über den Transmitter-Phänotyp getroffen. Im zentralen Nervensystem kommt als erregender Transmitter meist Glutamat vor und als hemmender Transmitter GABA (Gamma-Aminobuttersäure). Im Rückenmark befindet sich als hemmender Transmitter Glycin. Sowohl im zentralen als auch im vegetativen Nervensystem kommen die Transmitter Noradrenalin und Acetylcholin vor. Des Weiteren gibt es im zentralen Nervensystem noch Dopamin sowie Serotonin.

Exzitatorische (erregende) Aminosäurerezeptoren liegen vor allem bei Glutamaterezeptoren vor, die man zusätzlich in AMPA-Rezeptoren, NMDA-Rezeptoren und Kainat-Rezeptoren unterteilt. Bindet sich Glutamat an die AMPA-Rezeptoren, bewirkt dies einen Einstrom der Na^+ -Ionen und die Zelle wird depolarisiert. Auch bei der Aktivierung des NMDA-Rezeptors kommt es zu einem Einstrom der Na^+ -Ionen, zusätzlich gelangen aber auch Ca^{++} -Ionen in die Zelle. Diese Aktivierung des NMDA-Rezeptors erfolgt jedoch erst nach Beseitigung eines Magnesiumblocks, welcher durch eine AMPA-Rezeptor-induzierte Membranpolarisation aufgehoben werden kann. Die auftretende Wirkung des Glutamats ist somit abgestuft, da er zunächst auf die AMPA-Rezeptoren wirkt und erst nach gelungener Membranpolarisation auf die NMDA-Rezeptoren.

Im Gegensatz dazu stehen die inhibitorischen GABA- und Glycin-Rezeptoren. Die Aktivierung beider Rezeptoren sorgt für einen Einstrom an Cl^- -Ionen und nachfolgend zu einer Hyperpolarisation der nachgeschalteten Zelle.

Nervenzellen werden nach den von ihnen verwendeten Neurotransmittern eingeteilt. Somit wird in ein glutamaterges, GABAerges, cholinerges oder dopaminerges System unterschieden. Glutamaterge Nervenzellen stellen häufig eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung zu den Zielzellen her. Das dopaminerge System hingegen ist eher diffus vorhanden, sodass eine einzelne Nervenzelle ein ganzes Terminationsgebiet aktivieren kann. Eine besonders hoch spezialisierte Verschaltung findet sich im GABAergen System, dieses bildet viele synaptische Verbindungen zum Zellkörper des nachgeschalteten Neurons aus und erstellt dadurch ein Korbgeflecht um das Perikaryon, sogenannte Basketzellen (vgl. Bähr, Frotscher 2003, 10-12).

2.6 periphere Reizleitung

Der afferente Reiz, welcher in das zentrale Nervensystem gelangen soll, muss zunächst den peripheren Nerv, das Spinalganglion und die Hinterwurzel des Rückenmarks passieren. Von den Rezeptororganen induzierte Aktionspotenziale werden entlang der afferenten Fasern zentralwärts geleitet. Diese bilden die peripheren Fortsätze der in den Spinalganglien vorkommenden 1. sensiblen Neuronen. Afferente Fasern eines Körperareals verlaufen zu Beginn gebündelt in einem peripheren Nerv. Jener enthält neben den somatisch-afferenten Fasern auch somatisch-efferente Fasern sowie die vegetativ-afferenten und vegetativ-efferenten Fasern der inneren Organe. All diese verschiedenen Axone sind von mehreren Bindegewebshüllen, dem Endo-, Peri- und Epineurium, zu einem "Nervenkabel" gebündelt. Innerhalb der Bindegewebshülle Perineurium verlaufen zusätzlich Blutgefäße zur Versorgung des Nervs, die Vasa nervorum. Die afferenten und efferenten Fasern werden

schließlich nach Eintritt in den Rückenmarkskanal durch das Foramen intervertebrale, paarige Öffnung des Wirbelkanals, getrennt. Der periphere Nerv teilt sich in die vordere und die hintere Rückenmarkswurzel. Die Vorderwurzel, Radix anterior, führt die aus dem Rückenmark austretenden efferenten Nervenfasern und die Hinterwurzel, Radix posterior, führt die in das Rückenmark eintretenden afferenten Nervenfasern. Dies erfolgt als unmittelbarer Übergang jedoch nur an den Rumpfnerven. Im Halsbereich, zervikal, und im Bereich der Übergangswirbel, lumbosakral, sind sie als Nervenplexus den Nervenwurzeln vorgelagert. Die Nervenplexus befinden sich außerhalb des Rückenmarkkanals. Dort erfolgt die Umverteilung der afferenten Nervenfasern des peripheren Nervs auf verschiedene Segmenthöhen mehrerer Spinalnerven. Nach der Umverteilung treten die afferenten Fasern in verschiedenen Höhen in das Rückenmark ein. Dort treten sie entweder sofort oder erst nach längerem Verlauf über synaptische Verbindungen in Kontakt mit dem 2. sensiblen Neuron. Der periphere Nerv setzt sich also aus Fasern unterschiedlicher Wurzelsegmente unterschiedlicher Qualitäten mit sowohl afferenten als auch efferenten Fasern zusammen. Durch die Vereinigung aus vorderer und hinterer Rückenmarkswurzel im Spinalkanal entstehen die insgesamt 31 Spinalnervenpaare. Diese entsprechen im Allgemeinen der Anzahl der Wirbelkörper. Die von den Rezeptororganen aufgenommenen sensiblen Qualitäten werden über unterschiedliche Fasern zentralwärts geleitet. Diese afferenten Fasern ordnen sich in der Hinterwurzel in einer bestimmten Weise räumlich an. Nervenfasern mit den dicksten Markscheiden, mit Ursprung in den Spindelfasern, liegen am weitesten medial und dienen der Tiefensensibilität. In der Mitte verlaufen Fasern, die von den Rezeptororganen stammen und sowohl Tastempfindungen als auch Berührung, Druck, Vibration und Diskrimination übermitteln. Am weitesten außen befinden sich die dünnen, fast marklosen Fasern, welche Impulse der Schmerz- und Temperaturrezeptoren leiten (vgl. Bähr, Frotscher 2003, 21-24).

Die dorsale Wurzel, an der Rückseite gelegen, besitzt an der Vereinigungsstelle mit der vorderen Wurzel eine Anschwellung, das Spinalganglion. Darin enthalten sind die Zellkörper der 1. sensiblen Neurone. Diese sind pseudounipolare Spinalganglienzellen. Zellen der Propriozeptoren, besitzen einen kurzen Fortsatz, welcher sich bald T-förmig teilt. Der eine Teil verläuft zur Peripherie und tritt dort mit den Rezeptororganen in Verbindung. Bevor er diese erreicht, splittert er sich in zahlreiche Querverbindungen. Der zweite Teil, ein zentraler Fortsatz, tritt durch die hintere Wurzel in das Rückenmark ein und schaltet entweder sofort auf das 2. sensible Neuron um oder zieht zunächst weiter in Richtung des Hirnstamms. Innerhalb der Spinalganglien findet keine Umschaltung auf ein nachgeschaltetes Neuron statt.

Die Bildung von Plexus lässt die Fasern der einzelnen Wurzelfaare in verschiedene periphere Nerven leiten, sodass in einem Nerv Fasern aus mehreren benachbarten Wurzelsegmenten enthalten sind. Auch in der Peripherie sammeln sich die Fasern einer Wurzel wieder und versorgen einen bestimmten segmentalen Hautbereich, genannt Dermatome. Das Dermatome entspricht einem Wurzelsegment und dieses wiederum entspricht einem "Rückenmarkssegment". Die Dermatome benachbarter Wurzeln überlappen sich weitgehend, sodass sich ein Ausfall einer Wurzel klinisch kaum bemerkbar macht. Erst bei einem Ausfall von mehreren benachbarten Wurzeln kommt es zu einem Sensibilitätsausfall. Dadurch, dass die Dermatome den Wurzelsegmenten des Spinalmarks entsprechen, haben sie einen großen diagnostischen Wert zur Feststellung der genauen Lokalisation einer Rückenmarks- oder Wurzelläsion. Die Dermatome der Berührungsempfindung überlappen sich stärker als die der Schmerzempfindung. Bei einer Schädigung von einer oder zwei Wurzeln lässt sich nur schwer eine Beeinträchtigung der Berührungsempfindung aufweisen, leichter dagegen eine Schädigung der Schmerz- und Temperaturempfindung. Aus diesem Grund wird bei Verdacht einer Wurzelschädigung viel Wert auf den Nachweis einer Hyp- bzw. Analgesie (Minderung, bzw. Aufhebung der Schmerzempfindung) gelegt. Eine Schädigung des peripheren Nervs lässt sich als Sensibilitätsstörung deutlicher nachweisen, da die Überlappung benachbarter peripherer Nerven weniger stark ausgeprägt ist und ausschließlich Fasern verschiedener Wurzelsegmente zusammenlaufen (vgl. Bähr, Frotscher 2003, 26-29).

3. Zentrale Informationsleitung

3.1 Hauptbahn für Schmerz- und Temperatureize

Bei Eintritt in die hintere Wurzel des Rückenmarks splitteln sich die einzelnen sensiblen Fasern in zahlreiche Querverbindungen (Kollateralen) auf, um synaptische Verbindungen mit weiteren Neuronen innerhalb des Rückenmarks eingehen zu können. Die Fasern, die bestimmte Sinnesqualitäten leiten, verlaufen innerhalb des Rückenmarks in verschiedenen Bahnen. Auch die Markscheiden aller afferenten Fasern werden beim Durchtritt durch die Wurzeintrittszone zum Hinterhorn erheblich dünner. Dies ist der Übergang von der peripheren zur zentralen Markscheide. Anstelle der Schwann-Zellen finden sich jetzt Oligodendrozyten (vgl. Bähr, Frotscher 2003, 39).

Im Rückenmark liegen die Hirnstrangfasern des Beines am weitesten medial. Im Bereich des Halses (zervikal) lagern sich die Fasern der oberen Extremitäten außen an und scheinbar formieren sich daraus zwei Hinterstränge, ein medialer und ein lateraler. In den

Hirnstrangkernen kommt es schließlich zur synaptischen Umschaltung auf das zweite Neuron, dessen Axon zum Thalamus, dem Hauptteil des Zwischenhirns, führt. Auf dem Weg dorthin, kreuzen die Fasern auf die gegenüberliegende Seite und es entsteht die mediale Schleife. Die Fasern verlaufen weiter durch die Medulla, die Brücke und das Mittelhirn und enden schließlich im Nucleus ventralis posterolateralis, einem somatosensorischen Kern des Thalamus. Die Impulse werden auf ein drittes Neuron geschaltet und gelangen schließlich durch die innere Kapsel hinter der Pyramidenbahn sowie durch die corona radiata, eine angeordnete Masse an Axonen innerhalb der Großhirnrinde, schließlich zur hinteren Zentralregion. Letztlich entsteht dort das Bewusstsein. Die bereits im Rückenmark vorliegende somatotopische Gliederung der Bahn, bleibt bis zur Hirnrinde erhalten. Die Schädigung der Hirnstränge beeinflusst die Übermittlung von Impulsen der Propriozeptoren und der Hautrezeptoren.

Auch die von den Hautrezeptoren stammenden Impulse werden über eine myelinisierte periphere Faser zu den pseudounipolaren Spinalganglienzellen geleitet und von dort schließlich über die hintere Wurzel in das Rückenmark. Der zentrale Fortsatz der Spinalganglienzellen zieht in den Hintersträngen aufwärts, um daraufhin synaptisch an der grauen Substanz des Hinterhorns zu enden. Auch diese Zellen werden mithilfe des zweiten Neurons zum Thalamus geleitet und anschließend auf das dritte Neuron umgeschaltet. Daraufhin gelangen diese zum Gyrus postcentralis, eine sich auf dem Parietallappen des Großhirns befindende Windung und damit zum Bewusstsein. Die somatotopische Projektion im Bereich der hinteren Zentralwindung entspricht einem "kopfstehenden Homunculus" (Modell zur Zuordnung der somatosensiblen Areale im Großhirn) (vgl. Bähr, Frotscher 2003, 44).

Die peripheren Rezeptoren für Schmerz- und Temperaturreize befinden sich als freie Nervenendigungen in der Haut und bilden die Endorgane von dünnen Fasern. Dies sind die peripheren Fortsätze pseudounipolarer Spinalganglienzellen (1. Neuron). Deren zentralen Fortsätze treten durch die lateralen Anteile der hinteren Wurzeln in das Rückenmark ein, wo sie sich in kurze Kollateralen aufsplitteln. Diese enden innerhalb der Substantia gelatinosa synaptisch an Strangzellen (des 2. Neurons). Die Axone der 2. Neuronen bilden den Tractus spinothalamicus lateralis (aufsteigende Faserbahn, die vom Rückenmark (spino-) zum Thalamus läuft) des seitlichen Rückenmarks. Die kopfwärts aufsteigenden Axone der Strangzellen kreuzen zunächst innerhalb der grauen Substanz hinüber auf die andere Seite des Rückenmarks. Dort verlaufen sie schließlich in somatotopischer Anordnung im Seitenstrang aufwärts bis zum Thalamus. Auch in diesem Fall lagern sich die Fasern der oberen

Extremitäten und des Rumpfes seitlich an die sich bereits medial befindenden Fasern der unteren Extremitäten an. Die Fasern der Temperatur- und Schmerzempfindungen liegen im Verlauf sehr dicht aneinander an, sodass sie unmöglich getrennt werden können. Wird der Tractus spinothalamicus lateralis beschädigt, sind sowohl temperatur- als auch schmerzleitende Fasern betroffen. Der Tractus spinothalamicus lateralis zieht durch den Hirnstamm und endet im Thalamus. Dort findet die Umschaltung auf das dritte Neuron statt. Die Perikarya liegen im Thalamus und deren Axone ziehen als Tractus thalamocorticalis (aufsteigende Faserbahn, die vom Thalamus zur Rinde des Kortex führt) zum Gyrus postcentralis des Parietallappens verlaufen. Schmerz- und Temperaturreize werden bereits im Thalamus in grober Form wahrgenommen, doch die feineren Unterschiede erfolgen erst in der Hirnrinde. Dies bildet die Hauptbahn für Schmerz- und Temperaturreize. Eine einseitige Schädigung der sensiblen Hirnrinde führt zu einer herabgesetzten Wahrnehmung für Schmerz-, Temperatur- und Berührungsreize der kontralateralen Hälfte (gegenüberliegenden Hälfte), kann diese aber nicht komplett aufheben. Schmerz- und Temperaturempfindung sind somit die am meisten erhaltenen sensiblen Qualitäten (vgl. Bähr, Frotscher 2003, 48-51).

3.2 Hirnstamm

Aus dem Hirnstamm treten 10 der 12 Hirnnerven aus und sind zuständig für die Nervenversorgung der Kopf- und Halsregion. Alle auf- und absteigenden Leitungsbahnen zwischen Peripherie und Gehirn verlaufen durch den Hirnstamm. Diese kreuzen teilweise dort oder werden auf nachgeordnete Neuronen umgeschaltet. Die somatisch-afferente Fasern dienen der Leitung von Empfindungen der Hautrezeptoren wie Schmerz, Temperatur, Druck und Berührung. Die vegetativ- oder viszeral-afferente Fasern hingegen übermitteln die (Schmerz-)Impulse der Eingeweide. Die Hirnnerven verlassen den Schädel durch verschiedene Öffnungen wie Kanäle, Fissuren und Foramina.

Die Hinterstrangfasern werden nun auf das zweite Neuron umgeschaltet und die Impulse über die mediale Schleife zum kontralateralen Thalamus weitergeleitet. Die Punkt-zu-Punkt-Projektion in der medialen Schleife und auch im Thalamus werden beibehalten bis in den Kortex. (vgl. Bähr, Frotscher 2003, 118-121).

3.3 Thalamus und Hypothalamus

Im Zwischenhirn (Diencephalon) zwischen Hirnstamm und Telencephalon (Großhirn) liegen Thalamus und Hypothalamus.

Die Funktionen des Thalamus sind äußerst komplex durch die zahlreichen afferenten als auch efferenten Verbindungen. Primär bildet der Thalamus die größte subkortikale Sammelstelle für alle exterozeptiven und propriozeptiven Impulse der Innen- und Außenwelt. Außerdem ist der Thalamus eine Umschaltstation für alle Impulse der Hautrezeptoren sowie der inneren Organe. Die von dort ausgehenden Bahnen ziehen größtenteils zur Großhirnrinde. Des Weiteren bildet der Thalamus auch ein wichtiges Integrations- und Koordinationszentrum, in dem unterschiedliche Afferenzen aus verschiedenen Körperarealen integriert und affektiv gefärbt werden. Elementare Empfindungen wie Schmerz, Wohlbefinden und Unlust können bereits im Thalamus moduliert werden, bevor sie den entsprechenden Arealen zugeleitet werden (vgl. Bähr, Frotscher 2003, 260-270).

Der Hypothalamus ist ähnlich wie der Thalamus ein übergeordnetes Steuerungsorgan. Dieser ist zuständig für das vegetative Nervensystem (Parasympathikus und Sympathikus) und ist in zahlreiche Schaltkreise der vitalen Funktionen wie Temperatur, Herzschlag, Blutdruck, Atmung sowie Nahrungs- und Wasseraufnahme involviert. Außerdem steuert der Hypothalamus über die Hypophyse (Hirnanhangdrüse) die hormonellen Systeme. Eine Reizung des Hypothalamus löst somit eine Aktivität der Sympathikus oder des Parasympathikus aus, die gegensätzlich arbeiten und sich dadurch ergänzen. Die sympathische Reaktionslage bewirkt eine Umstellung auf Leistung, während die parasympathische Reaktionslage dagegen eine Umstellung auf Ruhe und Erholung vornimmt. (vgl. Bähr, Frotscher 2003, 274-296).

Die afferenten vegetativen Fasern sind in viele autonome viszerale Regelkreise eingebunden, doch die Impulse gelangen überwiegend nicht zu Bewusstsein. Impulse, die jedoch über den Füllungszustand der Organe informieren und über Druck, Spannung sowie Schmerzen unterrichten, können wahrgenommen werden. Irritationen dieser Art sorgen für eine reflektorische Anspannung (Spasmus) der glatten Muskulatur, die als Schmerzen empfunden werden. Auch entzündliche Anschwellungen der Organe werden als schmerzhaft empfunden. Schmerzen der inneren Organe sind oftmals schwer lokalisierbar, sodass diese von Kranken oft in einen bestimmten Bereich der Körperoberfläche projiziert werden, genannt Head-Zone. Die Zellkörper der afferenten vegetativen Fasern sowie die der somatischen Neurone befinden sich in den Spinalganglien und treten gemeinsam mit den somatoafferenten Fasern aus den entsprechenden Dermatomen durch die hinteren Wurzeln in das Rückenmark ein. In einem bestimmten Segment des Hinterhorns konvergieren die afferenten Fasern der inneren Organe mit den afferenten Fasern der Hautsegmente. Die Erregungen beider Gebiete werden von den gleichen Fasern zentralwärts geleitet. Dadurch kann es zur Referred Pain kommen,

indem die von den viszeralen Segmenten ausgehenden Schmerzempfindungen in die zugehörigen Dermatome projiziert werden. In diesen Dermatomen besteht auch vereinzelt eine gewisse Überempfindlichkeit. Erregungen aus der Haut können jedoch auch auf viszeral versorgte Organe zurückwirken. Zwischen den somatisch-afferenten Fasern und den viszeralen Reflexbögen im Schaltzellenapparat des Rückenmarks bestehen Verbindungen. Deshalb wirken sich häufig therapeutische Maßnahmen an der Haut wie Wärme- und Kälteanwendungen oder Einreibungen positiv auf die von vegetativ innervierten Organen ausgehenden Schmerzen aus (vgl. Bähr, Frotscher 2003, 307-310).

3.4 Limbisches System

Das limbische System bildet einen Ring von Hirnwindungen, der Balken, Zwischenhirn und Basalganglien umgibt. Es stellt eine gewisse Übergangszone vom Neokortex und dem Hirnstamm dar. Ferner lässt sich sagen, dass das limbische System nicht nur untereinander verknüpft ist, sondern auch mit vielen anderen Hirnarealen in Verbindung steht. Somit bildet das limbische System kein geschlossenes System, weder anatomisch noch funktionell. Die Funktionen wie Trieb- und Affektverhalten, Motivation und Antrieb sowie Lernen und Gedächtnis bilden demnach nicht die alleinige Leistung des limbischen Systems, sondern mehr einem intakten Zusammenspiel der limbischen Strukturen mit zahlreichen weiteren Hirnarealen. (vgl. Bähr, Frotscher 2003, 312-315).

Die zentrale Struktur des limbischen Systems bildet die Hippocampusformation. Von dort zieht eine Verbindung zum Hypothalamus und damit zu dem übergeordneten vegetativen Zentrum. Emotionale Reaktionen wie Wut oder Aggression werden von vegetativen Reaktionen wie Blutdruckanstieg und Anstieg der Herz- und Atemfrequenz begleitet. Ein Teil des limbischen Systems bilden die Mandelkerne (Corpora amygdaloidea). Bei einer Reizung kommt es zu affektiven Erregungen wie Aufmerksamkeitsänderungen, Änderungen der Nahrungsaufnahme oder das Sexualverhalten. Durch Verbindung vom limbischen System zu zahlreichen anderen Hirnarealen ist bestätigt worden, dass der Hippocampus in besonderer Weise an Lern- und Gedächtnisprozessen beteiligt ist (vgl. Bähr, Frotscher 2003, 315-320).

3.5 Gedächtnisarten

Die relevanten Funktionen des limbischen Systems und das Gedächtnis stehen in direkter Beziehung zueinander. Das Gedächtnis gliedert sich in Kurz- und Langzeitgedächtnis. Das Kurzzeitgedächtnis wird dargestellt als eine kreisende Erregung in einem Zellverband, während das Langzeitgedächtnis durch strukturelle Veränderungen auf der Ebene

synaptischer Verbindungen gekennzeichnet ist. Auch der Hippocampus nimmt eine entscheidende Rolle bei der Sicherung bewusster Gedächtnisinhalte ein. Das Langzeitgedächtnis lässt sich in zwei Komponenten einteilen: das episodische und das semantische Gedächtnis. Bei dem episodischen Gedächtnis handelt es sich um ein Subsystem im Bezug auf Daten, die in einem spezifischen raumzeitlichen Kontext stehen wie Schmerzerinnerungen. Das semantische Gedächtnis fasst hingegen Inhalte von Wissensgebieten zusammen wie der Medizin oder Physik. Anteile des Langzeitgedächtnisses können des Weiteren das Verhalten beeinflussen, ohne dass die entsprechenden Kenntnisse oder Sachverhalte dem Menschen bewusst sind. Daraus entwickelte sich die Unterscheidung in ein explizites und in ein implizites Gedächtnissystem. Explizite Inhalte verdeutlichen die bewussten und damit verbal kommunizierbaren Inhalte dar. Die non-verbale Inhalte werden dementsprechend vom implizitem Gedächtnissystem abgerufen, die beispielsweise während einer motorischen Bewegungsreihe erlernt werden. Eine weitere Leistung des impliziten Gedächtnisses bilden die Priming-Effekte. Bei diesen werden zuvor aufgenommene Informationen in einem anderen Zusammenhang mit der jeweils dargebotenen Information effizient verarbeitet, ohne dass eine bewusste Erinnerung der vorangegangenen Information besteht. Solche Gedächtnisanteile sind somit "unbewusst" abgespeichert und können nur im Vollzug entsprechender Tätigkeiten abgerufen werden. Das Gedächtnis umfasst weniger eine funktionelle Entität, als vielmehr mehrere distinktive Komponenten.

Zusätzlich zu den expliziten und impliziten Gedächtnisstrukturen, müssen auch noch die metakognitiven Leistungen abgegrenzt werden wie die Fähigkeit zur Beurteilung der eigenen Gedächtnisleistungen oder bestimmte Strategien, die die Abspeicherung von Informationen bzw. den Zugriff auf Gedächtnisinhalte organisieren. Diese Leistungen werden auch als "Frontal Lobe Type Memory Functions" bezeichnet, da sie vom Einwirken des Frontalhirns abhängen. Bei Speicherungsprozessen findet eine gewisse Verschiebung vom Konkreten zum Abstrakten statt. Die "Erinnerung" als Resultat des Speichervorgangs stellt somit keine filmische Dokumentation dar, sondern eine subjektiv beeinflusste Rekonstruktion des Vergangenen. Das Langzeitgedächtnis bildet also einen dynamischen Prozess, der sich über die Jahre verändert und abstrakter werden kann, gleichzeitig können aber auch besonders bildhafte Elemente, die wichtige Erfahrungen beinhalten, erinnert werden (vgl. Bähr, Frotscher 2003, 320-322).

3.6 Großhirn

Das Großhirn gliedert sich in Hirnrinde, das subkortikale Marklager und die Basalganglien (Teil des motorischen Systems). Einzelne Hirnrindengebiete stehen durch vielfältige Faserverbindungen untereinander und mit tiefer liegenden Strukturen des zentralen Nervensystems in Verbindung. Diese Faserverbindungen bilden das subkortikale Marklager. Der größte Teil der Großhirnrinde untersteht dem Dienst der Informationsintegration (Assoziationskortex) (vgl. Bähr, Frotscher 2003, 350-358).

Der Kortex lässt sich unterteilen in primäre, unimodale und multimodale Assoziationsareale. Primäre Rindengebiete sind vorwiegend rezeptiv tätig und markieren deshalb Endpunkte verschiedener sensibler und sensorischer Bahnen im zentralen Nervensystem. Ihre Afferenzen erhalten sie direkt vom Thalamus und dienen dazu, die jeweilige Sinnesqualität interpretationsfrei zu Bewusstsein zu bringen (vgl. Bähr, Frotscher 2003, 366-369).

Die primäre somatosensible Rinde entspricht ungefähr dem Gyrus postcentralis (Windung hinter der Zentralfurche) des Parietallappens sowie teilweise dem Gyrus praecentralis (Windung vor der Zentralfurche). Sie ist zuständig für die bewusste Wahrnehmung von Temperatur- und Schmerzreizen sowie Impulsen der Oberflächen- und Tiefensensibilität primär der kontralateralen Körperhälfte und erhält ihre Afferenzen vom Thalamus. Wenn auch sensible Reize, ganz besonders Schmerzreize, in einer gröberen Weise bereits auf thalamischer Ebene wahrgenommen werden, so erfolgt jedoch erst in der somatosensiblen Rinde eine feinere Differenzierung im Bezug auf die Lokalisation, Stärke und Art des Reizes. Ohne die Mitwirkung der Rinde ist eine bewusste Wahrnehmung von Vibration und Lageempfindungen nicht möglich. Auf der Oberfläche der primären somatosensiblen Rindengebiete des Kortex finden sich somatotope (Punkt-zu-Punkt) Abbildungen der Körperperipherie in Form eines homunculus (lat. von homo, Mensch -der auf der Gehirnoberfläche abgebildete kleine Mensch). Die Kartierungen sind keine 1:1-Abbildungen, denn in Bezug auf die Repräsentation der Oberflächensensibilität gilt, dass Regionen mit einer sehr dichten sensiblen Nervenversorgung vergrößert abgebildet sind, als Körperabschnitte, die weniger stark mit Nerven versorgt sind. Die kortikalen Repräsentationen einzelner Körperregionen sind ebenfalls veränderbar in Abhängigkeit von einer verstärkten oder verminderten funktionellen Inanspruchnahme der entsprechenden Körperregionen. Somit führt eine über längere Zeit ausgeführte Diskriminationsaufgabe zur Ausdehnung der kortikalen Repräsentation. Dazu ähnliche bzw. noch ausgedehntere Veränderungen der kortikalen Repräsentation findet man nach Verletzungen oder Amputationen von Gliedmaßen. Die somatotope Kartierung kann sich über mehrere

Zentimeter verschieben. In der Gehirnregion findet also eine Reorganisation von Neuronen statt. Dies könnte ein Grund für die Entstehung chronischer Schmerzsyndrome wie Phantomschmerz sein und ob diese Form der "Plastizität" des Gehirns unterdrückt oder verändert werden muss, sodass die Schmerzen beseitigt werden können. Zusätzlich zur Repräsentation der Oberflächensensibilität, findet man in vertikaler Ausrichtung zur Kortexoberfläche tiefer gelegene ähnliche Kartierungen für die anderen Sinnesmodalitäten des somatosensiblen Systems wie Tiefensensibilität, Temperatur und Schmerz, die in ihrer Gesamtheit als kortikale Kolumnen imponieren. Dies zeigt, dass das Gehirn synchron und parallel verschiedene Modalitäten des somatosensiblen Systems bearbeitet, die zunächst über getrennte Bahnen verlaufen. Eine Läsion der primären somatosensiblen Kortex hat in dem entsprechenden kontralateralen Bereich des Körpers eine Herabsetzung oder Aufhebung der Wahrnehmung für Schmerz, Temperatur, Druck und Berührung sowie einen Verlust der diskriminativen Wahrnehmung und der Lageempfindung zur Folge (vgl. Bähr, Frotscher 2003, 371-379).

Angrenzend an die primären Rindenfelder liegen die unimodalen Assoziationsregionen des Kortex. Hier findet eine erste Interpretation der in den primären Rindenfeldern wahrgenommenen Sinnesreize statt. Die neu eingegangenen Informationen werden mit früher gespeicherten verglichen und damit in ihrer Bedeutung erkannt. Die Kortexareale erhalten keine direkten Eingänge vom Thalamus, sondern sind über die Assoziationsfasern mit den primären Rindenfeldern verbunden.

Die multimodalen Assoziationsareale lassen sich keinem bestimmten Primärfeld zuordnen. Diese stehen durch afferente und efferente Verbindungen mit zahlreichen Hirnarealen in Verbindung und verarbeiten Informationen verschiedener sensibler und sensorischer Modalitäten (vgl. Bähr, Frotscher 2003, 384-385).

4. Schmerz

4.1 Schmerzarten

Anhand der Ätiologie, der Lehre von Ursachen, lassen sich Schmerzen in nozizeptiv, inflammatorisch bedingt, neuropathisch bzw. neurogen und dysfunktional einteilen. Des Weiteren gibt es chronische Schmerzsyndrome mit unterschiedlichen Schmerzmechanismen, die als Mixed Pain bezeichnet werden.

Nozizeptorschmerzen zählen zu den “klassischen” Schmerzen, die sich entweder akut, somatisch oder viszeral bemerkbar machen. Durch eine Gewebeschädigung bzw. einer Verletzung von Zellverbänden kommt es zu einer direkten Erregung der Nozizeptoren, deren Signale aus der Peripherie über das Rückenmark zum medialen Thalamus und dem somatosensorischen Kortex geleitet werden. Eine Reizung des Nozizeptors kann ischämisch (minderndurchblutet), thermisch, mechanisch oder chemisch erfolgen.

Nozizeptive inflammatorisch bedingte Schmerzen werden durch endogene Mediatoren im Rahmen von Entzündungen ausgelöst. Entzündungsmediatoren wie Prostaglandine, Serotonin und Bradykinin führen zu einer Sensibilisierung von peripheren Nozizeptoren. Zusätzlich übermittelt das inflammatorische Geschehen die Synthese weiterer Nozizeptoren in den entsprechenden Spinalganglien.

Neuropathische bzw. neurogene Schmerzen entstehen durch neuronale Schädigungen von Nervenfasern sowohl im peripheren als auch im zentralen Nervensystem. Grund dafür können beispielsweise Viren, dauerhaft erhöhte Blutzuckerkonzentrationen, Amputationen (Phantomschmerz) oder eine Querschnittslähmung sein. Aufgrund ihrer permanenten Schmerzimpulse werden neuropathische Schmerzen häufig chronisch.

Dysfunktionale Schmerzen haben anders als die anderen Schmerzarten keine somatische Verletzung als Ursache, sondern treten durch psychologische, seelische und/oder soziale Faktoren auf. Starke seelische Emotionen aktivieren ähnliche Hirnareale wie somatisch bedingte Schmerzen. Dadurch lässt sich die Schmerzwahrnehmung als Reaktion auf emotionale Einflüsse erklären, ohne dass wirklich strukturelle Veränderungen bestehen. Als Mixed Pain lassen sich Schmerzen charakterisieren, denen Nozizeptorschmerzen, neuropathische Schmerzen und/oder dysfunktionale Schmerzen zugrunde liegen. Die Schmerzkomponenten treten dabei gemeinsam auf, jedoch in unterschiedlich starker Intensität (Kretschmer 2018).

4.2 Schmerzqualität

Allgemein werden Schmerzen qualitativ unterschiedlich wahrgenommen. Unterschieden wird dabei in affektive Schmerzqualität (heftig, quälend, lähmend, vernichtend...) und sensorische Schmerzwahrnehmung (stechend, brennend, drückend, ziehend...). Die subjektive Schmerzempfindung lässt oftmals schon auf die Ätiologie rückschließen. So werden Nozizeptorschmerzen meist als drückend, stechend, bohrend oder ziehend beschrieben. Neuropathische Schmerzen haben meist eine einschließende, kribbelnde, brennende oder elektrisierende Qualität. Nozizeptive, inflammatorisch bedingte Schmerzen sind

charakteristischerweise pulsierend, pochend oder hämmernd und dysfunktionale Schmerzen werden häufig mit sehr emotional ausdrucksstarken Begriffen beschrieben (Kretschmer 2018).

4.3 Schmerzlokalisierung

Anhand von Körperschemata mit Ganz- und Teilkörperansichten lässt sich lokalisieren, in welchem Körperbereich der Schmerz wahrgenommen wird. Neben direkt schmerzhaften Arealen werden dort auch die Bereiche angegeben, in denen der Schmerz möglicherweise ausstrahlt. Im Zusammenhang mit der Schmerzqualität und Schmerzintensität gibt die Schmerzlokalisierung bereits erste Hinweise über einen möglichen Befund.

Mitunter gibt es Methoden, Schmerzen auszulösen, provozieren zu können oder verstärken zu können. Eine bereits bestehende Verdachtsdiagnose kann dadurch untermauert werden. Typische Schmerzauslöser sind Berührung, Druck, Dehnung, Klopfreize oder Kompression. Schmerzen treten häufig situationsbezogen auf. Typische Schmerzumstände sind Ruhe, Belastung und Bewegung (Kretschmer 2018).

4.4 Zeitlicher Verlauf von Schmerzen

Schmerzen sind meistens akuter Natur, können jedoch auch langanhaltend sein. Akute Schmerzen treten plötzlich auf und sind zeitlich begrenzt. Der Akutschmerz bildet ein lebenserhaltendes Warn- und Alarmsignal des Körpers. Er zeigt Schädigungen auf, dient zum Schutz vor Überlastungen und ist ein beständiger Wegweiser in der Diagnosefindung. Zu den häufigsten Ursachen gehören Verletzungen, Unfälle, Entzündungen, Verbrennungen, Prellungen, Frakturen oder Operationen. Auch Menstruations- und Zahnschmerzen sind akuter Natur. Der zugrundeliegende Reiz entscheidet über Ausmaß und Intensität der Beschwerden. Die Bandbreite reicht von leicht, wenig störend bis hin zu unerträglich und kaum mehr aushaltbar. Ist die Ursache beseitigt oder geheilt, klingen akute Schmerzen üblicherweise von selbst ab. Bleiben Schmerzen nach abgeschlossener Krankheit oder Therapie länger als drei Monate bestehen, besitzen sie eine erhöhte Tendenz zur Chronifizierung.

Als chronische Schmerzen definiert man Schmerzen, die länger als drei Monate bestehen und damit bereits ihren eigentlichen Bezug zum auslösenden Ereignis verloren haben. Dauern diese weiter an, besteht die Möglichkeit eines eigenständigen Krankheitsbilds in Form des chronischen Schmerzsyndroms. Die Schutz- und Warnfunktion ist bei chronischem Schmerz verloren gegangen. Meist liegen mehrere Ursachen zugrunde und die Beschwerden werden

von psychosozialen Veränderungen begleitet. Chronischer Schmerz ist multikausal und muss deshalb in der Behandlung besonders berücksichtigt werden. In der Analgesie wird deshalb besonders früh auf integrative, multimodale bio-psycho-soziale Therapieregime gesetzt anhand der Vermeidung der Entwicklung einer eigenständigen Schmerzkrankheit in Form des chronischen Schmerzsyndroms.

Das chronische Schmerzsyndrom entwickelt sich aus Schmerzen die länger als drei bis sechs Monate bestehen oder Schmerzen, die redundant wiederkehren. Der Schmerz an sich ist zu einem eigenständigen Krankheitsbild geworden und der Alltag der Patienten ist von diesem stark beeinträchtigt. Nicht selten geht das chronische Schmerzsyndrom mit psychopathologischen Veränderungen und/oder sozialen Konflikten einher. Durch multimodale Therapiekonzepte kann trotzdem nicht bei allen Patienten ein zufriedenstellendes therapeutisches Ergebnis erreicht werden und es ist oft ein langer Weg, bis die richtige Kombination aus medikamentöser Schmerztherapie, unterstützenden invasiven und nichtinvasiven Methoden und individuellen Entspannungsverfahren sowie Verhaltens- und Psychotherapie gefunden und umgesetzt werden kann (Kretschmer 2018).

5. Psyche

5.1 Zusammenhang von Hirnstrukturen und Emotionen

Das limbische System oftmals als “emotionales Gehirn” bezeichnet und ist an der Verarbeitung von Gefühlen sowie für die Steuerung von Trieben beteiligt. Es lässt sich in vier Ebenen unterteilen. Die untere limbische Ebene formt sich in der Embryonal- und Fötalzeit. Besonders stark wird diese Ebene durch genetische Faktoren sowie durch Einflüsse in der Schwangerschaft beeinflusst. Kommt es in der Schwangerschaft zu erhöhtem Stresserleben der Mutter, bildet der Fötus epigenetisch mehr Cortisolrezeptoren und wird dadurch stressempfindlicher. Wird über die Mutter dagegen Geborgenheit und Ruhe ausgestrahlt, entwickeln sich mehr sensible Rezeptoren für Oxytocin und Serotonin. In der unteren limbischen Ebene entsteht das Temperament, das ein Mensch sein Leben lang beibehält. Die vorgeburtliche Phase hat einen enormen Einfluss auf die folgende Entwicklung der Persönlichkeit. Auch hat die erste, untere limbische Ebene viel mit unbewussten Reaktionen zu tun.

Die zweite, die mittlere limbische Ebene entwickelt sich in den ersten Kindheitsjahren und steht im direkten Zusammenhang mit gemachten Erfahrungen bezüglich Eltern und anderen Bezugspersonen. Ganz besonders in dieser Zeit entstehen individuelle Verschaltungen mit

einflussreichen emotionalen Prägungen des Gehirns. Das Selbstbild reift, der Mensch entwickelt ein Mitgefühl für andere Wesen. Die erste und zweite Ebene bilden den Kern des eigenen Wesens.

Die dritte, die obere limbische Ebene speichert Antriebe und Erfahrungen, ganz besonders die Fähigkeit Impulse zurück zu entstehen in ihrer Entwicklung. Der Mensch lernt, Risiken als solche zu erkennen und diese zu bewerten. Auch das moralische Gewissen befindet sich in der oberen limbischen Ebene. Ähnlich wie die zweite Ebene, entsteht die dritte Ebene in den ersten Lebensjahren, entwickelt sich jedoch bis in das junge Erwachsenenalter weiter und ist dementsprechend auch langfristiger beeinflussbar. Vereinfacht lässt sich die dritte Ebene auch als sozial kommunikative Ebene beschreiben. Die sozialen und ethischen Normen entstehen in dieser Zeit. Der Jugendliche löst sich von den Vorgaben der Eltern und sucht nach den eigenen Wertvorstellungen. Da bestimmte Eigenschaften bereits unveränderbar sind, ist es von großer Wichtigkeit neue Erfahrungen zu machen und neue Nervenverbindungen entstehen zu lassen.

Die vierte limbische Ebene ist die kognitiv sprachliche. In dieser Ebene befinden sich der Verstand und die Intelligenz. Neu erlernte Kenntnisse und Überzeugungen werden aufgenommen, aber auch wieder verabschiedet. Doch das Aufgenommene hat keinen Einfluss auf die bereits entstandenen Persönlichkeitsmerkmale. Um das Verhalten und Handeln zu beeinflussen, müssen die ersten drei Ebenen des limbischen Systems angesprochen werden. Die bewussten und unbewussten Emotionen beeinflussen die Handlungen des Menschen. Der Hippocampus verbindet das emotionale und das rationale Gehirn. Dies geschieht durch die Aufnahme von neuen Informationen, die von außen kommen und der Verknüpfung mit bereits bestehenden weiter zurückliegenden Informationen. Daraus werden nun sinnvolle Zusammenhänge erstellt und Erfahrungen beeinflusst. Emotionaler Stress sorgt für eine hochsensible Erregung des Hippocampus. Die Strukturen nehmen Schaden bei einem zu großen Reizeinfluss. Außerdem führt eine gesteigerte Aktivität der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse, auch "Stressachse" genannt, zu einer vermehrten Freisetzung von Cortisol aus der Nebennierenrinde. Dies beeinflusst den Hippocampus, der vermehrt Glukokortikoid-Rezeptoren besitzt. Die ständige Stimulierung dieser Rezeptoren führt über einen längeren Zeitraum zu einer Atrophie (Verkümmerung) und schließlich zu einer Verkleinerung des Hippocampus. Erlebnisse wie sehr schlechte Bindungserfahrungen oder Misshandlung können zu einer Erhöhung von Stresshormonen wie Cortisol und Noradrenalin führen und damit zu einer frühen Schädigung dieser Hirnregion. Der Hippocampus kann sich

jedoch weiterentwickeln, da er immerzu neue Verbindungen von Hirnzellen produziert, genannt synaptische Plastizität. Dadurch ist in einem gewissen Rahmen eine Entwicklung, Veränderung und Weiterentwicklung des Gehirns möglich. Die Gefühlsempfindungen können durch die Sensibilität der Rezeptoren für bestimmte Transmitter beeinflusst werden. Entscheidend ist die Empfindlichkeit des limbischen Systems auf beispielsweise Dopamin, Adrenalin, Cortison, Serotonin oder Endorphine (vgl. Dogs, Poelchau 2019, 29-34).

Ein Reiz wird über Tausende von Hirnzellen innerhalb von Millisekunden weitergegeben, bis der Reiz sowohl im rationalen als auch im emotionalen Gehirn verarbeitet wird. Die Hirnzellen brauchen eine bestimmte Konzentration von Neurotransmittern an ihren Synapsen, damit genau derselbe Reiz weitergeschaltet werden kann. Ist dies nicht der Fall, kommt es zu einer Verfälschung aufgrund eines Ungleichgewichts der Botenstoffe. Daher ist es von Bedeutung, dass die Stoffe im synaptischen Spalt in der richtigen Konzentration vorhanden sind. Die limbischen Ebenen bewerten hinsichtlich Bedrohlichkeit oder Belohnungsrelevanz und leiten ihre Informationen an das Arbeitsgedächtnis der kognitiv-sprachlichen Ebene weiter. Zusammengeführt wird alles über eine synchronisierte Aktivität der Zellen in den unterschiedlichen Bereichen. Die meisten Neuromodulatoren können je nach Rezeptortyp gehemmt oder erregt werden und damit ein Hirnareal entweder aktivieren oder deaktivieren. Alle eintreffenden Reize werden durch die Verarbeitung im limbischen System affektiv eingefärbt (vgl. Dogs, Poelchau 2019, 35-38)

Im Bezug auf Schmerz spielt das emotionale Gehirn eine wichtige Rolle. Es wird kein Unterschied gemacht ob der Mensch akut unter körperlichen Schmerzen leidet, ob er sich an etwas Schmerzhaftes erinnert, er über aktuell oder zukünftig Schmerzhaftes nachdenkt oder er gerade emotional schmerzhaft berührt wird. Bei emotionalem, biografischem oder sozialem Schmerz wird dasselbe Zentrum aktiviert wie bei körperlichem Schmerz. Daher ist es dem Menschen nicht möglich, trotz anderer Wahrnehmung, exakt zu differenzieren ob die akuten Schmerzen aus vergangenem oder gegenwärtigem Schmerz bestehen. Der Schmerzimpuls, welcher von der Peripherie zum Gehirn geht, dort verschaltet und wieder in die exakte Stelle der Peripherie zurückgeschaltet wird, ist alles andere als objektiv. Ein Schmerzreiz wird, wie jeder andere Reiz auch, bezüglich seiner Bekanntheit geprüft. Somit ist es möglich, dass eine geringfügige Verletzung eine innere Schmerzerfahrung abrufen, die den Sympathikus (Aufregung) aktiviert und diese Erfahrung dann in die Peripherie projiziert wird. Auch in diesem Fall spielen individuelle Erfahrungen, die Gedanken, die Persönlichkeit, die körperliche Verfassung und sogar der äußere Kontext eine bedeutende Rolle (vgl. Ennenbach 2015, 45-47).

5.2 Psychosomatik

Die Psychosomatik beschäftigt sich mit den Wechselwirkungen zwischen Psyche und Soma. Der Körper bildet in gewisser Weise die Übersetzung der Seele ins Sichtbare. Wird ein individuelles psychisches Problem nicht anerkannt, manifestiert es sich über den Körper. Da alle Erkrankungen in demselben Organismus stattfinden, ist es nicht möglich rein körperliche Erkrankungen oder rein psychische Erkrankungen zu diagnostizieren. Der Körper bildet die materielle Ausdrucksform des Menschen. Er ist aus Zellen zusammengesetzt und durchdrungen von Nervengewebe und chemischen Botenstoffen. Jedoch ist der Mensch oft auf sein Äußeres fokussiert, da es leichter erscheint Materie zu beeinflussen, als die Psyche. Sie bildet die innere Einheit des Menschen. Das macht es oftmals so schwer Einfluss darauf zu nehmen. Der Mensch hat eine Ahnung ihres Wirkens, weiß jedoch fast nichts über das Zustandekommen. Das Bewusstsein im Bezug auf das Zusammenwirken von Körper und Seele bildet das Grundgerüst um eine ganzheitliche Sichtweise auf den Menschen zu erlangen. Nichtsdestotrotz wird immer wieder der Versuch einer Trennung unternommen. Der Zusammenhang von universellen und individuellen Aspekten ist vielmals hilfreich um psychosomatische Beschwerden diagnostizieren zu können. Der Mensch wird beeinflusst durch gesellschaftliche, soziale und auch berufliche Faktoren (vgl. Ennenbach 2015, 17-19).

5.3 Lernfähigkeit

Durch das Lernen von etwas Neuem, verändert sich etwas strukturell nachhaltig im Gehirn. Eine Veränderung im Kopf sorgt für eine konkrete Neuausrichtung der Nervenzellen. Diese richten sich bei regelmäßiger Aktivierung und der damit einhergehenden Stimulierung neu aus. Die Dendriten der Neuronen verschalten elektrische und chemische Impulse und stellen sich sehr schnell auf neue Gegebenheiten ein. Sie wachsen oder bilden sich zurück und ändern damit ihre plastische Form. Werden Nervenzellen regelmäßig aktiviert, vernetzen sie sich stärker. Alles, was regelmäßig übt und wiederholt wird, führt zu einer strukturell nachhaltigen Veränderung innerhalb des Gehirns. Durch Förderung und Wiederholung eignet ein Mensch sich Neues an, dem Prozess des Lernens unterliegend. Neuigkeiten und Aktivitäten unterstützen den Lernprozess, jedoch haben auch negative Wiederholungen ihre Konsequenzen und werden gleichermaßen gespeichert. Damit sind auch unheilsame Angewohnheiten, Obsessionen oder Süchte erklärbar. Wiederholungen schaffen Strukturen im Gehirn und festigen diese (vgl. Ennenbach 2015, 49-53).

5.4 Schmerz und Bewertung

Ein eintreffender Schmerzreiz am Sympathikus des vegetativen Nervensystems sorgt für Stress des Körpersystems. Darauf folgt ein erhöhter Blutdruck, erhöhte Blutwerte, erhöhte Stresshormonwerte, erhöhte Muskelspannungen, schlechtere Verdauung und eine Schwächung des Immunsystems. Auch erinnerte und psychische Schmerzen lösen exakt dieselben Folgen aus. Die Wechselwirkung von Körper und Seele ist erstaunlich. Schmerz ist in der Lage, psychischen und körperlichen Stress hervorzurufen. Der Schmerzimpuls, der zunächst vage wahrgenommen wird. Erst im Großhirn entsteht die bewusste Wahrnehmung. Ist die Wahrnehmung vorhanden, wird der elektrische Impuls in den vorderen Bereich des Gehirns weitergeleitet, wo Bewertungen stattfinden. Die ersten Symptome entstehen auf vegetativer Ebene und werden nicht sofort bemerkt. Erst bei Weiterleitung und Eintreffung im Großhirn, reagiert der Verstand. Ist der Mensch sehr abgelenkt oder befindet er sich in einer Stresssituation, kann es vorkommen, dass Symptome erst spät oder auch zu spät wahrgenommen werden. Bei Aktivierung des Verstandes kommt es meist zu zusätzlichem Stress, da zu der neutralen Schmerzinformation die subjektive Bewertung hinzu kommt. Die Bewertung sorgt für eine Aufrechterhaltung der Sympathikusaktivierung, die zu weiterem Stress und Aufregung führt. Es treten weitere Schmerzreize auf, die das Nervensystem weiter aktivieren. Daraus entsteht ein Teufelskreis mit sich verstärkenden Schmerzempfindungen. Ein anderer Umgang mit dem Schmerz kann durch die Aktivierung des Parasympathikus erreicht werden, der eine Beruhigung erzeugt. Nachfolgende Schmerzimpulse finden nun ein deutlich ruhigeres Nervensystem vor, das sogar körpereigenes Morphin (Endorphine) zur Schmerzlinderung erzeugt. Die persönliche Umgangsweise und insbesondere die Bewertungen spielen eine wichtige Rolle bei der Krankheitsverarbeitung. Der Sympathikus wird jedoch nicht nur durch körperliche Signale in Form von Schmerzen, aktiviert, sondern auch durch Erinnerungen, Gedanken oder durch aktuelle äußerliche Eindrücke, die bereits Erlebtes wieder hervorholen. (vgl. Ennenbach 2015, 55-59).

6. Praktischer Teil

Das Experiment bezieht sich auf die Wahrnehmung von Schmerzen. Ebenfalls stützen sich die Teilversuche auf Hypothesen, wie die Schmerzempfindung durch psychische und physische Faktoren beeinflusst werden kann. An dem Experiment nahmen insgesamt 30 ProbandInnen teil, die den Versuch jeweils zweimal durchführten.

6.1 Versuchsaufbau

Der Versuchsansatz bezieht sich auf einen gesetzten Schmerz im Zeigefinger. Um diesen messen zu können, wurde der folgende Versuchsaufbau erstellt: An einem Stativ wurde in einer bestimmten Höhe mithilfe einer Doppelmuffe ein Seitenarm befestigt. Dieser steht im rechten Winkel zum Stativ. In der eigentlichen Zange des Seitenarms wurde anschließend ein Federkraftmesser befestigt, der jedoch frei beweglich bleiben musste. Am unteren Ende wurde ein Metallring eingehängt, durch den die ProbandInnen ihren Zeigefinger der dominanten Hand legen sollten. Mit der anderen Hand sollten die ProbandInnen einen Zahnstocher unterhalb des Federkraftmessers senkrecht aufgestellt werden. Der Zeigefinger sollte mit seinem Endglied auf dem Metallring liegen, so dass die Fingerkuppe ohne Druck auf der Spitze des aufgestellten Zahnstochers lag.

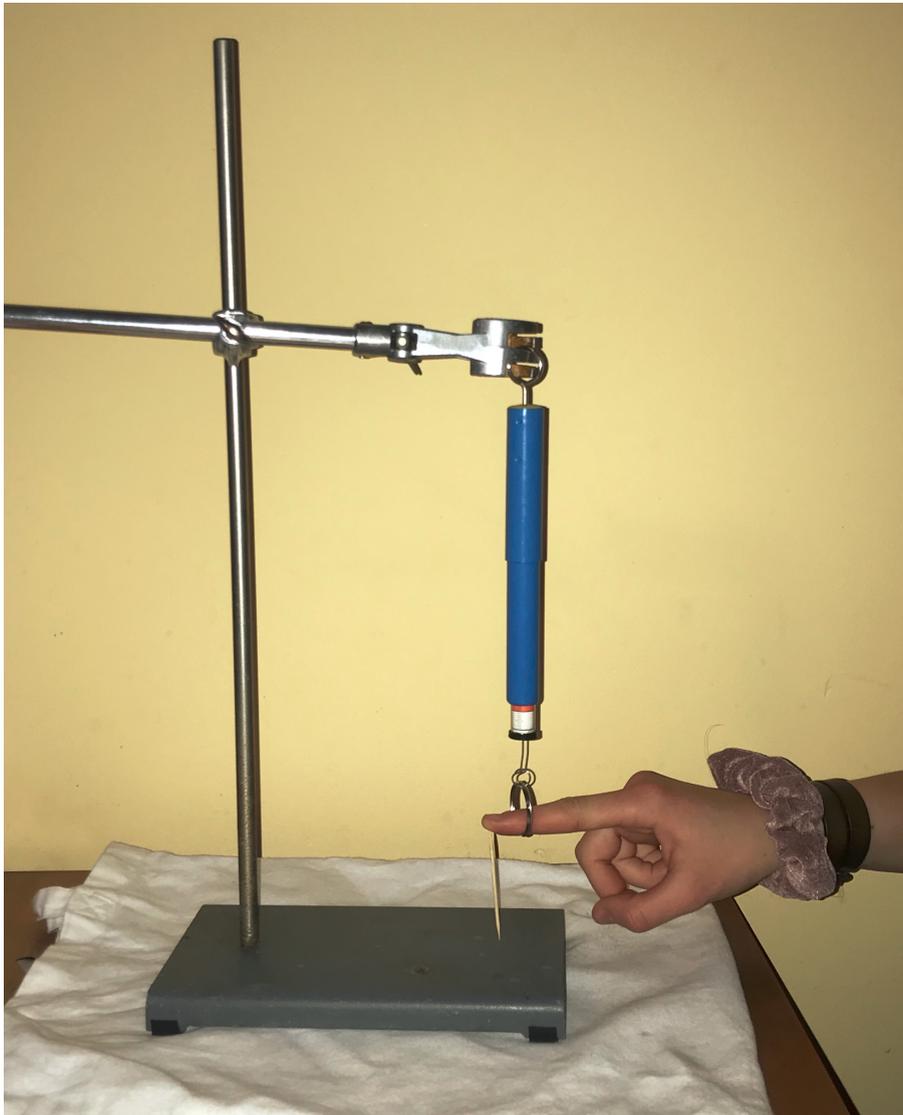


Foto: Versuchsaufbau

6.2 Versuchsdurchführung

Der zuvor beschriebene Versuchsaufbau bildete für den Basisversuch die Grundlage. Beim Basisversuch wurden die ProbandInnen aufgefordert, mit ihrem Zeigefinger so kräftig wie möglich Druck auf die Zahnstocherspitze auszuüben. Dabei notierte sich die Versuchsleiterin den maximalen Druck (in Newton), den der Federkraftmesser anzeigte und stoppte die Zeit (in Sekunden). Dadurch sollte die persönliche Schmerzempfindung ermittelt werden und ein Vergleich zu dem von entweder physischen oder psychischen Faktoren beeinflussten Versuch gebildet werden. Wie bereits bekannt, ist Schmerz eine subjektive Empfindung, welche durch die Persönlichkeit des Individuums beeinflusst werden kann. Deshalb ist es nicht möglich Schmerzempfindungen verschiedener ProbandInnen miteinander vergleichen zu können. Ziel des Versuchs ist es denselben Schmerz bei allen Probanden auszulösen. Zusätzlich wurde die Druckintensität und die Druckdauer gemessen, welche im Zusammenhang miteinander einen Wert ergeben, der sich mit anderen vergleichen lassen. Mit diesem Versuch sollte subjektiver Schmerz mess- und auswertbar gemacht werden. Bei den teilnehmenden 31 ProbandInnen handelt es sich um 15 Probandinnen und 16 Probanden. Jeder von diesen hat den Basisversuch durchgeführt. Alle ProbandInnen befinden sich im Alter zwischen 16 und 19 Jahren. Der Versuch wurde nur einmal durchgeführt und der Durchgang wurde nach maximal 90-100 Sekunden für beendet erklärt.

Der Datenaufnahme liegen verschiedene Hypothesen zugrunde, die im Folgenden erläutert werden.

6.3 Hypothese eins: Geschlechtsunterschiede

Die erste Hypothese bezieht sich auf Geschlechtsunterschiede. Das männliche Geschlecht ist aufgrund der Evolution meist größer und stärker, als das weibliche Geschlecht, da diese als Jäger umherzogen. Daraus lässt sich die Hypothese ableiten, dass das männliche Geschlecht schmerzunempfindlicher als das weibliche Geschlecht ist, da Männer Schmerzen in bestimmten Situationen weniger stark wahrnahmen oder unterdrückten. Ein zusätzlicher Aspekt könnte die Geschlechterdarstellung der Gesellschaft sein: Männer sollten seit Jahrzehnten wenig Schwäche zeigen, sodass die Erziehung darauf abzielte, Schmerzen und Gefühle zu unterdrücken.

Tabelle 1.1 zeigt die Rohwerte zum Basisversuch

weiblich	Newton	Sekunden	N x sec	männlich	Newton	Sekunden	N x sec
w1	0,5	59,5	29,8	m1	0,5	72,5	36,3
w2	0,3	90,8	27,2	m2	1,2	12,5	15
w3	0,7	92,1	64,4	m3	0,7	19,2	13,4
w4	0,7	94,6	66,2	m4	0,5	13,5	6,7
w5	0,4	40,7	16,2	m5	0,4	11,9	4,8
w6	0,5	91	45,5	m6	0,4	91,6	36,6
w7	0,4	65	26	m7	0,8	91,5	73,2
w8	0,2	91,5	18,3	m8	0,4	91,3	36,5
w9	0,7	90,1	63,1	m9	0,4	5,1	2
w10	0,5	91	45,5	m10	0,7	24,1	16,9
w11	0,6	91	54,6	m11	0,6	49,9	29,9
w12	0,6	91,8	55,1	m12	0,6	50,6	30,4
w13	0,5	21,4	10,7	m13	0,9	68,8	61,9
w14	0,8	20,7	16,6	m14	0,3	27,2	8,1
w15	0,7	65	45,5	m15	0,7	41,4	29
				m16	0,4	48,6	19,4
Mittelwert	0,54	73,08	39	Mittelwert	0,59	44,9	26,3
Maximum	0,8	94,6	66,2	Maximum	1,2	91,6	73,2
Minimum	0,2	20,7	10,7	Minimum	0,3	5,1	2

Anhand der Daten lässt sich feststellen, dass die Probanden im Durchschnitt auf eine höhere Newtonzahl kamen (m: 0,59N; w: 0,54N), die Probandinnen jedoch im Durchschnitt wesentlich länger Druck auf den Zahnstocher ausgeübt hatten (m: 44,9 sec.; w: 73,08 sec.). Daraus folgt, dass die Probandinnen schmerzresistenter waren als die Probanden. Auch in der Berechnung des Mittelwerts von Zeit und Newton lässt sich erkennen, dass die Probandinnen deutlich resistenter im Bezug auf Schmerz waren (m: 26,3 N x sec.; w: 39 N x sec.). Die Streuung zwischen den Maximal- und Minimalwerten ist jedoch bei den Probanden größer als auf Seiten der Probandinnen (m: Min. 0,3 N Max. 1,2 N; w: Min. 0,2 N Max. 0,8 N sowie m: Min. 2 N x sec. Max. 73,2 N x sec.; w: Min. 10,7 N x sec. Max. 66,2 N x sec.).

Dies lässt vermuten, dass die meisten Frauen deutlich mehr an Schmerzen leiden, insbesondere an Menstruationsschmerzen, und somit besser an Schmerzempfindung adaptiert sind. Das Alter sowie soziale und psychische Faktoren könnten weiteren Einfluss auf die Schmerzen der Frau haben. Zusätzlich lässt sich sagen, dass die Probandinnen im Durchschnitt weniger Druck auf den Zahnstocher ausgeübt haben, dadurch jedoch den

Druckschmerz eine längere Zeitspanne aushalten konnten. Die Probanden, die besonders viel Druck aufgebaut hatten, hielten diesen nur über eine kürzere Zeitspanne aus. Die Schmerzen der Probandinnen könnten somit leichter aushaltbar bzw. vom Verstand leichter ausblendbar sein, als stärkere Schmerzen. Auch der Einfluss von Hormonen wie Östrogen und Progesteron könnte wesentlich sein und die Schmerzempfindung beeinflussen, da Frauen in der Schwangerschaft weniger empfänglich sind für Schmerzen. Auch dies könnte Vorteile in der Evolution beinhalten, immerhin bietet dies einen Überlebensvorteil.

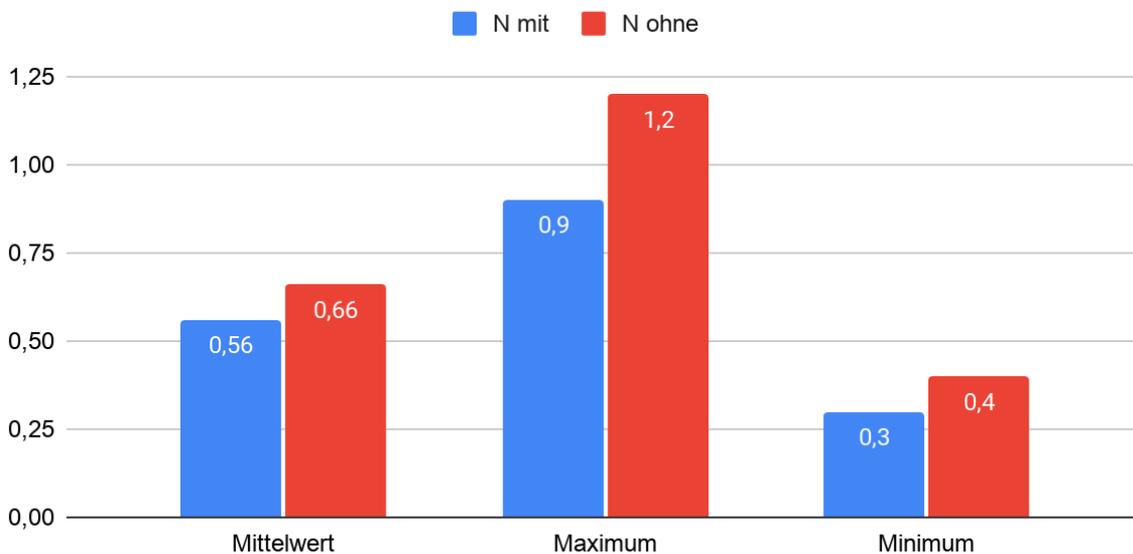
6.4 Hypothese zwei: Vorerfahrungen in Bezug auf Schmerz

Die zweite Hypothese bezieht sich auf bereits bestehende Vorerfahrungen im Bezug auf Schmerz. Ein Proband ist schmerzempfindlicher, wenn dieser bereits im Vorhinein unter stärkeren Schmerzen litt. Aus den bereits erlebten Schmerzen entsteht bei häufiger Erregung ein Schmerzgedächtnis. Innerhalb des Hippocampus stehen das kognitive Lernen und das Gedächtnis in Zusammenhang miteinander. Auch das limbische System spielt eine wichtige Rolle im Bezug auf die Erinnerung von Schmerz. Das Gedächtnis, welches alle eingehenden Informationen speichert und mit bereits vorhandenen Inhalten verknüpft, kann somit einen negativen “Lerneffekt” in Bezug auf Schmerz verzeichnen. Die zuständigen Synapsen adaptieren somit an den Schmerzimpuls, werden dadurch sensibler und deshalb wird der Schmerzreiz frühzeitiger ausgelöst. Die erhobenen Daten beziehen sich allein auf die männlichen Teilnehmer, da alle weiblichen Teilnehmenden bereits eine Vorerfahrung im Bezug auf Schmerzen hatten. Um dies bewerten zu können, bekamen die ProbandInnen im Vorhinein einen Fragebogen, der insgesamt wichtige Informationen enthielt, die zur Durchführung des Versuchs relevant waren.

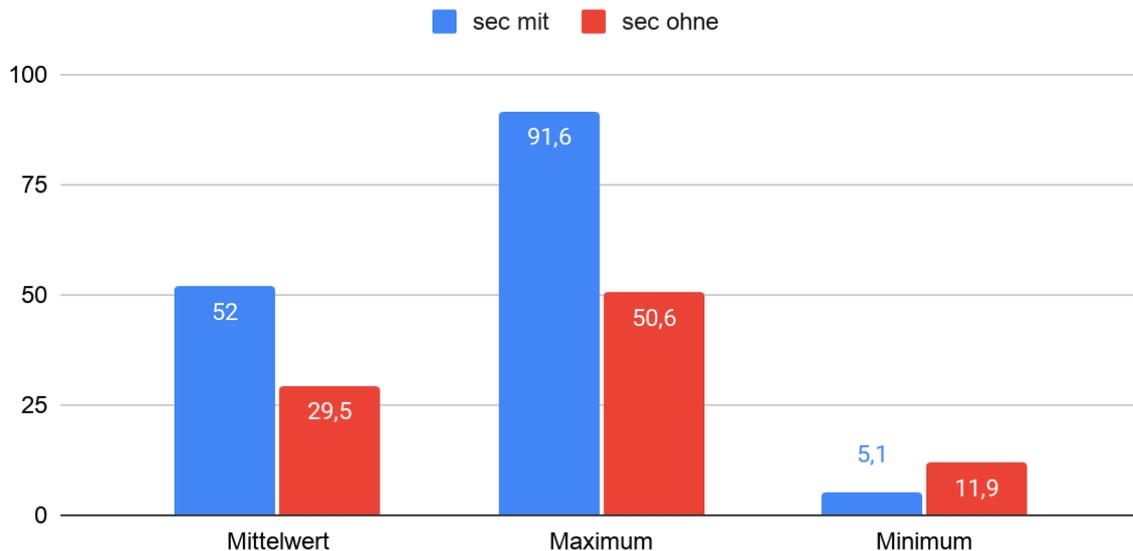
Tabelle 1.2 Daten im Bezug auf bestehende und nicht bestehende Schmerzvorerfahrung

Schmerzvorerfahrung							
mit n=11	N	sec	N x sec	ohne n=5	N	sec	N x sec
Mittelwert	0,56	52	30,3	Mittelwert	0,66	29,5	17,3
Maximum	0,9	91,6	73,3	Maximum	1,2	50,6	30,4
Minimum	0,3	5,1	2	Minimum	0,4	11,9	4,8

1.1 Newtonwerte der Probanden mit und ohne Schmerzerfahrung



1.2 Dauer der Durchführung von Probanden mit und ohne Schmerzerfahrung



Dem Diagramm 1.1 lässt sich entnehmen, dass die Probanden ohne bereits bestehende Schmerzerfahrung deutlich mehr Druck auf den Zahnstocher ausgeübt hatten, als die Probanden mit Vorerfahrung. Die Probanden, welche zuvor bereits Erfahrung mit stärkeren Schmerzen gemacht hatten, waren größtenteils schmerzempfindlicher als die Probanden, welche im Vorhinein keine Erfahrung mit Schmerzen gemacht hatten, die den Probanden einschränkten. Im Bezug auf das Diagramm 1.2 jedoch, lässt sich feststellen, dass die

Probanden mit schmerzlicher Vorerfahrung über eine viel längere Zeitspanne ihren Druck beibehalten konnten, als die Schmerz unerfahrenen Probanden. Grund dafür könnte sein, dass innerhalb der Langzeitgedächtnisses eine Art Speicherung bereits erlebter Informationen entsteht. Neu eingehende Informationen werden mit den bereits bestehenden Inhalten abgeglichen. Auch das Schmerzgedächtnis spielt dabei eine immense Rolle. Ist der Organismus bereits mit stärkeren Schmerzen in Berührung gekommen, wurde im Langzeitgedächtnis eine negativ behaftete Erinnerung erstellt, welche an den Verstand übermittelt wird. Zusätzlich lässt sich aussagen, dass bei Probanden mit Schmerzerfahrung schneller eine Adaption an den Schmerzimpuls stattfindet und diese den Schmerzimpuls deshalb für einen längeren Zeitraum ertragen. Somit kann es vorkommen, dass die Probanden mit schmerzlicher Vorerfahrung vorsichtiger beziehungsweise empfindlicher auf erneute Schmerzen reagieren, während die Probanden ohne großartige Schmerzempfindung keinerlei Hemmungen im Bezug auf die Schmerzen aufwiesen, dennoch erfolgt eine schnellere Adaptation an den Impuls bei Probanden mit bereits bestehender Erfahrung im Bezug auf Schmerz.

Die erhobenen Daten beziehen sich jedoch auf einen sehr geringen Bestand von 11 Teilnehmern mit Schmerzerfahrung und nur 5 Teilnehmern ohne bekannte Schmerzvorerfahrung, weshalb die Aussagekraft der Auswertung gering ist.

6.5 Hypothese drei: Einfluss der Stimmung auf Schmerzerleben

Die dritte Hypothese in Bezug auf den Basisversuch, ist die emotionale Stimmung des Probanden. Das limbische System ist für die emotionale Verknüpfung mit den eingehenden Reizen verantwortlich. Außerdem beeinflussen Emotionen die Wahrnehmung von Reizen. Ist ein Proband besonders negativ gestimmt, sind die Rezeptoren viel sensibler für Schmerzreize. Ist ein Proband positiv gestimmt, kann es sogar vorkommen, dass die Glückshormone die Schmerzwahrnehmung überlagern oder zumindest in den Hintergrund drängen. Die Umfragebögen, welche die Probanden im Vorhinein ausfüllten, umfasste eine visuelle Analogskala (VAS), in welcher sie ihre derzeitige Stimmung eintragen sollten. Visuelle Analogskalen werden häufig im Zusammenhang mit der Schmerzempfindung angewandt, eignen sich jedoch auch sehr gut um die Grundstimmung der Teilnehmenden zu erfassen.

Die verwendete Skalierung erstreckt sich über 150 Millimeter. Von 0 bis 50 Millimeter wurde ein Bereich der positiven Stimmung, von 50 bis 100 Zentimeter gilt der Bereich der neutralen und ab 100 bis 150 Millimeter der negativen Stimmung eingeteilt.

Tabelle 1.3 Daten der VAS positiver Stimmung

ProbandInnen				
positiv n= 19	VAS mm	Newton	Sekunden	N x sec
Mittelwert	29	0,56	55,7	30
Maximum	47	1,2	94,6	73,2
Minimum	0	0,2	5,1	2

Tabelle 1.4 Daten der VAS negativer Stimmung

ProbandInnen				
negativ n=5	VAS mm	Newton	Sekunden	N x sec
Mittelwert	114,4	0,5	44,2	21
Maximum	150	0,7	91	45,5
Minimum	101	0,4	19,2	10,7

Von 31 ProbandInnen war die Stimmung bei 19 ProbandInnen im positiven, bei 7 ProbandInnen im neutralen und bei 5 ProbandInnen im negativen Bereichs. Die Daten der ProbandInnen mit neutraler Stimmung wurden bei der Auswertung nicht miteinbezogen, da diese für die Hypothese irrelevant sind. Die Tabelle der ProbandInnen mit positiver und negativer Stimmung zeigt, dass der Mittelwert, sowohl bzgl. Newton, Zeit sowie Zeit mal Newton zusammengenommen, ein höhere Ergebnisse bei den positiv gestimmten ProbandInnen als bei den negative gestimmten ProbandInnen ergibt. Der Newton-Mittelwert der positiv gestimmten ProbandInnen beträgt 0,56, während der Mittelwert der negativ gestimmten ProbandInnen 0,5 beträgt. Deutlicher wird der Unterschied im Bezug auf den zeitlichen Mittelwert. Dieser beträgt bei den positiv gestimmten ProbandInnen 55,7 Sekunden und bei den negativ gestimmten ProbandInnen 44,2 Sekunden. Betrachtet man jedoch die Maximums- und Minimumswerte, so lässt sich feststellen, dass die Streuung bei den positiv gestimmten Probanden größer ausfällt, als bei den negativ gestimmten Probanden (positiv: Min. 0,2 N und Max. 1,2 N; negativ: Min. 0,4 N und Max. 0,7 N). Somit hat sich die Hypothese bestätigt, dass die Stimmung der ProbandInnen Einfluss nimmt auf deren persönliche Schmerzwahrnehmung.

Doch auch diese Aussagekraft ist begrenzt, da der ProbandInnenanteil der negativ gestimmten ProbandInnen sehr gering war im Vergleich zu den positiv gestimmten Probanden.

Ein weiterer Faktor, der beim Auswerten der visuellen Analogskalen auffiel, ist, dass die männlichen Teilnehmer deutlich positiver gestimmt waren, viele gaben ihre Stimmung zwischen 0 und 25 Millimetern an. Die weiblichen Teilnehmer hingegen gaben ihre

Stimmung vermehrt in Richtung des neutraleren Bereichs orientiert an, mit Werten zwischen 35 und 70 Millimetern, und tendierten auch zusätzlich mehr zum negativen Bereich.

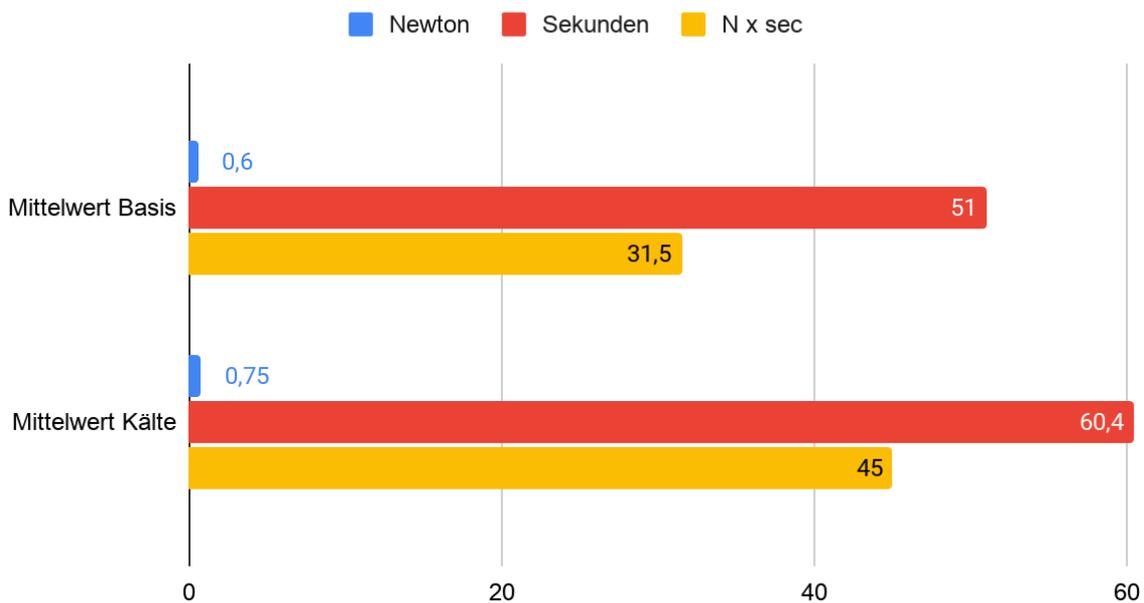
6.6 Hypothese vier: Kältespray vs. Basisversuch

Die vierte Hypothese bezieht sich auf den Basisversuch, jedoch wird dem Probanden vor der Durchführung des Versuchs Eisspray auf den Zeigefinger der dominanten Hand gesprüht, um eine physische Einwirkung vorzunehmen. Durch die lokale Betäubung könnte es möglich sein, dass die ProbandInnen eine geringere Schmerzempfindlichkeit aufweisen, denn Schmerzreize sowie Temperaturreize werden über dieselben Nervenbahnen geleitet. Wurde der Temperaturreiz als erstes gesetzt, könnte es vorkommen, dass dieser priorisiert wird und der Schmerzreiz zwar vom Thalamus dumpf wahrgenommen wird, dieser aber nicht als wichtig empfunden wird, um direkt zum Großhirn weitergeleitet zu werden.

Tabelle 1.5 Rohdaten im Vergleich von somatischer Beeinflussung gegenüber Basisversuch

Somatisch				Basis			
ProbandIn	Newton	Sekunden	N x sec	ProbandIn	Newton	Sekunden	N x sec
w1	0,5	67,6	33,8	w1	0,5	59,5	29,8
w3	1,2	91,8	110,2	w3	0,7	92,1	64,4
w4	0,8	91,3	73	w4	0,7	94,6	66,2
w6	0,2	41,4	8,3	w6	0,5	91	45,5
w9	1,2	91,9	110,3	w9	0,7	90,1	63,1
m1	0,5	97,5	48,8	m1	0,5	72,5	36,3
m2	1,3	18,5	24	m2	1,2	12,5	15
m3	0,8	18,6	14,9	m3	0,7	19,2	13,4
m4	0,7	17,9	12,5	m4	0,5	13,5	6,7
m5	0,7	91,7	64,2	m5	0,4	11,9	4,8
m9	0,8	6	4,8	m9	0,4	5,1	2
m12	0,4	91,5	36,6	m12	0,6	50,6	30,4
	Newton	Sekunden	N x sec		Newton	Sekunden	N x sec
Mittelwert	0,75	60,4	45	Mittelwert	0,6	51	31,5
Maximum	1,3	97,5	110,3	Maximum	1,2	94,6	66,2
Minimum	0,2	6	4,8	Minimum	0,4	5,1	2

1.3 Mittelwert im Vergleich von Basisversuch und Kälteversuch



Insgesamt nahmen 12 ProbandInnen an dem Versuch teil. Dabei handelte es sich um 5 ProbandInnen und 7 Probanden. Die erhobenen Daten im Bezug auf die Einflussnahme von Kälte auf die Schmerzempfindung, lässt sich besonders gut am Mittelwert zeigen. Im Vergleich zum Basisversuch, ist die Einflussnahme der Kälte immens. Der Newton-Mittelwert liegt beim Basisversuch bei 0,6 N. Im Kontrast dazu steht der durchschnittliche Newtonwert des Kälteversuchs mit 0,75 N. Auch zeitlich lässt sich ein Anstieg von durchschnittlich 51 Sekunden auf 60,4 Sekunden vermerken. Dadurch, dass diese beiden Werte anstiegen, ist auch der Wert, welcher Newton und Zeit in ein Verhältnis zueinander setzt, angestiegen von 31,5 N x sec. beim Basisversuch auf 45 N x sec. mit der Beeinflussung durch Kältespray. Daraus lässt sich ableiten, dass der physische Faktor Kälte einen direkten Einfluss auf die Schmerzwahrnehmung hat. Ebenfalls ist sicher, dass sowohl Schmerz- als auch Temperaturempfinden subjektiv sind. Beide Reize werden über dieselben Nervenbahnen geleitet, welche dezentralisiert liegen und deshalb bei einer Nervenverletzung am stärksten betroffen sind. Ebenfalls verfügen diese über fast keine Myelinscheiden, sodass die Reize langsam geleitet werden können. Wenn jedoch der Temperaturreiz vor dem Schmerzreiz gesetzt wird, überlagert dieser die Empfindung im Bezug auf Schmerzen.

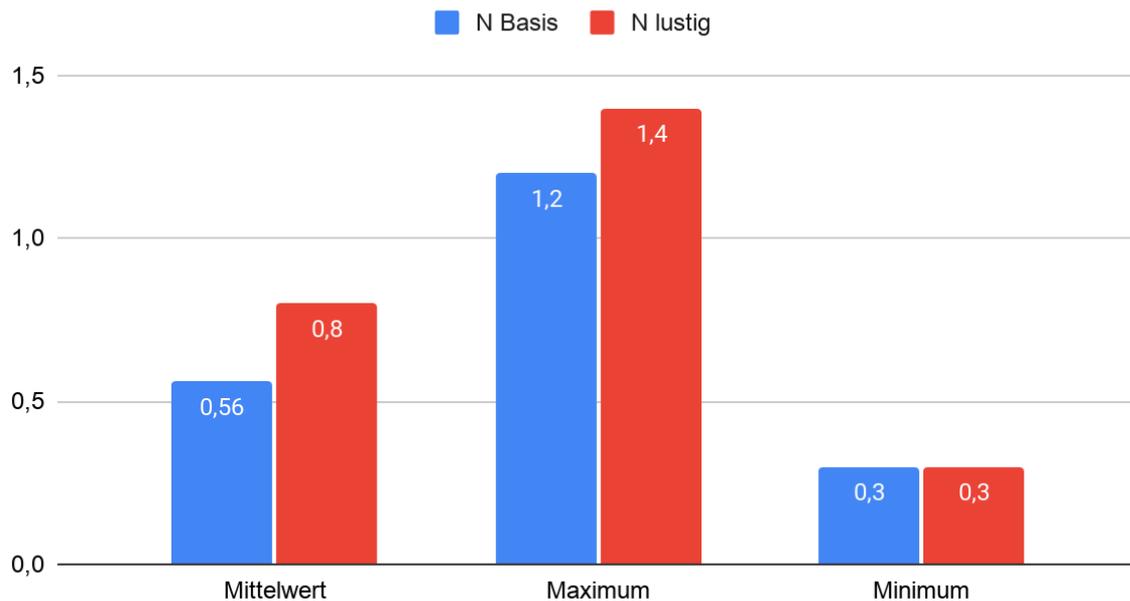
6.7 Hypothese fünf: Gute Laune-Video

Schmerz ist nicht nur physikal beeinflussbar, sondern auch psychisch. Das limbische System ist der Hauptakteur im Bezug auf Emotionen und die emotionale Bewertung von Schmerzen. Diese und das Gedächtnis sorgen für die Einordnung des verschalteten Schmerzes. Daraus lässt sich ableiten, dass man die Schmerzempfindung durch die Auslösung von positiven Emotionen beeinflussen könnte. Um dies zu erreichen, wurde den ProbandInnen im Vorhinein des Versuchs ein lustiges beziehungsweise gute Laune machendes Video gezeigt. Im Anschluss führten die ProbandInnen das bereits geläufige Experiment durch. Zusätzlich trugen alle ProbandInnen vor Beginn und nach Anschauen des Videos auf einer visuellen Analogskala ihre Stimmung ein. Dadurch lässt sich nachweisen, ob das gezeigte Video einen Einfluss auf die Stimmung der ProbandInnen genommen hat. Das Video sollte die Ausschüttung von Glückshormonen auslösen, welche schließlich die Synapsenübertragung zwischen Nervenzellen und die Weiterleitung der Schmerzempfindung im Gehirn hemmen. Die Ausschüttung von Serotonin könnte sich besonders auf das Schmerzempfinden auswirken und dieses somit weniger sensibel machen. Zusätzlich wäre es möglich, dass Dopamin ausgeschüttet wird, welches besonders für Emotionen und Empfindungen zuständig ist.

Tabelle 1.6 Rohwerte im Vergleich auf psychische Beeinflussung lustig und Basisversuch

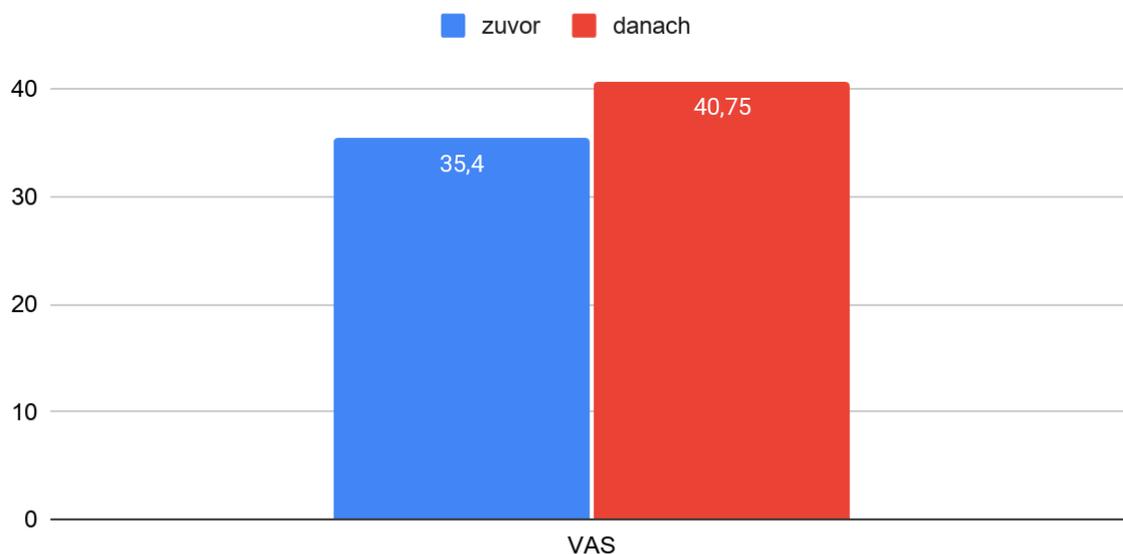
Psychisch	Lustig			Basis			
ProbandIn	Newton	Sekunden	N x sec	ProbandIn	Newton	Sekunden	N x sec
w1	0,4	12,4	5	w1	0,5	59,5	29,8
w2	0,5	91,6	45,8	w2	0,3	90,8	27,2
w5	0,3	22,1	6,6	w5	0,4	40,7	16,2
w7	0,6	41,4	24,8	w7	0,4	65	26
w11	0,7	91,6	64,1	w11	0,6	91	54,6
m1	0,7	100,7	70,49	m1	0,5	72,5	36,3
m2	1,3	10,7	13,91	m2	1,2	12,5	15
m6	1,2	91,5	109,8	m6	0,4	91,6	36,6
m10	1,4	41,4	58	m10	0,7	24,1	16,9
m11	0,9	44,4	39,9	m11	0,6	49,9	29,9
Mittelwert	0,8	54,8	43,8	Mittelwert	0,56	59,7	28,9
Maximum	1,4	100,7	109,8	Maximum	1,2	91,6	54,6
Minimum	0,3	10,7	5	Minimum	0,3	12,5	15

1.4 Schmerzwahrnehmung Basisversuch und lustiges Video



Die Daten wurden erhoben von jeweils 5 Probanden und Probandinnen. Das Diagramm zeigt, dass die Schmerzwahrnehmung der ProbandInnen im Durchschnitt weniger sensibel war als zuvor, sodass der Mittelwert von 0,56 beim Basisversuch auf 0,8 beim beeinflussten Versuch erhöht hat. Auch zwischen den beiden Maximalwerten liegt eine Differenz von 0,2 N. Erstaunlich ist jedoch, dass die Minimumwerte beider Versuche identisch sind mit 0,3 N. Die ProbandInnen gaben auf der visuellen Analogskala im Durchschnitt einen Wert von 40,75 mm an, bevor das Video gesehen wurde. Im Anschluss an das Video wurde erneut die derzeitige Stimmung auf der visuellen Analogskala verzeichnet und ergab im Durchschnitt 35,4 mm. Es lässt sich sagen, dass die bereits positive Stimmung durch Ansehen des fröhlich, lustigen Videos zusätzlich gehoben wurde, wenn auch nur gering. Die Einflussnahme auf das emotionale Empfinden ist somit zur selben Zeit eine Beeinflussung der Schmerzwahrnehmung (vgl. Diagramm 1.5).

1.5 Vorher- Nachher-Vergleich der Einflussnahme auf das Schmerzempfinden durch lustiges Video



6.8 Hypothese sechs: Trauriges Video

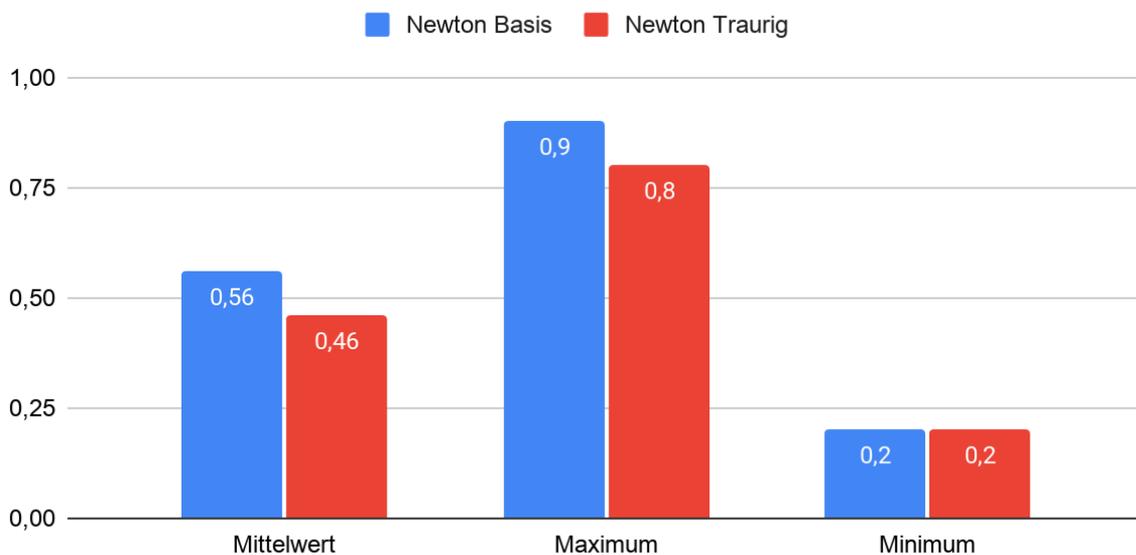
Das Gegenstück zur Beeinflussung der Schmerzwahrnehmung durch positive Emotionen bildet die Beeinflussung der Schmerzwahrnehmung durch negative Emotionen. In der Theorie wäre es möglich, dass die ProbandInnen verstärkt durch negative Emotionen beeinflusst werden, insbesondere durch Traurigkeit, da es in der heutigen Gesellschaft zur Normalität gehört, glücklich sein zu müssen. Somit geht diesem Versuch die Hypothese voraus, dass die Beeinflussung der Emotionen durch das Ansehen eines traurigen Videos, sehr viel mehr suggeriert und das Schmerzen sensibler wahrgenommen werden. Grund dafür könnte sein, dass der Körper durch negative Emotionen auch physisch betroffen ist und somit die Transmitter die Schmerzrezeptoren erregen, die dann die Schmerzreize vermehrt weiterleiten. Der Thalamus erhält mehr Schmerzreize und leitet diese weiter, da es durchgängig andauernde Impulse sind und diese priorisiert werden. Die negativen Emotionen im limbischen System beeinflussen die weitere Informationsleitung zum Großhirn, welches die eingehenden Informationen verarbeitet und mit bereits bekannten abgleicht. Durch negative Emotionen werden zusätzlich Hormone freigesetzt, die die Synapsenübertragung von Schmerzreizen sensibilisiert und erregt. Die Schmerzleitung würde dadurch schneller vonstatten gehen. Um eine Veränderung der Stimmung feststellen zu können, füllten die ProbandInnen ähnlich wie beim vorherigen Versuch eine visuelle Analogskala aus, die ihre derzeitige Stimmung verzeichnete. Im folgenden sahen sich die ProbandInnen ein trauriges

Video an und beantworteten daraufhin die Rückseite mit einer weiteren visuellen Analogskala. Schließlich wurde der Versuch durchgeführt.

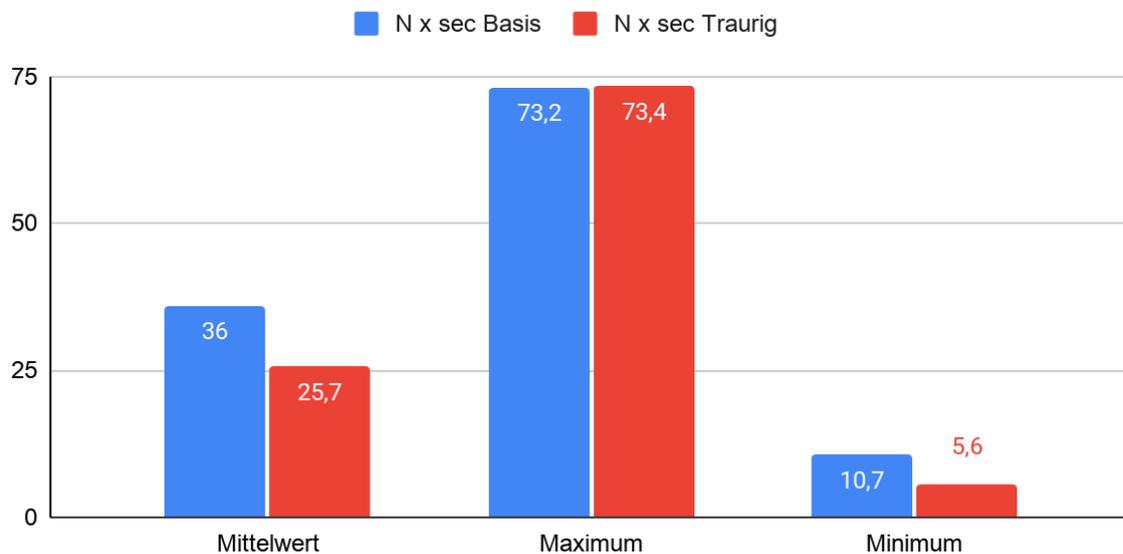
Tabelle 1.7 Rohwerte im Vergleich auf psychische Beeinflussung traurig und Basisversuch

Psychisch	Traurig			Basis			
ProbandIn	Newton	Sekunden	N x sec	ProbandIn	Newton	Sekunden	N x sec
w1	0,4	14,3	5,7	w1	0,5	59,5	29,8
w8	0,5	91,5	45,8	w8	0,2	91,5	18,3
w10	0,4	92	36,8	w10	0,5	91	45,5
w12	0,6	37,8	22,7	w12	0,6	91,8	55,1
w13	0,5	11,2	5,6	w13	0,5	21,4	10,7
w14	0,4	28,3	11,32	w14	0,8	20,7	16,6
m1	0,4	66,8	26,7	m1	0,5	72,5	36,3
m7	0,8	91,7	73,4	m7	0,8	91,5	73,2
m8	0,4	54,6	21,8	m8	0,4	91,3	36,5
m13	0,6	28,1	16,9	m13	0,9	68,8	61,9
m15	0,2	34,4	6,9	m15	0,7	41,4	29
m16	0,4	86,8	34,7	m16	0,4	48,6	19,4
Mittelwert	0,46	53,1	25,7	Mittelwert	0,56	65,8	36
Maximum	0,8	92	73,4	Maximum	0,9	91,8	73,2
Minimum	0,2	11,2	5,6	Minimum	0,2	20,7	10,7

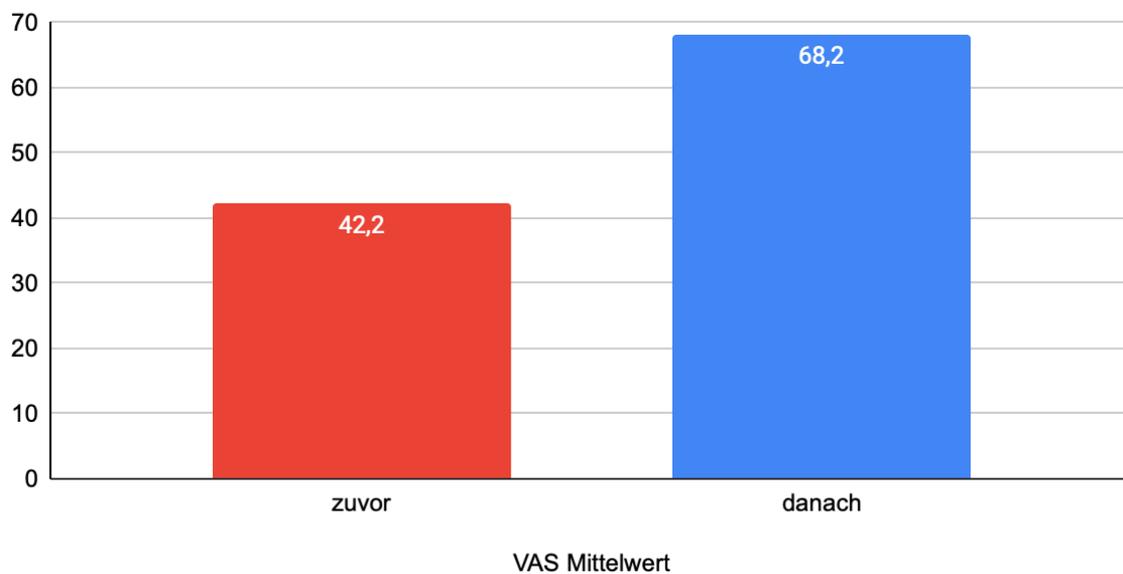
1.6 Vergleich von Basisversuch und Versuch beeinflusst mit traurigem Video



1.7 Vergleich Basisversuch und beeinflusster Versuch mit traurigem Video



1.8 Darstellung anhand der VAS über emotionale Beeinflussung der ProbandInnen



An dem folgenden Versuch nahmen jeweils 6 Probanden und ProbandInnen teil. Anhand von Diagramm 1.6 lässt sich feststellen, dass das Vorführen eines emotional belastenden Videos zu einem Absinken des durchschnittlichen Newton-Werts führte. Beim Basisversuch ergab der Newton-Wert 0,56 N, der emotional beeinflusste Versuch ergab 0,46 N. Auch die Maximalwert des beeinflussten Versuchs wich um 0,1 N vom Basisversuch ab. Nur die

Minimumwerte blieben konstant mit 0,2 N. Newton und Zeit zusammengenommen wie in Diagramm 1.7 verdeutlichen die gesunkenen Werte besonders im Durchschnitt von 36 beim Basisversuch auf 25,7 beim beeinflussten Versuch. Um diese Werte zu unterstützen, wurden die Werte der visuellen Analogskala hinzugefügt (siehe Diagramm 1.8). Daraus ergibt sich, dass die ProbandInnen auch bei sich selbst eine Veränderung der Stimmung festgestellt hatten. Lag der Wert der visuellen Analogskala im Vorhinein bei 42,2 mm, also im Bereich der positiven Stimmung, stieg dieser nach Ansehen des Videos auf 68,2 mm an, was dem Bereich der neutralen Stimmung entspricht. Diese Durchschnittswerte bestätigen, dass negative Emotionen deutlich mehr Einfluss auf die bereits vorherrschende Stimmung haben. Außerdem die Einwirkung von Trauer stärker als die der Glücksgefühle. Die ProbandInnen waren sensibler und drückten weniger stark sowie für eine kürzere Zeit. Die traurige Stimmung sorgte somit für eine höhere Sensibilität für den gesetzten Schmerzimpuls. Die Hypothese wurde erfüllt.

7. Resümee

Aus den zuvor erfassten Inhalten lässt sich zusammenfassen, dass das Schmerzerleben subjektiv ist und von Verschiedenstem beeinflusst werden kann, wie aus den Versuchen hervorging. Auch ist es möglich bewusst auf die Schmerzwahrnehmung einzuwirken mit physischen Einflüssen, aber auch mit psychischen Einflüssen. Dem allen vorausgesetzt wird die Erkenntnis, dass Soma und Psyche in Wechselwirkungen zueinander stehen und somit eine Einheit bilden, die nicht getrennt werden kann. Dies ist einer der Gründe, weshalb es zu chronischem Schmerz oder Phantomschmerz kommt. Auch wird ersichtlich, dass die Schmerzleitung ein komplexes System darstellt, welches besonders durch das limbische System und dessen Verbindung zum Kortex mit Emotionen und bereits gemachten Erfahrungen verknüpft wird. Zahlreiche Teiloperatoren bilden die Grundlage für das Erscheinungsbild Schmerz. Das Langzeitgedächtnis bewirkt eine Wiedererkennung von Schmerzen und beeinflusst die neuen Wahrnehmungen mit den bereits gemachten Erfahrungen. Anhand der Versuche ließ sich gut beobachten, dass der menschliche Organismus unbewusste Entscheidungen bezüglich des Selbstschutzes trifft und so schmerzverursachende Einflüsse umgeht. Die durchgeführten Versuche erbrachten neue Erkenntnisse und widerlegten zum Teil, die im Vorhinein erstellten Hypothesen.. Es ergab sich, dass Frauen nicht weniger schmerzempfindlich sind als Männer. Den Probanden ohne schmerzliche Vorbelastung fehlte es an Erfahrung, sodass diese mehr Druck ausübten, jedoch im Bezug auf die Zeit viel kürzer den Schmerzreiz ertrugen als bereits schmerz erfahrene

Probanden, was vermutlich mit der Adaptation zusammenhängt. Die Stimmung der ProbandInnen war ausschlaggebend für den erreichten Newton-Wert. Positive Stimmung bewirkte eine größere Schmerzresistenz, negative Stimmung hingegen bewirkte eine deutlich sensiblere Wahrnehmung für den Schmerzreiz. Ebenso verhielt sich es bezüglich der bewussten Einflussnahme auf die Stimmung in positiver und negativer Form. Beides machte sich bei der Schmerzempfindung bemerkbar, wobei die negative Beeinflussung deutlich mehr Wirkung zeigte. Zusätzlich konnte anhand der visuellen Analogskala erkenntlich gemacht werden, dass das Vorführen eines Videos die Stimmung der ProbandInnen beeinflussen konnte. Zu guter letzt wurde auch die Hypothese bestätigt, dass die Schmerzwahrnehmung auch durch Temperaturunterschiede beeinflusst werden konnte. Die Durchführung der Versuche belegte oder widerlegte nicht nur die erarbeiteten Hypothesen, sondern beinhaltete auch weitere Beobachtungen im Bezug auf den Umgang mit Schmerzen. Nur wenige ProbandInnen konzentrierten sich einzig und allein auf den gesetzten Schmerzimpuls. Viele starrten ins Leere oder konzentrierten sich auf Gegenstände im Raum, sodass sie abgelenkt waren. Wieder Andere begannen ein Gespräch um sich abzulenken oder beobachteten die Versuchsleiterin beim Dokumentieren. Daraus lässt sich schließen, dass der Mensch in der Lage ist, Schmerzen im gewissen Maße zu ertragen, jedoch schnell dazu übergeht eine Ablenkung zu suchen und versucht die Schmerzen weitestgehend auszublenden. Trotz, dass Schmerz überwiegend negativ konnotiert ist, ergibt sich aus dieser Arbeit, welche ein komplexes System der menschliche Organismus zum eigenen Schutz besitzt.

Literatur- und Quellenverzeichnis

Bähr, Mathias; Frotscher, Michael (⁸2003): *Duus' Neurologisch-topische Diagnostik. Anatomie-Funktion-Klinik*. Georg Thieme Verlag Stuttgart.

Brockhaus GmbH (²⁰1998): *Brockhaus. Die Enzyklopädie. Band 17*. F. A. Brockhaus Leipzig Mannheim.

Dogs, Christian Peter; Poelchau, Nina (³2019): *Gefühle sind keine Krankheit. Warum wir sie brauchen und wie sie uns zufrieden machen*. Ullstein Verlag Berlin.

Ennenbach, Matthias (¹2015): *Psychosomatik ist die Art und Weise wie wir alle funktionieren*. Windpferd Verlagsgesellschaft mbH Oberstdorf.

Zilles, Karl; Rehkämper, Gerd (³1998): *Funktionelle Neuroanatomie*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

IASP International Association for the Study of Pain (2020): *IASP Announces Revised Definition of Pain*. Online unter: <https://www.iasp-pain.org/PublicationsNews/NewsDetail.aspx?ItemNumber=10475>, abgerufen am 11.04.2021.

Kretschmer, Christian (2018): *Schmerzen im Überblick*. Online unter: <https://www.gelbe-liste.de/schmerztherapie/schmerzen>, abgerufen am 11.04.2021.

genutzte Videolinks:

Video, lustig (2013): *Pink Fluffy Unicorns Dancing on Rainbows*. Online unter: <https://www.youtube.com/watch?v=qRC4Vk6kisY>, abgerufen am 11.04.2021.

Spielzeit: 0:00-1:00 min.

Video, traurig (2020): *If Anything Happens I Love You*. Online unter: <https://www.netflix.com/watch/81349306?trackId=13752289&tctx=0%2C0%2Cfe95eddcdbdf3fceebea49fd099a7fa0ac54c82f5%3Ae439ed104e2be6dec1f6dcba4004b73fe5674cea%2Cfe95eddcdbdf3fceebea49fd099a7fa0ac54c82f5%3Ae439ed104e2be6dec1f6dcba4004b73fe5674cea%2C%2C>, abgerufen am 11.04.2021

Spielzeit: 1:06-1:50 min.

Anhang

Foto: Formular zur Datenaufnahme im Vorhinein

Anmeldeformular

zum Schmerzexperiment im Rahmen des Biologie-Projektkurses
von Teresa Hentschel

Name:

Alter:

Geschlecht:

weiblich

männlich

Hättest du schon einmal stärkere Schmerzen? Bist du schmerzlich vorbelastet, z. B. durch einen Unfall oder anderes?

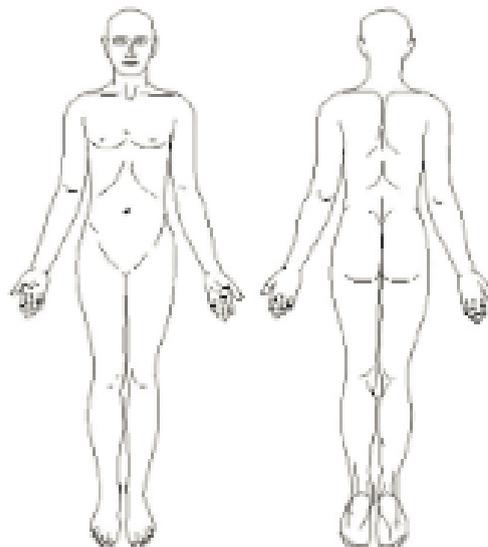
Zutreffendes bitte einkreisen:

Ja

Nein

Wenn ja, wo im Körper war/ist der Schmerz lokalisiert?

Bitte in das Körperschema einzeichnen:



Beschreibung der Lokalisation
und evtl. medizinischer Befund:

Wie würdest du deine Stimmung jetzt gerade beschreiben? Bitte ein Kreuz auf der folgenden Linie setzen:

positiv

negativ

z. B.
entspannt,
glücklich,
gelassen

z. B.
angespannt,
gestresst,
traurig

