

Aschenputtel im Nacken

Über (un-)märchenhafte Vorgänge im Trapezmuskel bei der Arbeit mit Maus und Tastatur

Michael Schnoz

Michael Schnoz, Dr. sc., Dipl. El.-Ing. ETH, hat an der ETH zum Thema Mechanismen bei der Entstehung muskuloskeletaler Beschwerden bei Bildschirmarbeit promoviert. 2006-2009 absolvierte er die Ausbildung zum Feldenkraispädagogen. Er ist Redaktor des SFV-Newsletters (Publikationsorgan der Mitglieder des Schweizerischen Feldenkrais Verbandes). Zur Zeit arbeitet er u.a. mit an der Entwicklung eines bionischen Hockers, der die Struktur und Mechanik der menschlichen Wirbelsäule imitiert. Der vorstehende Artikel ist die gekürzte Fassung eines Beitrags im SFV-Newsletter, Ausgabe Herbst 2010.

Kontakt: feldenkrais-and-science@gmx.net

Nackenbeschwerden bei der Arbeit am Bildschirm

Bei der Arbeit am Bildschirm ist der Nacken besonders häufig von Beschwerden betroffen; in einer 2010 erschienenen SECO-Studie (*Schweizerische Befragung in Büros, SBiB* [1]) werden von 68% der Mitarbeitenden Schmerzen im Nacken angegeben, mehr als in jeder anderen Körperregion. Chronische Verspannungen aufgrund schlechter Ergonomie, Stress etc. sind zwar anerkannte und gültige Ursachen solcher Beschwerden, doch können sie für sich allein die dahinterliegenden Mechanismen nicht unbedingt schlüssig erklären, denn die Belastung der relativ kräftigen Nackenmuskulatur liegt im allgemeinen deutlich unterhalb der arbeitswissenschaftlich definierten Dauerleistungsgrenze. Von Interesse sind deshalb Vorgänge auf neurologischer und zellulärer Ebene, die zu einer Überlastung einer kleinen Anzahl von Muskelfasern, anstelle des Muskels als Gesamtheit, führen könnten. Manches spricht dafür, dass dem Zusammenspiel der Muskelfasern und deren Erholungsverhalten eine wichtige Bedeutung zukommt.

Der Mediziner bezeichnet mit dem Term *RSI (Repetitive Strain Injuries)* ‚unspezifische‘ Beschwerden in Händen, Armen, Nacken etc., die auf repetitive, monotone Tätigkeiten zurückzuführen sind, und grenzt diese von mehr ‚spezifischen‘ Erkrankungen wie dem Karpaltunnelsyndrom oder der Sehnencheidenentzündung, die er unter dem Begriff *Cumulative Trauma Disorders (CTD)* zusammenfasst, ab. Das repetitive Element, wie es für das Tippen mit der Tastatur und die Arbeit mit der Maus charakteristisch ist, scheint eine Schlüsselrolle zu spielen und stand deswegen im Mittelpunkt einer Reihe von Versuchen am *Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie (IHA)* der ETH Zürich, welche innerhalb des europäischen Forschungsprojekts *PROCID (Prevention of Muscle Disorders in Operation of Computer Input Devices)* stattfanden [2]. Unter anderem wurden dabei die folgende Hypothesen untersucht:

Repetitive Fingerbewegungen führen bei gewissen Personen zu Koaktivitäten geringer Grösse im Trapezmuskel (Hypothese A). Diese Koaktivitäten halten lange an und können gerade wegen, und nicht trotz, ihrer geringen Grösse mit einer Daueraktivität der immer gleichen Motorischen Einheiten zusammenhängen und somit Ursache für ein *Cinderella-Verhalten* (s.u.) sein (Hypothese B).

Cinderella-Verhalten

Zum Verständnis, was mit einem Cinderella-Verhalten gemeint ist, zunächst ein kurzer Ausflug in die Physiologie des Skelettmuskels: Die kleinste kontraktile Einheit des Muskels ist die Muskelfaser, eine langgezogene, mehrkernige Zelle, die kontrahiert, wenn ein Nervenimpuls („Aktionspotential“) an sie gelangt, oder entspannt, wenn kein Impuls da ist. Zur Aufrechterhaltung der Kontraktion muss der Nervenimpuls kontinuierlich wiederholt werden; die Frequenz dieser Wiederholung („Feuerungsrate“) liegt in der Grössenordnung von 10 bis 100 Impulsen/Sekunde und bestimmt die resultierende Kraft der Faser. Zwei Haupttypen von Muskelfasern übernehmen unterschiedliche Rollen: die langsam kontrahierenden, ermüdungsresistenten rötlichen Fasern, genannt Typ I (das rote „Schenkelfleisch“ im Poulet), und die schnell kontrahierenden und schnell ermüdenden, weisslichen Fasern vom Typ II (das weisse Brustfleisch). In einem Muskel sind stets beide Typen vertreten, je nach der Funktion des Muskels mehr vom ersten (Haltemuskulatur, Extensoren) oder vom zweiten Typ (ballistische Muskeln, Flexoren).

Zwecks Vereinfachung der Steuerung ist eine Anzahl von Muskelfasern vom selben Typ (von weniger als zehn in feinmotorischen bis zu mehreren tausend in grobmotorischen Muskeln) in einer Motorischen Einheit (ME) organisiert. Ein motorischer Nerv innerviert, vom Rückenmark her kommend, alle Muskelfasern einer ME, so dass diese immer miteinander kontrahieren oder sich entspannen. Die

Fasern einer ME liegen nicht gebündelt in einer definierten Region, sondern verteilen sich über einen grösseren Querschnitt des Muskels, innerhalb dessen sich auch die Fasern einer Anzahl weiterer ME befinden. Es gibt in einem Muskel ‚kleinere‘ ME mit wenigen Fasern, die bei einer Muskelkontraktion als erste rekrutiert werden, und ‚grössere‘ ME, die erst bei steigender Kraftanforderung zum Einsatz kommen (*Henneman-Prinzip*). Zusammen mit der Variierung der Feuerungsrate ist so eine fein abgestufte Kraftentwicklung möglich. Das *Rotationsprinzip* gewährleistet eine ‚gerechte‘ Verteilung der Aktivität: War eine ME während längerer Zeit aktiv und deswegen ermüdet, wird ihre Aktivierung gestoppt, und eine benachbarte ME, später eine dritte usw., übernimmt ihre Aufgabe. Die ermüdeten Fasern können sich regenerieren, bis sie später wieder zum Einsatz gelangen.

In einer 1988 in der DDR erschienen Publikation von Seidel und Bräuer [3] wurde die These aufgestellt, dass unter gewissen Bedingungen Störungen beim Rotationsprinzip auftreten können. Der Schwede Göran Hägg nahm diesen Gedanken auf und postulierte 1991 seine *Cinderella-Hypothese* [4]: Unter der Bedingung, dass ein Muskel eine im Vergleich zu seiner Gesamtkapazität kleine Kraft ausübt, kann das Rotationsprinzip versagen, weil die Signale an das Zentralnervensystem, die eine Ermüdung signalisieren sollten, wegen der geringen Zahl involvierter Muskelfasern zu schwach sind, um einen Wechsel auszulösen. Da die Fasern so trotz Ermüdung weiterfeuern – u.U. während Stunden – entstehen Zellschädigungen und dadurch Schmerzen. Bei der Namensgebung stand das Aschenputtel deshalb Pate, weil es wie diese Muskelfasern am Morgen als erste zur Arbeit antreten musste und als letzte damit aufhören durfte, während ihre Stiefschwester den Tag in Musse und Untätigkeit verbrachten. Die Cinderella-Hypothese ist aus mess- und analysetechnischen Gründen schwer zu beweisen und blieb deshalb bis Ende der 1990-er Jahre hauptsächlich eine Theorie. Um die Jahrtausendwende konnten dann aber neue Techniken entwickelt werden, zu denen die ETH (IHA sowie das *Institut für Signal- und Informationsverarbeitung ISI*) wichtige Beiträge lieferte.

Experimente

Die erwähnten Hypothesen wurden in einer Serie von drei Laborversuchen überprüft, zu denen ausschliesslich beschwerdefreie, rechtshändige und computererfahrene Versuchspersonen (VP) eingeladen wurden und die im folgenden kurz zusammengefasst werden.

Im ersten Experiment ging es um die Frage, ob tatsächlich bei repetitiven Fingerbewegungen eine dynamische Koaktivität des Trapezmuskels festgestellt werden kann, und welche Bedingungen diese begünstigen oder vermindern (Hypothese A). Unter einer dynamischen Koaktivität des Trapezmuskels ist eine ungenügend differenzierte Muskelaktivierung zu verstehen, so dass bei jeder Fingerbewegung auch der Trapezmuskel ein wenig mitkontrahirt.

Die Muskelaktivität wurde mittels Oberflächen-EMG (s. Kasten) u.a. in den Fingerstreckern und –beugern und im Trapezmuskel gemessen. Die Aufgabe war, mit dem Zeigefinger bei verschiedenen Geschwindigkeiten (2–6Hz), bei der maximal möglichen sowie bei einer selbstgewählten, angenehmen Rate während 5 Sekunden auf eine starre Taste zu tippen. Die Reihe wurde mit 9 Versuchspersonen (VP) je einmal in aufrechter, vorgelehnter und zurückgelehnter Sitzhaltung wiederholt. Resultate: Insbesondere bei langsamen bis mittleren oder selbstgewählten Tippraten konnte bei einem Teil der VP keine dynamische Koaktivität im Trapezmuskel festgestellt werden. Bei anderen war sie aber deutlich, insbesondere bei einer hohen Tipprate oder vorgebeugtem Oberkörper. Die Koaktivität lag in diesen Fällen typischerweise in der Grössenordnung von 1–2% der maximal möglichen Muskelkontraktion. Dies bestätigt die Teilhypothese A – während manche Menschen beim Tippen die Finger differenziert aktivieren können, „tippt“

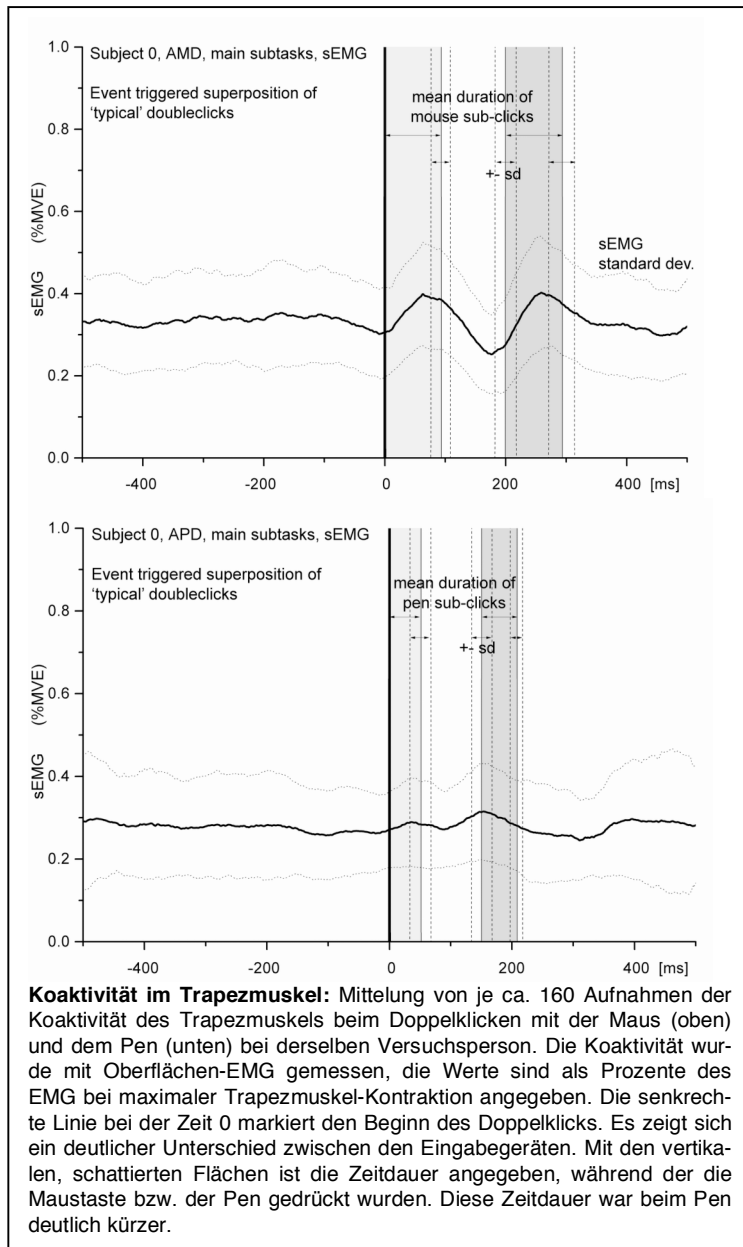
Elektromyographie (EMG) ist eine Technik zum Messen, Visualisieren und Analysieren der elektrischen Aktivität eines Muskels.

Oberflächen-EMG (O-EMG) wendet dazu Elektroden an, die auf die Haut über dem Muskel geklebt werden. Mit O-EMG können nur Muskeln gemessen werden, die direkt unter der Haut liegen. Es können damit Aussagen zur Gesamtaktivität bzw. dem zwischen den Elektroden liegenden Teil des Muskels, aber (ausser mit Spezialverfahren) nicht zur Aktivität einzelner Muskelfasern oder Motorischer Einheiten gemacht werden.

Intramuskuläres EMG (I-EMG) verwendet Nadeln, die in den Muskel gestochen werden, um damit die elektrische Aktivität an der Nadelspitze, in einem kleinen Bereich des Muskels, zu messen. So werden z.B. klinisch Neuro- und Myopathien diagnostiziert. In unserem Fall interessierte die möglichst lange Verfolgung des zeitlichen Feuerungsverhaltens von vielleicht 10 ME in der Nähe der Elektrodenpitze, und wir verwendeten anstelle von Nadeln selbstkonstruierte Elektroden aus feinen Drähtchen. Aufgrund der Flexibilität der Drähtchen und kleiner Widerhaken an ihren Enden verschoben sich diese weniger bei Muskelbewegungen, was eine wichtige Voraussetzung für die Beobachtung von Motorischen Einheiten während langer Zeit war. Bei der Analyse (Dekomposition) eines I-EMG kamen komplexe Mustererkennungsverfahren ins Spiel.

aktivieren können, „tippt“ bei anderen der Nacken mit.

Das zweite Experiment diente der Entwicklung verbesserter Intramuskulär-EMG-Techniken (I-EMG), die nötig waren, um Motorische Einheiten (ME) während mehr als den bis dahin möglichen Zeiträumen von einigen Sekunden zu beobachten. Die neuen Verfahren erwiesen sich in 3-minütigen Messungen im Trapez, bei denen die VP wiederum mit dem Finger tippten oder Zahlen eingaben, als zuverlässig, und dauernde Aktivität einzelner ME konnte während dieser drei Minuten mehrfach beobachtet werden.



Im dritten Experiment wurden die Messungen auf 9 Minuten ausgedehnt, währenddem ein nochmals verbesserter Analysealgorithmus eingesetzt wurde. I-EMG und O-EMG-Messungen wurden im Trapezmuskel (pars descendens, d.h. in den oberen Fasern, welche die Schultern hoch- und zurückziehen) vorgenommen. Die Aktivität der Fingermuskeln wurde mit O-EMG gemessen. Die Aufgaben umfassten Klick-, Doppelklick- und Verschiebe- (drag-and-drop) Aktionen einerseits mit der Maus und andererseits mit dem ‚Pen‘ (Grafiktablett; s. unten). Resultate: Die Fingermuskeln wurden bei Verwendung des Pens deutlich weniger aktiviert als bei Verwendung der Maus. Die Koaktivitätsmessungen im Trapezmuskel mittels O-EMG zeigten ähnliche Ergebnisse wie im ersten Versuch – ein Teil der VP zeigte Koaktivität, ein Teil nicht. Mit dem Pen war die Koaktivität eher geringer. Die nebenstehende Grafik zeigt dies bei einer VP, bei welcher der Unterschied besonders deutlich war. Daraus ist auch die signifikant kürzere Zeit ersichtlich, die beim Doppelklicken mit dem Pen im Vergleich zur Maus benötigt wurde – abgesehen von einem Zeitgewinn resultiert aus einer kürzeren Aktivierungsdauer auch eine geringere Dauer der Belastung.

Mit den I-EMG-Messungen konnten insgesamt 18 ME identifiziert werden, die über die Gesamtmessdauer von 9 Minuten kontinuierlich aktiv waren.

Die Frage, wie die Daueraktivitäten von der Aufgabe und dem Eingabegerät (Maus oder Pen) abhängig sind, konnte aus methodischen Gründen nicht statistisch schlüssig beantwortet werden – dazu wäre ein viel grösseres VP-Kollektiv von vielleicht 100 Personen nötig gewesen. Es hängt nämlich vom Zufall ab, ob die Elektrodenspitze in der Nähe von aktiven ME zu liegen kommt und ob insbesondere die gesuchten ME mit Daueraktivität sich ausgerechnet an dieser Stelle befinden – ist der Einstichpunkt nur einen halben Millimeter verschoben, kann sich ein ganz anderes Bild bieten. Auch kann bei einer Messdauer von 9 Minuten keine Aussage gemacht werden, ob eine daueraktive ME auch während Stunden oder gar einem ganzen Arbeitstag ohne Unterbruch im Einsatz sein würde. Die Tatsache aber, dass überhaupt Daueraktivität von ME gefunden wurde, die dazu mit hoher Wahrscheinlichkeit in Zusammenhang mit der repetitiven Aktivierung der Fingermuskeln steht, ist doch ein wichtiger

Meilenstein in der Erforschung der Pathogenese von Nackenschmerzen bei Bildschirmarbeit. Übrigens konnte in den Folgejahren durch andere Forscher unseres Instituts die Messdauer weiter erhöht und Daueraktivitäten von bis zu 30 Minuten nachgewiesen werden [5].

Ein unerwartetes Ergebnis, nämlich eine in manchen VP ausserordentlich hohe Rate an sog. Doubletten, wurde darüber hinaus festgestellt. Doubletten sind zwei sehr rasch hintereinander stattfindende Feuerungen einer ME, die eingesetzt werden, wenn eine schnelle, hohe Kraftentwicklung erforderlich ist, insbesondere in einem ermüdeten Muskel. Allerdings können zu viele Doubletten die Muskelfaser überbeanspruchen und zu Schäden führen. Dass Maus klicken, insbesondere Doppelklicken, in den Fingermuskeln zu hohen Doublettenraten führen kann, war bereits bekannt [6]. Dass diese aber im nur schwach koaktivierten Trapezmuskel in so hoher Zahl (in einem Fall bis zu 37% aller gemessenen Feuerungen) auftreten können, war hingegen sehr überraschend und könnte eine weitere Erklärung für die Entstehung von Schmerzen aufgrund degenerativer Prozesse sein. Im Trapezmuskel, als Teil der Haltemuskulatur, überwiegen die langsamen Typ I Muskelfasern – da die dynamische Koaktivität beim Maus klicken aber einen schnellen Charakter hat, versucht das Nervensystem möglicherweise durch diese Strategie, den Anforderungen zu entsprechen.

Schlussfolgerungen: Es liess sich zeigen, dass bei repetitiven Fingerbewegungen, wie sie bei Bildschirmarbeit typisch sind, bei manchen Personen der Trapezmuskel dynamisch koaktiviert wird, ohne dass dieser in seiner Gesamtheit im Sinne einer Kraftüberschreitung überbeansprucht würde (Hypothese A). Weiterhin zeigte sich, dass es bei einzelnen Motorischen Einheiten eines koaktivierten Trapezmuskels zu einem Versagen der neuronalen Kontrollmechanismen kommt und diese Muskelfasern so während mindestens neun (später dreissig) Minuten daueraktiv sein können (Hypothese B). Dies ist ein starkes Indiz dafür, dass solche Daueraktivitäten vermutlich auch länger und u.U. während eines ganzen Arbeitstages, bis zum Überschreiten der Dauerleistungsgrenze, anhalten könnten, was degenerative Effekte auf zellulärer Ebene, verbunden mit schmerzhaften Zuständen, zur Folge hätte.

Wege aus der Maus-Falle

Mit der Schulung einer besser differenzierten Aktivierung der Muskulatur über Körperwahrnehmungstechniken sollte es möglich sein, Koaktivitäten im Nacken zu vermeiden und damit auch Daueraktivitäten von Motorischen Einheiten und Cinderella-Symptome zu verhindern. Dazu, wie auch zur Verbesserung vieler anderer Bewegungsabläufe im Arbeitsalltag und der Sitzhaltung, aber auch zur Bewältigung von Stress, eignet sich die Feldenkrais-Methode, die sowohl in Einzel- oder Gruppenlektionen ausserhalb des Arbeitsplatzes, wie auch während einer Arbeitspause mittels kurzer Übungen von vielleicht 10 Minuten Dauer über Kopfhörer im Sitzen oder Stehen praktiziert werden kann. Auch regelmässige Kurzpausen, in denen für ein paar Sekunden die Hände abgelegt, die Augen geschlossen und der Atem beobachtet wird, oder kurzes Aufstehen und Gliederstrecken können helfen, in den Körper zurückzufinden und physische oder psychische Spannungen loszulassen.

Neben dem persönlichen Verhalten ist es unabdingbar, auch die Ergonomie des Arbeitsplatzes einer sorgfältigen Prüfung zu unterziehen. Ergonomische Anforderungen für die Arbeit am Computer sind in der international gültigen

Feldenkrais: Möglichkeiten schaffen

(Quelle: <http://www.feldenkrais.ch>)

Die Feldenkrais-Methode® wählt Bewegung als Mittel, um Klarheit im Denken und Handeln zu schaffen. In der Qualität unserer Bewegungen spiegelt sich unser ganzes Selbst.

„Wir handeln nach dem Bild, das wir uns von uns machen. Ich esse, gehe, spreche, denke, beobachte, liebe nach der Art, wie ich mich empfinde. Dieses Ich-Bild, das einer von sich selbst macht, ist teils ererbt, teils anerzogen; zu einem dritten Teil kommt es durch Selbsterziehung zustande.“ (Zitat Moshé Feldenkrais)

Durch Gewohnheiten und einen fixierten Gebrauch der Aufmerksamkeit nutzen wir unsere Fähigkeiten nur zu einem kleinen Teil. Feldenkrais-Lektionen schaffen die Bedingungen, dies wahrzunehmen, Alternativen zu erforschen und zu integrieren und die Möglichkeit von Veränderungen zu erleben. So erweitern sich schrittweise unser Selbstbild und unser Handlungsspielraum.

„Wie die neueren Ergebnisse der Hirnforschung zeigen, werden Erfahrungen immer gleichzeitig auf der kognitiven, auf der emotionalen und auf der körperlichen Ebene in Form entsprechender Denk-, Gefühls-, und körperlicher Reaktionsmuster verankert und aneinander gekoppelt (Embodiment). Aus diesem Grund sind alle späteren Versuche, die Stressbewältigungsfähigkeit von Menschen durch kognitive Fortbildungsprogramme zu verbessern, zwangsläufig zum Scheitern verurteilt, wenn dabei nicht auch gleichzeitig die emotionalen und die körperlichen Ebenen miteinbezogen werden. Ein Verfahren, das sich hierfür ausserordentlich eignet und das sich bereits seit Jahrzehnten im praktischen Einsatz bewährt hat, ist die Feldenkrais-Methode®.“ (Prof. Dr. Gerald Hüther, Neurobiologe und Leiter der Abteilung für Neurobiologische Grundlagenforschung an der Psychiatrischen Klinik der Universität Göttingen, Deutschland) (<http://www.win-future.de>)

Normenreihe ISO 9241 festgelegt. Diese stellt Richtlinien für Hard- und Software, Tische, Stühle, Bildschirme, Beleuchtung etc. auf, die sowohl bei der Herstellung als auch bei der Beschaffung und dem Einsatz berücksichtigt werden sollten. Der Teil ISO 9241-9 (2000) betrifft Computermäuse und andere Zeigegeräte. Hier finden sich z.B. Zahlen zu zulässigen Auslenkungen der Hand- und Fingergelenke. Burgess und Limerick definierten eine übermässige Ablenkung als 30% der maximal möglichen Ablenkung [7]. Für das Handgelenk ergeben sich damit die folgenden Werte:

Ablenkungen des Handgelenks

	Maximal mögliche Ablenkung (5. / 95. Perzentil)		Übermässige Ablenkung (5. / 95. Perzentil)	
	Frauen	Männer	Frauen	Männer
Extension des Handgelenks	57° / 88°	47° / 76°	17° / 26°	14° / 23°
Flexion des Handgelenks	54° / 90°	51° / 85°	16° / 27°	15° / 26°
Adduktion (radiale Ablenkung) der Hand	17° / 37°	14° / 30°	5° / 11°	4° / 9°
Abduktion (ulnare Ablenkung) der Hand	19° / 37°	22° / 40°	6° / 11°	7° / 12°

(Zahlen als Perzentilwerte, was z.B. bei der Extension der Handgelenke bei Frauen bedeutet: 5% der individuellen Grenzwerte liegen im Bereich zwischen 0° und 57°, und 95% der Grenzwerte liegen im Bereich zwischen 0° und 88°.)

Bei der Arbeit mit Maus und Tastatur führen eine Reihe von Zwangsstellungen und Anforderungen an die Bedienung zu übermässigen – statischen oder dynamischen – Ablenkungen:

- Extension (Streckung/Ablenkung nach oben) der Finger und Handgelenke:*
Beim Tippen mit der Tastatur sind die Finger die meiste Zeit in der Luft oder berühren die Tasten nur leicht – Finger und Hände sind also in einer anhaltenden Extensionsstellung. Wenn die Handballen abgelegt werden, ist die Streckung noch ausgeprägter (dafür sind dann die Schultern entspannter). Bei der Maus ist die Situation ähnlich; hier ist vor allem der Zeigefinger betroffen. Zudem erfordert das Klicken, vor allem aber das Doppelklicken, schnelle, kräftige und isolierte Anhebungen des Zeigefingers, welche problematische Aktivierungsmuster in den Fingerextensoren zur Folge haben können (vgl. den Abschnitt über Dubletten weiter oben). Mäuse mit hoher Bauform (auch ‚ergonomische‘ Mäuse) und Trackballs können die Streckung noch verstärken. Die Hände sollten deshalb von Maus und Tastatur entfernt werden, wenn sie dort nicht benötigt werden. Eine gel-artige Unterlage auf dem Tisch kann das Ablegen der Handballen erleichtern, den Winkel verkleinern und Druckpunkte vermeiden. Vielleicht ist auch die Tischhöhe zu vergrössern. Mit einer flacheren Maus wird die Ablenkung verkleinert. Mit einem Pen (Grafiktablett; s.u.) anstelle der Maus wird eine übermässige Extension vermieden. Doppelclicks mit der Maus sollten möglichst vermieden und z.B. durch Tastenkombinationen ersetzt werden.
- Pronation der Unterarme (Einwärtsdrehung):*
Damit die Zeigefinger die Tasten auf der Tastatur oder Maus erreichen, werden die Unterarme gegen innen rotiert. Dies kann eine Belastung für die Unterarme und Schultern darstellen. Eine Tastatur mit Tasten, die in der Mitte erhöht liegen, und eine Maus mit einer erhöhten Innenkante können die Pronation reduzieren. Mit einem Pen, wo der kleine Finger auf dem Tisch liegt, kann sie vermieden werden.
- Abduktion der Handgelenke (ulnare Ablenkung):*
Die waagrechten Reihen der Tastatur bedingen eine seitliche Ablenkung der Hand gegen die Aussenseite, um die Finger in eine Linie mit den Tasten zu bringen. Eine v-förmige Tastatur mit Tasten, die in der Mitte körpernaher liegen, kann die ulnare Ablenkung verringern.
- Hebelwirkung im Oberkörper durch Position der Maus rechts vom Zahlenblock:*
Bei Standardtastaturen mit numerischem Block liegt (bei Rechtshändern) die Maus weit rechts der Mittellinie. Somit lastet ein grosser Hebel auf der Wirbelsäule, welcher zu einer Seitwärtsneigung des Oberkörpers führt bzw. zu einer

Die Ergonomie ist die Wissenschaft von der Gesetzmässigkeit menschlicher Arbeit. Der Begriff setzt sich aus den griechischen Wörtern *ergon* (Arbeit, Werk) und *nomos* (Gesetz, Regel) zusammen. Zentrales Ziel der Ergonomie ist die Schaffung geeigneter Ausführungsbedingungen für die Arbeit des Menschen und die Nutzung technischer Einrichtungen und Werkzeuge, wobei neben der menschengerechten Gestaltung des Arbeitssystems (genauer des Arbeitsraumes) vor allem die Verbesserung der Mensch-Maschine-Schnittstelle zwischen Benutzer und Operateur (Mensch) und Objekt (Maschine) in einem Mensch-Maschine-System eine besondere Bedeutung besitzt. (Wikipedia)

Kompensation der Kräfte durch das rechte Schultergelenk und die linke Rumpf- und Nackenseite. Besser ist eine Tastatur mit separatem oder abnehmbarem numerischen Block, der z.B. auch links der Tastatur hingelegt werden kann, oder eine „Rollstab-Maus“ (s.u.), die zentral und vor der Tastatur liegt. Eventuell kann die Maus auch mit der linken Hand bedient werden, doch ist hier Vorsicht geboten: Wenn in der dominanten Hand bereits Beschwerden vorliegen, ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass diese sich bei einem permanenten Handwechsel auf die nichtdominante Hand ausdehnen.

- *Antagonistische Kokontraktionen:*

Die Horizontal- und Vertikalbewegungen der Maus erfolgen zu weiten Teilen nicht mit den feinmotorischen Muskeln der Finger, sondern mit den grobmotorischen des Handgelenks, des Ellbogens und der Schulter. Diese sind für die geforderte Präzision nicht geschaffen; das Muskelsystem hilft sich dadurch aus, dass es Beuger und Strecker gleichzeitig statisch aktiviert und die Feinbewegungen durch eine Modulation dieser Kokontraktionen erreicht. Diese antagonistischen Aktivierungen werden beim Klicken und speziell beim Doppelklicken noch verstärkt, denn die Fingerflexoren und –extensoren entwickeln hohe Kräfte, während die Maus nicht verschoben werden darf.

Interessante Alternativen zur Maus sind der Pen (Grafiktablett) und die relativ neue „Rollstab-Maus“, die unter dem Produktnamen *Rollermouse* verkauft wird (s. Bilder). Die Rollermouse besteht im wesentlichen aus einem langen, rollbaren und in der Waagrechten verschiebbaren Zylinder auf einem fixen Stab und wird vor der Tastatur plaziert. Sie wird mit den Fingern (auch dem Daumen) gerollt, ein Druck auf den Zylinder löst einen Klick aus. Die Hände bleiben zentral und körpernah, und es kann unterbrechungsfrei zwischen Tastatur und Maus gewechselt werden.

Der Pen (oder Stift/Grafiktablett) hat die Form eines Kugelschreibers und wird wie ein solcher gehalten und bedient. Die Hand ist in einer relativ neutralen Position und es werden hauptsächlich die feinmotorischen Fingermuskeln eingesetzt. In dem oben beschriebenen dritten Versuch wurde der Pen mit der Maus beim Klicken, Doppelklicken und Ziehen („drag-and-drop“) verglichen. Die per Fragebogen erfasste Anstrengung in Hand und Arm war mit dem Pen wesentlich geringer als mit der Maus. Gleichzeitig war der Durchsatz (das Arbeitstempo) signifikant höher, was erstaunlich ist, hatten die Personen doch jahrelange Erfahrung mit der Maus, aber nur eine halbe Stunde Einführung in den Gebrauch des für sie neuen Pens.



Pen mit Tablett (*Wacom*)



Rollermouse (*Contour Design*)

Wenn das Programm oder Betriebssystem Tastenkombinationen als Alternative zu Mausmanipulationen anbietet, sollten diese nach Möglichkeit benutzt werden. Vor allem der Doppelklick sollte möglichst vermieden werden. Softwareentwickler sollten diese Grundsätze vermehrt berücksichtigen und beispielsweise automatisch Hinweise für alternative Tastenkombinationen einblenden lassen, wenn eine bestimmte Aktion wiederholt mit der Maus ausgeführt wird. Beispiele für Tastenkombinationen, die in den meisten Programmen funktionieren, sind:

- Auswahl von Text durch Pfeiltasten bei gedrückter Shifttaste (z.B. in Office-Programmen)
- ctrl-c, ctrl-x, ctrl-v (bei Apple jeweils cmd- anstelle von ctrl-) zum Kopieren, Ausschneiden und Einfügen von Text oder Objekten. ctrl-a markiert den ganzen Text, ctrl-z widerruft die letzte Eingabe, ctrl-s speichert das Dokument, alt-Tab (cmd-Tab) wechselt zwischen offenen Programmen, ctrl-w schliesst ein Browser-Tab etc.

- Dialog-/Auswahlfenster markieren häufig schon die wahrscheinliche Auswahl (wie OK, Speichern, Drucken). Durch Drücken der Return-(Eingabe-)Taste auf der Tastatur wird diese bestätigt. Durch Drücken von ‚Esc‘ erfolgt ein Abbruch.
- Scrollen im Browser durch Leer- oder Pfeiltasten, zurück zur letzten Seite durch alt-Linkspfeil

Variation

Abwechslung ist ein wichtiges Prinzip. Häufige kurze Pausen sind besser als wenige lange. Der Bildschirm kann ausgeschaltet werden, wenn er beim Telefonieren oder Diskutieren nicht unbedingt benötigt wird, so dass sich die Augen eine Pause gönnen können. Telefonieren, Diskutieren oder Kaffee trinken lässt sich auch gut im Stehen, ein Dokument kann im Gehen studiert werden, für kreatives Denken eignet sich ein Spaziergang besser als die Zwangshaltung vor dem Bildschirm. Ein höhenverstellbarer Tisch lässt sich zwischendurch zum Stehpult umfunktionieren, ein Synchronstuhl kann mit einem dynamischen Hocker abgewechselt werden. Zwei Zeigergeräte können gleichzeitig installiert und abwechselnd benutzt werden, beispielsweise rechts ein Pen und links eine Maus.

In der Freizeit kann sportliche Betätigung (über eine Aktivierung grösserer Muskelregionen und eine verbesserte Durchblutung) helfen, chronisch aktive ME und Verspannungen grösserer Muskelregionen zu reduzieren. Zwar ist auch in der Freizeit ein Leben ohne Computer für die meisten Leute kaum noch denkbar, aber man kann immerhin versuchen, z.B. den Sonntag zum computer- und spielkonsolenfreien Tag zu erklären. Denn umso mehr die virtuelle Welt die reale ablöst, „umso grösser und komplexer die Datenströme sind, die durch die weltweiten Leitungen fliessen, desto wichtiger wird die Verwurzelung des selektierenden Menschengestes in seiner somatischen Präsenz“ (Michael Sandbothe).

Quellen

- [1] Monn C: Schweizerische Befragung in Büros (SBiB-Studie). Staatssekretariat für Wirtschaft SECO, 2010. <http://www.seco.admin.ch/dokumentation/publikation/00008/00022/04153/index.html?lang=de>
- [2] Schnoz M (2005): On the role of trapezius co-activity and unfavourable motor unit patterns in the development of muscle disorders in human-computer interaction. Diss ETH Zürich Nr. 15976 (<http://e-collection.ethbib.ethz.ch/view/eth-28618>)
- [3] Seidel H, Bräuer D (1988) Selektive Muskelermüdung – Theoretischer Ansatz zum besseren Verständnis der Beanspruchung durch Zwangshaltungen. Kurzfassung der Beiträge des 7. Kongresses der Ges. für Arbeitshygiene und Arbeitsschutz der DDR. Dresden: p185.
- [4] Hägg GM (1991) Static work loads and occupational myalgia – a new explanation model. In: Anderson PA, Hobart DJ, Danoff JV (eds). J Electromyogr Kinesiology, Elsevier (1991): pp141–144.
- [5] Zennaro D, Läubli T, Krebs D, Klipstein A, Krueger H (2003): Continuous, intermitted and sporadic motor unit activity in the trapezius muscle during prolonged computer work. J Electromyogr Kinesiology, Elsevier 13(2): pp113-124.
- [6] Sjøgaard G, Søgaard K, Finsen L, Olsen HB, Christensen H (2001) Doublets in motor unit activity of human forearm muscle during simulated computer work. Acta Physiol Pharmacol Bulgarica 26(1/2): pp83–85.
- [7] Burgess-Limerick R, Shemmell J, Scadden R, Plooy A (1999) Wrist posture during computer pointing device use. Clin Biomech 14(4): pp280–286.