

Aus dem II. Physiologischen Institut der Universität Heidelberg

Direktor: Prof. Dr. J.C. Rüegg

Abteilung Physiologie des Zentralnervensystems

Leiter: Prof. Dr. Dr.h.c. M. Zimmermann

**Untersuchung des Schmerzverlaufs unter
Transkutaner Elektrischer Nervenstimulation (TENS)
mit Hilfe des Heidelberger Schmerztagebuchs**

Inauguraldissertation

zur Erlangung des Medizinischen Doktorgrades

der

Medizinischen Fakultät Heidelberg

der

Ruprecht-Karls-Universität

vorgelegt von

Johannes C. Engesser

aus

Stuttgart

2001

Dekan: Prof. Dr. Dr.h.c. H. G. Sonntag

Referent: Prof. Dr. Dr.h.c. M. Zimmermann

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. EINLEITUNG	1
2. ZIELSETZUNG DER ARBEIT	10
3. MATERIAL UND METHODIK	11
3.1 Rahmenbedingungen und Zeitraum der Untersuchung	11
3.2 Das Patientenkollektiv	11
3.2.1 Demographische Daten	12
3.2.2 Schmerzsyndrome und -lokalisationen	12
3.2.3 Erkrankungsdauer und Vorbehandlungen	13
3.3 Ablauf der Untersuchung	14
3.3.1 Prinzip des sequentiellen Vorgehens	14
3.3.2 Ausführliche Darstellung der Untersuchung	15
3.4 Verlaufskontrolle / Schmerzmessung	16
3.4.1 Der Fragebogen für Schmerzpatienten (Schmerzanamnesebogen, SAB)	16
3.4.2 Das Heidelberger Schmerztagebuch (STB)	17
3.4.3 Strukturiertes Interview	18
3.5 Beschreibung der in der Untersuchung verwendeten TENS-Geräte	19
3.5.1 Eigenschaften von TENS-Geräten	19
3.5.2 In der Studie verwendete TENS-Geräte	22
3.6 Statistische Datenanalyse	24
4. ERGEBNISSE	27
4.1 Therapievorwerte	27
4.2 Sofortwirkung der TENS-Behandlung	28

	Seite	
4.3	Wirkung einer Kurzzeitbehandlung mit TENS	30
4.3.1	Wirkung auf die durchschnittliche Schmerzintensität während der ersten drei Tage TENS-Behandlung	30
4.3.2	Wirkung auf die Schmerzmaxima der ersten drei Therapientage mit TENS	31
4.4	Wirkung der TENS-Anwendung über mehrere Wochen	32
4.4.1	Wirkung auf die durchschnittliche Schmerzintensität	32
4.4.2	Wirkung auf die Schmerzmaxima	34
4.5	Wirkung der TENS-Behandlung in Abhängigkeit von der Behandlungsdauer	35
4.5.1	Wirkung auf die mittlere Schmerzintensität	35
4.5.2	Wirkung auf die Schmerzmaxima	39
4.6	Wirkung der TENS-Behandlung in Abhängigkeit von der Dauer der Erkrankung bzw. des Schmerzes	43
4.6.1	Wirkung auf die mittlere Schmerzintensität	43
4.6.1.1	Wirkung einer Kurzzeitbehandlung	43
4.6.1.2	Wirkung einer TENS-Behandlung über mehrere Wochen	43
4.6.2	Wirkung auf die Schmerzmaxima	47
4.7	Wirkung der TENS-Behandlung in Abhängigkeit von der Schmerzstärke vor Beginn der TENS-Behandlung (Vorwert)	49
4.7.1	Wirkung auf die mittlere Schmerzintensität	49
4.7.1.1	Wirkung einer Kurzzeitbehandlung	49
4.7.1.2	Wirkung einer TENS-Behandlung über mehrere Wochen	51
4.7.2	Wirkung auf die Schmerzmaxima	54
4.8	Wirkung der TENS-Behandlung in Abhängigkeit vom Patientengeschlecht	56
4.8.1	Wirkung auf die mittlere Schmerzintensität	56
4.8.1.1	Wirkung einer Kurzzeitbehandlung	56
4.8.1.2	Wirkung einer TENS-Behandlung über mehrere Wochen	57
4.8.2	Wirkung auf die Maximalwerte	59
4.9	Einfluß des Patientenalters auf die Wirkung der TENS-Behandlung	61
4.9.1	Wirkung auf die mittlere Schmerzintensität	61

	Seite	
4.9.1.1	Wirkung einer Kurzzeitbehandlung	61
4.9.1.2	Effekt einer mehrwöchigen Behandlung mit TENS	63
4.9.2	Wirkung auf die maximalen Schmerzwerte	65
4.10	Wirkung der TENS-Behandlung in Abhängigkeit von der verwendeten Frequenz	67
4.10.1	Wirkung auf die mittlere Schmerzintensität	67
4.10.1.1	Wirkung einer Kurzzeitbehandlung	67
4.10.1.2	Effekt einer mehrwöchigen TENS-Behandlung	68
4.10.2	Wirkung auf die Schmerzwertmaxima	71
4.11	Sonstige Beschwerden und Einschränkung des täglichen Lebens (Teile C und D des STB)	73
4.11.1	Sonstige Beschwerden	73
4.11.2	Einschränkung von Tätigkeiten und Bedürfnissen	75
4.12	Konstanz der Erträglichkeitswerte	80
5.	DISKUSSION	81
5.1	Methodenkritik	81
5.2	Effekt der TENS-Behandlung	86
5.2.1	Einfluß der Behandlungsdauer auf den schmerzlindernden Effekt von TENS	90
5.2.2	Einfluß der Schmerzdauer auf die Behandlungsergebnisse mit TENS	92
5.2.3	Einfluß der Schmerzstärke auf die Behandlungsergebnisse mit TENS	93
5.2.4	Einfluß des Patientengeschlechts auf die Behandlungsergebnisse mit TENS	95
5.2.5	Einfluß des Patientenalters auf den Behandlungserfolg mit TENS	98
5.2.6	Abhängigkeit des Behandlungserfolgs mit TENS von der verwendeten Frequenz	99
5.3	Zusammenhang zwischen Schmerzen und der Einschränkung im täglichen Leben	101
5.4	Fazit	103

	Seite
6. ZUSAMMENFASSUNG	104
7. LITERATURVERZEICHNIS	106
8. ANHANG	120
8.1 Fragebogen für Schmerzpatienten	120
8.2 Tageprotokoll aus dem Heidelberger Schmerztagebuch	126

DANKSAGUNG

LEBENS LAUF

Abkürzungsverzeichnis

Hz	Hertz
mA	Milliampere
ms	Millisekunden
SAB	Fragebogen für Schmerzpatienten (Schmerzanamnesebogen)
STB	Heidelberger Schmerztagebuch
TENS	Transkutane Elektrische Nerven-Stimulation
V	Volt
VAS	Visuelle Analog-Skala

1. EINLEITUNG

Die Behandlung chronisch schmerzkranker Patienten stellt eine besondere Herausforderung für den Arzt dar. Der oftmals sehr lange Leidensweg dieser Patienten, der häufig frustriert endende Versuch, durch einen Arztwechsel zu einem schnelleren therapeutischen Ergebnis zu gelangen oder wenigstens als Patient ernst genommen zu werden, belasten das Arzt-Patienten-Verhältnis von Anfang an. Hinzu kommt, daß bei chronischen Schmerzen häufig kein pathologisch-anatomisches Korrelat zu finden ist, das den Wunsch des Patienten nach einer Somatisierung seiner Schmerzen befriedigt. Traumata oder Erkrankungen, die die Schmerzen auslösten, liegen oft viele Jahre zurück und werden vom Patienten im Detail nicht mehr oder kaum noch erinnert. Ohnehin sind viele Patienten nicht in der Lage, konkrete Angaben zur Art und zum Ausmaß ihrer Schmerzen zu machen, was die Diagnosestellung für den behandelnden Arzt weiter erschwert.

Chronische Schmerzen unterscheiden sich sowohl in physiologischer als auch in psychologischer Hinsicht wesentlich von akuten Schmerzen. Akute Schmerzen sind von Arzt und Patient leicht einem klinischen Ereignis zuzuordnen, sind im allgemeinen zeitlich begrenzt und werden vom Patienten als naturgegeben und zur Sache gehörend akzeptiert. Der Patient kann zurecht erwarten, daß der akute Schmerz mit zunehmendem Heilungsprozeß abnimmt und schließlich verschwindet. Beim chronischen Schmerz wird jedoch gerade diese Erwartung nicht erfüllt. Je länger der Schmerz dauert, desto stärker treten psychische Komponenten wie Angst und Depression hinzu, die längerfristig die Psyche des Patienten nachhaltig verändern (ARNSTEIN et al., 1999).

Auch bezüglich des therapeutischen Vorgehens unterscheiden sich akute und chronische Schmerzen. Die zeitliche Begrenztheit akuter Schmerzen erlaubt dem Arzt den Einsatz von schmerzstillenden Medikamenten, da das Potential einer Medikamentenabhängigkeit durch die kurze Anwendungsdauer sehr gering ist. Bei chronischen Schmerzen stellt die oft unumgängliche medikamentöse Schmerzbehandlung ein nicht zu unterschätzendes Risiko des Medikamentenmißbrauchs und der Konditionierung des Patienten auf die ausschließliche pharmakologische Intervention dar. Daher sind gerade im chronischen Bereich alternative, nicht-pharmakologische Therapieformen von großer Bedeutung. Neuraltherapie,

Akupunktur, transkutane oder perkutane elektrische Nervenstimulation oder Magnetfeldtherapie haben in den Schmerzambulanzen heute einen ebenso hohen Stellenwert wie die medikamentöse Versorgung des Patienten.

Das in der vorliegenden Studie eingesetzte Verfahren der transkutanen elektrischen Nervenstimulation (TENS) besteht in der nicht-invasiven Anwendung von elektrischen Strömen mittels auf der Haut platzierter Elektroden zur Schmerzreduktion. Die Anwendung elektrischer Ströme zur Verminderung von Schmerzen ist in der Medizingeschichte schon sehr lange bekannt (KANE und TAUB, 1975). Bereits 2500 Jahre vor Christi Geburt sollen in Ägypten Elektrostromtherapien mit elektrischen Fischen durchgeführt worden sein, im Jahr 46 n. Chr. berichtet der Römer Scribonius Largus über seine Therapie von Gichtpatienten mit Zitterrochen als Stromimpulsgeber. In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts erreichte die Schmerzbehandlung mittels elektrischem Strom einen ersten Höhepunkt, verlor jedoch mit der Entdeckung der Narkotika (Chloroform, Ether) vollständig ihre Bedeutung, zumal die Technik damals noch sehr aufwendig und mangelhaft war.

Erst die Miniaturisierung der Stimulatoren durch den Einsatz der Mikroelektronik verhalf der TENS zu der für den Routineeinsatz in der Schmerzbehandlung notwendigen Einfachheit in der Handhabung, so daß diese Behandlungsmethode auch für die Heimanwendung brauchbar wurde. Hinzu kamen die von medizinisch-wissenschaftlicher Seite erforderlichen Theorien zur Erklärung der vielfach beobachteten Schmerzreduktion unter TENS-Applikation, die das Verfahren aus dem Reich des Spekulativen in das der Neurophysiologie und Pathophysiologie des Schmerzes führten und so zur Akzeptanz des Therapieverfahrens beitrugen. Vor allem die Erklärung verschiedener Schmerzphänomene durch die Gate-Control-Theorie von MELZACK und WALL (1965) hatte großen Einfluß auf die Schmerzforschung. Sie besagt im wesentlichen, daß bei einem auf spinalem Niveau ankommenden Schmerzimpuls eine als "Tor" (gate) wirkende spinale präsynaptische Hemmung afferenter Fasern aufgehoben wird, wodurch die zentripetale Weiterleitung nociceptiver Impulse erst ermöglicht wird.

Schmerz wird physiologisch dadurch erzeugt, daß spezifische Rezeptoren, die so genannten Nociceptoren, oder ihre afferenten Nervenfasern über einen bestimmten Schwellenwert hinaus erregt werden und der erregende Stimulus so stark ist, daß die Schwelle der myelinisierten A-Fasern überschritten wird. Ist die Reizintensität hoch

genug, um auch die nichtmyelinisierten C-Fasern zu aktivieren, nimmt die Schmerzempfindung zu und die Schmerzqualität ändert sich hin zu einem Brennen (ZIMMERMANN, 1979). Tierexperimentell konnte gezeigt werden, daß die Nociceptoren nicht nur das Einwirken eines Reizes signalisieren, sondern daß auch Informationen über die Reizintensität weitergegeben werden. Diese Information ist in der Impulsfrequenz enthalten, die der applizierte Reiz auslöst (ZIMMERMANN, 1979). In Hinterhornneuronen des Rückenmarks werden die ankommenden Impulse verschaltet und über mehrere Stationen zum somatosensorischen Cortex weitergeleitet. Eine Modulation der Verschaltungen in den Hinterhornneuronen erfolgt über descendierende Bahnen, wobei segmentale oder suprasegmentale Einflüsse inhibierend auf die Informationsweiterleitung im Hinterhorn einwirken können (ZIMMERMANN, 1979).

Tierexperimentelle Studien ergaben, daß die repetitive elektrische Stimulation der dicken, niederschweligen Fasern (A-Fasern) in Hautnerven die Schmerzentladung in Hinterhornneuronen hemmt (DICKHAUS et al., 1978). Diese Hemmung ist gekennzeichnet durch eine langsame Zunahme und ebenso langsame Abnahme.

In einem Experiment mit Ratten mit einer durch Ligatur von L5-6 spinalen Nerven erzeugten Neuropathie konnten LEEM et al. (1995) mit Akupunktur-TENS (niedrige Frequenz / hohe Intensität) die durch mechanische Reize gesteigerte Aktivierungsrate von Hinterhornneuronen auf eine Frequenz reduzieren, die derjenigen gesunder Ratten entsprach.

In einer ebenfalls tierexperimentellen Arbeit zeigten GARRISON und FOREMAN (1994) bei Katzen, daß die Entladungsrate der Mehrzahl spontan aktiver Hinterhornneurone signifikant abnahm, wenn TENS in den entsprechenden somatischen rezeptiven Feldern angewandt wurde, wobei sich mit hoher Frequenz und niedriger Intensität applizierte TENS der Variante niedrige Frequenz / hohe Intensität überlegen erwies. Auch die durch Kneifen bestimmter rezeptiver Felder evozierte Entladungsrate war während TENS-Applikation signifikant erniedrigt. Nach Durchtrennung des Rückenmarkes in Höhe T12 blieb die suppressive Wirkung von TENS auf spontane und reizevozierte Hinterhorn-Zellaktivitäten reduziert. Diese Versuche weisen darauf hin, daß der inhibitorische Effekt von TENS auf segmentaler Ebene erfolgt (GARRISON und FOREMAN, 1996). Segmentales "gating" bedeutet, daß Zellen am Ausgangspunkt aufsteigender Bahnen reizevozierte Informationen nicht

zu Hirnregionen weiterleiten, die in der Schmerzperzeption involviert sind (GARRISON und FOREMAN, 1996). Die Autoren wiesen jedoch darauf hin, daß bei länger-dauernder Stimulation oder unterschiedlichen Stimulationsprotokollen bei intaktem Rückenmark supraspinale Mechanismen aktiviert werden können und ebenfalls inhibitorisch auf die Hinterhornneurone einwirken können. URASAKI et al. (1998) identifizierten in ihren Experimenten mit Probanden den Nucleus cuneatus als denjenigen Ort, an dem periphere somatosensorische Reizinformation amplifiziert und synchronisiert wird, und zeigten, daß bei intaktem Rückenmark diese Amplifikation durch TENS unterdrückt wird.

Das Experimentieren mit verschiedenen Frequenzen und Stimulationsmodi führte zu der Erkenntnis, daß der TENS-Wirkung wahrscheinlich mehrere Mechanismen zugrunde liegen. Experimentelle Arbeiten zeigten, daß bei Applikation von niederfrequenter TENS ein Anstieg von β -Endorphinen im Liquor cerebrospinalis (SALAR et al., 1981) und im Plasma (FRACCHINETTI et al., 1984) nachweisbar war. Dies führte zu der Interpretation, daß niederfrequente TENS vor allem der Akupunkturpunkte eine akupunkturähnliche Wirkung habe, während das Prinzip der Hemmung spinaler Neurone durch afferente Nervenstimulation eher bei hochfrequenter TENS zum Tragen kommt. Neben dem analytischen Nachweis des Endorphinanstiegs wurde in mehreren Arbeiten versucht, die Opiatwirkung durch Blockade der μ -Rezeptoren mit dem Opiatantagonisten Naloxon zu verhindern und so auch einen pharmakologischen Nachweis der TENS-Wirkung zu erbringen. Diese Studien produzierten jedoch eher widersprüchliche Ergebnisse (FREEMAN et al., 1983; HANSSON et al., 1986; OLAUSSON et al., 1986; ZHOU, 1986; MANNHEIMER et al., 1989). SLUKA et al. (1999) zeigten in ihrer tierexperimentellen Studie, daß rezeptorspezifische Opiatantagonisten die Opiatwirkung sowohl bei hoch- als auch bei niederfrequenter TENS blockierten. Die Autoren fanden sowohl bei Anwendung von hoch- als auch niederfrequenter TENS eine analgetische Wirkung, die im ersten Fall vom δ -Opiatrezeptorblocker Naltrindol, im zweiten Fall vom μ -Opiatrezeptorblocker Naloxon aufgehoben wurde. Wurde Naloxon in hohen Dosen appliziert, hemmte die Substanz auch die durch hochfrequente TENS hervorgerufene Analgesie. SLUKA et al. interpretierten ihre Resultate dahingehend, daß die analgetische Wirkung von TENS bei hochfrequenter Stimulation über δ -Opiatrezeptoren vermittelt wird, während bei niederfrequenter Stimulation μ -Opiatrezeptoren aktiviert werden. CHAN und TSANG (1987) gingen aufgrund der Ergebnisse ihrer experimentellen

Untersuchungen des menschlichen Beugereflexes davon aus, daß endogene opioide Mechanismen auch an der Wirkung von konventioneller TENS zumindest beteiligt sind.

Die häufig beobachtete Vasodilatation peripherer Gefäße mit Anstieg der Hauttemperatur (KAADA, 1982) und Zunahme des mikrovaskulären Blutflusses (FORST et al., 1997) legt eine Wirkung von TENS auf den Sympathikustonus nahe, entweder durch Hemmung von vasokonstriktorisches Nervenfasern oder durch eine direkte vasodilatorische Wirkung.

Neben den physiologischen Hypothesen gibt es psychologische Ansätze zur Erklärung der TENS-Wirkung. Die nicht schmerzhaften, aber spürbaren Reize der Stromimpulse können den Patienten zum einen von den gewohnten Schmerzempfindungen ablenken. Zum anderen gestattet die eigenverantwortliche Anwendung der TENS dem Patienten, eine aktive Rolle bei der Therapiegestaltung zu spielen. Dieser Aspekt erwies sich z.B. in multimodalen Rehabilitationsprogrammen als sehr bedeutend (CHAPMAN et al., 1981; PFINGSTEN et al., 1992). Die aktive Einbindung vor allem depressiver Patienten in die Therapie halten auch DWORKIN et al. (1986) für eine wesentliche Komponente für einen Therapieerfolg.

In den drei Jahrzehnten der Therapie mit TENS wurden zahlreiche Studien zur Anwendung der Methode in ganz unterschiedlichen Indikationen publiziert. So war TENS sehr gut wirksam bei Schmerzen aufgrund einer diabetischen peripheren Neuropathie (PFEIFER et al., 1993; KUMAR und MARSHALL, 1997), mäßig wirksam bei postoperativen Schmerzen (LIM et al., 1983; ROONEY et al. 1986; FORSTER et al., 1994) und bei primärer Dysmenorrhoe (MILSOM et al., 1994). Bei Phantom-schmerzen zeigte sie sich kurzfristig der chirurgischen Revision überlegen, allerdings wurde kein Langzeiteffekt erzielt (WOOD et al., 1987). MANNHEIMER et al. berichteten in mehreren Publikationen über gute Erfolge bei Patienten mit Angina pectoris (MANNHEIMER et al., 1986). Unter TENS-Therapie verbesserte sich der Laktat-Stoffwechsel als Zeichen einer besseren Sauerstoffutilisation und die ST-Senkung war weniger ausgeprägt, während die Belastbarkeit anstieg. Die Angina-Attacken nahmen ab, ebenso der Nitroglycerin-Verbrauch (MANNHEIMER et al., 1985). Der systemische Gefäßwiderstand sowie der systolische Blutdruck wurden unter TENS-Therapie signifikant gesenkt, was zu einer Reduktion des linksventrikulären Afterload führte. Die beobachteten Effekte wurden auf eine reduzierte Sympa-

thikus-Aktivität zurückgeführt, da die arteriellen Spiegel von Adrenalin und Noradrenalin bei TENS-Respondern sanken (EMANUELSSON et al., 1987; CHAUHAN et al., 1994). Selbst für therapierefraktäre Angina pectoris-Patienten wird die TENS-Behandlung empfohlen (HAUTVAST et al., 1996; SCHOEBEL et al., 1997). Bei Patienten mit Morbus Raynaud und diabetischer Polyneuropathie führte die Behandlung mit TENS zu einer drastischen peripheren Vasodilatation mit ansteigenden Hauttemperaturen und verbesserter Sauerstoffversorgung der betroffenen Gebiete (KAADA, 1982). Brustschmerzen nicht-kardialen Ursprungs gehen häufig vom Ösophagus aus, besonders wenn eine Reflux-Ösophagitis vorliegt. Untersuchungen mit TENS zeigten, daß TENS sowohl die Schmerzschwelle herabsetzen als auch die Motilität des Ösophagus reduzieren kann (BÖRJESSON et al., 1998). Gute Effekte einer TENS-Therapie werden in einzelnen Fällen einer peripheren Nervenschädigung berichtet (WILLER, 1988; GUIEU et al., 1990). Eine signifikante Reduktion der durch Gonarthrose ausgelösten Schmerzen durch TENS-Therapie wurde in zwei randomisierten, placebokontrollierten Studien erreicht (TAYLOR et al., 1981; LEWIS et al., 1984), während in einer dritten, ebenfalls placebokontrollierten Studie keine Wirkung einer TENS-Therapie gefunden wurde (FARGAS-BABJAK et al., 1989). Obwohl TENS bei Rückenschmerzen häufig eingesetzt wird, sind die beobachteten Effekte bei genauer Betrachtung der Studienergebnisse nicht besonders ausgeprägt und nicht alle Patienten profitieren von einer Behandlung (SAMANTA und BEARDLEY, 1999). Ähnlich verhält es sich bei der Kontrolle von Geburtsschmerzen mittels TENS-Applikation. Während einige Frauen von einer guten Wirkung berichten, lehnen die meisten eine TENS-Behandlung als zu schwach wirksam ab (FINDLEY und CHAMBERLAIN, 1999).

Die Erfolgskontrolle einer Schmerzbehandlung, sowohl bei akuten als auch bei chronischen Schmerzen, stellt aufgrund der Komplexität der Schmerzempfindung ein besonderes Problem dar. Charakter und Intensität von Schmerzen sind nicht mit Laborgeräten und -methoden erfaßbar, sondern von vielen Faktoren abhängig, mithin nicht objektivierbar. Die Wirkung z.B. eines blutdrucksenkenden Therapeutikums oder eines Lipidsenkens ist durch den Vergleich der gemessenen Werte am Tag x mit denjenigen am Tag y zu quantifizieren. Ein Patient kann jedoch seine Schmerzen am Tag x anders empfinden als am Tag y, je nach Stimmungslage, situativer Beanspruchung oder wechselnder Begleiterscheinungen. Der Problematik der qualitativen Beurteilung der Wirkung anstelle eines quantitativen Wirksamkeits-

nachweises sehen sich alle klinischen Studien, in denen Schmerztherapeutika geprüft werden, ausgesetzt, unabhängig vom Studiendesign. Studien, die sowohl eine unbehandelte Kontrolle als auch eine Placebokontrolle beinhalten und doppelt verblindet durchgeführt werden, ermöglichen zwar die Abschätzung des Placebo-Effektes einer bestimmten Behandlung, sie umgehen jedoch nicht die subjektive Komponente, die der Patient in die Studie einbringt.

Zur Quantifizierung von Schmerzen stehen dem Arzt und Schmerzforscher mehrere Instrumente zur Verfügung. Dem multidimensionalen Charakter des Schmerzes werden am ehesten Fragebögen wie der McGill Pain Questionnaire gerecht, die allerdings hohe Anforderungen an den Untersucher und den Patienten stellen und komplizierte Auswerteverfahren erfordern. Der McGill Pain Questionnaire besteht aus 20 Wortgruppen, die drei Hauptkategorien (sensorisch, affektiv und evaluativ) und 16 Untergruppen klinischer Schmerzen beschreiben. Er liegt heute in mehreren Sprachen vor, auch als deutsche Version (KISS et al., 1987; RADVILA et al., 1987). Einfacher zu handhaben sind die eindimensionalen Skalen wie die Rating Scales, meist 5-Punkt-Skalen, die dem Patienten bestimmte Punkte vorgeben, die mit bestimmten Schmerzintensitäten belegt sind (z.B. stark – weniger stark – mäßig – leicht – keine Schmerzen), oder die Visuelle Analogskala (VAS), die zwar Anfangs- und Endpunkt vorgibt, ansonsten aber dem Patienten unendlich viele Möglichkeiten läßt, seine Schmerzintensität auf der 100 mm-Skala zu markieren. Hierbei spielt es keine Rolle, ob die Skala horizontal oder vertikal orientiert ist (BREIVIK und SKOGLUND, 1998), was den weltweiten Gebrauch der Skala auch in Ländern mit vertikal orientierter Schrift ermöglicht. Diese Einfachheit der Anwendung wird erkauft durch die Tatsache, daß die VAS primär Schmerzintensitäten, d.h. nur die sensorische Komponente des Schmerzes, ausreichend sensitiv erfaßt, während ihre Sensitivität bei der Messung affektiver Qualitäten ("wie unangenehm ist der Schmerz") gering ist (DUNCAN et al., 1989).

Der Vergleich verschiedener verbaler oder numerischer Skalen miteinander ergab mehr Gemeinsamkeiten als Unterschiede (JENSEN et al., 1986; de CONNO et al., 1994). Sie unterscheiden sich kaum bezüglich der Anzahl an korrekten Antworten oder ihrer prädiktiven Validität. In den meisten Arbeiten wurde eine gute Korrelation zwischen einzelnen verbalen und numerischen Skalen gefunden (KREMER et al., 1981; WOOD et al., 1987).

Ein weiteres Problem der Schmerzforschung ist die zeitliche Erfassung von Schmerzen. Hier sind Tagebücher, die vom Patienten selbst geführt werden, eine große Hilfe. Diese ermöglichen die ad hoc Erfassung des Schmerzzustandes und schalten so die Fehlerquelle der Erinnerung weitgehend aus. Außerdem erlauben sie die Erfassung von Aktivitäten wie Stehen, Gehen oder Liegen, können zur Kontrolle der Häufigkeit der Medikamenteneinnahme herangezogen werden und vermitteln so dem behandelnden Arzt Zusatzinformationen über den zeitlichen Verlauf der Schmerzkrankheit, die er bei einer Patientenbefragung in diesem Umfang nicht erhält (FOLLICK et al., 1984; SEEMANN, 1987). Die Untersuchung der Verlaufsformen der täglichen Schmerzaufzeichnung kann dem Therapeuten und dem Patienten Anhaltspunkte liefern, wie sich der Schmerz über den Tag entwickelt, sie liefert aber auch Hinweise darauf, wie der Patient in seiner Umgebung mit dem Schmerz zurechtkommt (JAMISON und BROWN, 1991). Auch für den Patienten stellt die Führung des Schmerztagebuchs eine Hilfe im Umgang mit seinen Schmerzen dar. In der Studie von de WIT et al. (1999) gaben 60 % der Patienten an, das Schmerztagebuch hätte ihnen auf die eine oder andere Weise geholfen, besser mit ihren Schmerzen zurechtzukommen. Ähnliche Erfahrungen machten SCHÜLIN et al. (1989). Die Verwendung von Schmerztagebüchern, so wertvoll sie für den Arzt sind, ist jedoch limitiert durch die Mitarbeit des Patienten. Sind Motivation, kognitive Fähigkeiten und Disziplin beim Patienten nicht ausreichend vorhanden, versagt das Instrument Schmerztagebuch. Dasselbe gilt, wenn der Arzt nicht bereit oder fähig ist, dem Patienten die Handhabung und die Zielsetzung des Schmerztagebuchs so zu vermitteln, daß dieser anschließend zuhause korrekt damit umgehen kann und will (SEEMANN, 1987).

Wie zahlreiche Studien, die sich mit der Erinnerbarkeit von Schmerzen befaßten, zeigten, hängt die Genauigkeit, mit der Schmerzen erinnert werden, von mehreren Faktoren ab (LINTON und MELIN, 1982; JAMISON et al., 1989; ERKINE et al., 1990). So wird akuter Schmerz genauer erinnert als chronischer Schmerz. Bei chronischen Schmerzpatienten sind der geringste und der in seiner Intensität als "üblich" bezeichnete Schmerz am stärksten korreliert mit stündlich aufgezeichneten Schmerzintensitäten (JENSEN et al., 1996). Weiter wird die erinnerte Intensität von Schmerzen beeinflusst von der gegenwärtigen Schmerzintensität (EICH et al., 1985; SMITH und SAFER, 1993; SMITH et al., 1998). SMITH et al. (1998) fanden auch eine Abhängigkeit der Schmerzintensität von der geglaubten Ätiologie der Schmer-

zen. Krebspatienten, die glaubten, ihre Schmerzen wären krebisbedingt, gaben höhere Schmerzwerte an als diejenigen Patienten des Kollektivs, die ihre Schmerzen als unabhängig von ihrer Krebserkrankung ansahen. Außerdem kann die Erinnerung von Schmerzen durch die Umstände beeinflusst werden, unter denen diese Schmerzen erlebt werden. So wird der Geburtsschmerz von Frauen zwei Tage nach der Geburt nur noch als halb so stark erinnert, wie er unter der Geburt angegeben wurde (TURNER NORVELL et al., 1987). Offenbar verdrängte die Freude über die Geburt eines gesunden Kindes die Erinnerung an den erlebten Geburtsschmerz innerhalb kürzester Zeit.

Der Einsatz eines Schmerztagebuchs ist daher trotz des relativ großen persönlichen Einsatzes, den der behandelnde Arzt beim Anlernen des Patienten und der anfänglichen Kontrolle der Eintragungen zu leisten hat, ein unverzichtbares Instrument in der Therapiekontrolle von chronischen Schmerzpatienten. Nach den Untersuchungen von LAMPL et al. (1998) wird der Therapieerfolg einer TENS-Behandlung wesentlich von der Schulung und einer ausreichenden Lernphase des Patienten bestimmt. Hierzu gehört auch die detaillierte und nachvollziehbare Dokumentation des Schmerzverlaufs.

2. ZIELSETZUNG DER ARBEIT

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Wirksamkeit einer kurzzeitigen sowie einer längerdauernden Behandlung mit transkutaner elektrischer Nervenstimulation (TENS) auf die mittlere und die maximale Schmerzintensität in einem Kollektiv schmerzkranker Patienten zu untersuchen. Die erforderlichen Daten sollten dem Teil A der von den Patienten nach entsprechender Anleitung selbst geführten Schmerztagebücher (siehe Anhang, Kap. 8.2) entnommen und statistisch aufgearbeitet werden. Hierbei war von besonderem Interesse, ob die Patienten bereits kurz nach dem Einschalten des Gerätes eine durch TENS induzierte Schmerzlinderung verspürten und welchen Effekt eine kurzzeitige, d.h. drei Tage dauernde TENS über mehrere Stunden pro Tag hatte. Weiter war zu untersuchen, ob die Weiterführung der Behandlung mit TENS über mehrere Wochen einen Zugewinn an Schmerzlinderung bringt oder ob der TENS-Effekt bereits in den ersten Applikationstagen sein Maximum erreicht und dann nicht weiter gesteigert werden kann.

Durch Bildung entsprechender Subkollektive sollte eine Aussage darüber getroffen werden, ob eine Behandlung über einen unterschiedlich langen Zeitraum zu unterschiedlichen Ergebnissen führt, d.h. welchen Einfluß die Behandlungsdauer auf den Therapieeffekt einer TENS hat.

Der Einfluß von Patientenvariablen wie Patientengeschlecht und Patientenalter sowie von Schmerzdauer und Schmerzintensität waren weitere Fragestellungen, die mit dem untersuchten Patientenkollektiv beantwortet werden sollten.

Indem die in den Teilen B und C des Schmerztagebuchs gemachten Angaben zu "Sonstigen Beschwerden" (Teil B) und "Einschränkung von Tätigkeiten und Bedürfnissen" (Teil C) ausgewertet wurden, sollte untersucht werden, wie stark diese Parameter vom Schmerzgeschehen des Patienten beeinflußt werden und ob eine Behandlung mit TENS zu einer Besserung der Situation der Patienten führt.

3. MATERIAL UND METHODIK

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um eine offene, nicht-randomisierte Pilotstudie, bei der jeder Patient durch Vergleich der Schmerzwerte vor Therapie mit denjenigen nach Therapie seine eigene Kontrolle bildete.

3.1 Rahmenbedingungen und Zeitraum der Untersuchung

Die Untersuchung begann im Januar 1990 in der Schmerzambulanz der Orthopädischen Universitätsklinik Heidelberg-Schlierbach und endete im Juli 1990. Da dieses schmerztherapeutische Zentrum ein großes Einzugsgebiet hat, war ein Tag pro Woche ausschließlich für TENS als Schmerztherapie der ersten Wahl vorgesehen. Die Patienten wurden von zwei Anästhesisten, zwei Orthopäden, drei Pflegekräften und dem Verfasser dieser Arbeit sowie einem Kommilitonen, der anhand desselben Patientenkollektivs die wichtige Frage der Patienten-Compliance untersuchte (DUNCKELMANN, 1995), betreut. Die Entscheidung, an der Studie teilzunehmen, wurde von jedem Patienten nach einer kurzen Information über Studienverlauf und Studienziel individuell getroffen. Insgesamt war das Interesse der Patienten an einer Studienteilnahme zunächst groß, abgelehnt wurde eine Teilnahme meist mit der Begründung des Zeitmangels.

Wegen der oft langen Anfahrtswege der Patienten zur Schmerzambulanz verlor sich nach Beendigung der therapeutischen Betreuung meistens der Kontakt zu ihnen. Daher wurde auf eine Follow-up Untersuchung verzichtet.

3.2 Das Patientenkollektiv

Die Schlierbacher Schmerzambulanz wird vorwiegend von Patienten aufgesucht, die wegen ihres Leidens schon mehrere Arztkonsultationen hinter sich haben. Das Patientengut dieser Studie besteht somit in der Mehrzahl aus Patienten, die seit Monaten Schmerzen haben. Bei den Studienteilnehmern handelt es sich um eine Stichprobe weitgehend unselektierter Patienten: Kriterien zur Aufnahme in die Studie waren allein die Fähigkeit, Instruktionen, die im Zusammenhang mit TENS und STB

gegeben wurden, sprachlich und intellektuell gut zu verstehen, Untersuchungstermine einhalten zu können sowie die freiwillige Bereitschaft zur Teilnahme. Insgesamt nahmen an der Studie 63 Patienten teil.

Im folgenden werden die demographischen Daten der Patienten, die an der Studie teilgenommen haben, aufgeführt.

3.2.1 Demographische Daten

An der Studie nahmen Patienten im Alter von 18 bis 82 Jahren teil. Das arithmetische Mittel lag bei 49, die Standardabweichung bei ± 14 Jahren.

Unter den Untersuchungsteilnehmern waren 29 (46%) männliche und 34 (54%) weibliche Patienten. Die Geschlechtsverteilung war damit annähernd ausgeglichen.

Etwas mehr als die Hälfte der Patienten ($n = 37$, 59 %) war zur Zeit der Untersuchung berufstätig. 26 Patienten (41 %) waren nicht berufstätig oder bereits Rentner. Von der berufstätigen Hälfte hatten drei Patienten (5,5 %) einen Rentenanspruch gestellt.

3.2.2 Schmerzsyndrome und -lokalisationen

Die Diagnosen wurden bei der Erstuntersuchung erhoben. Den meisten Patienten war die Diagnose bereits zuvor bekannt und war im Fragebogen für Schmerzpatienten, der dem Patienten vor Aufnahme in die Studie ausgehändigt worden war, vermerkt worden. In diesen Fällen wurde die Diagnose vom erstuntersuchenden Arzt bestätigt. In der Hauptsache litten die Patienten unter Schmerzen im Bereich der Hals-, Brust- und Lendenwirbelsäule (43 %). Als zweithäufigste Ursache für die chronischen Schmerzen wurde eine Sudecksche Dystrophie festgestellt, gefolgt vom Schulter-Arm-Syndrom. In Tabelle 3.1 sind die im Studienkollektiv erhobenen Diagnosen zusammengestellt. Bis auf wenige Ausnahmen handelt es sich hierbei um muskuloskelettale Schmerzen entzündlicher und/oder degenerativer Genese.

Tab. 3.1: Schmerzsyndrome und -lokalisationen des Patientenkollektivs. Die Diagnosen wurden bei der Erstuntersuchung erhoben bzw. bestätigt, wenn sie dem Patienten bereits bekannt waren.

Schmerzsyndrom	Häufigkeit absolut	Häufigkeit Prozent	Addierte Häufigkeit	Addierte %-Anteile
HWS-, BWS-, LWS-Syndrome	27	42,9	27	42,9
Schulter-Arm-Syndrom	9	14,3	36	57,1
Sudeck-Dystrophie	16	25,4	52	82,5
Phantomschmerz	3	4,8	55	87,3
Epicondylitis	4	6,3	59	93,7
Knieschmerz	1	1,6	60	95,2
Herpes Zoster	1	1,6	61	96,8
Morbus Bechterew	1	1,6	62	98,4
Polyarthralgie	1	1,6	63	100,0

3.2.3 Erkrankungsdauer und Vorbehandlungen

Im Durchschnitt litten die Patienten schon 4,3 Jahre an ihren Schmerzen, bevor sie an dieser Studie teilnahmen (Spannweite: mindestens 2 Monate und höchstens 34 Jahre). Mehr als 92 % gaben eine Leidensdauer von über drei Monaten an, über die Hälfte ein Jahr und mindestens ein Viertel fünf Jahre oder mehr. Über Vorbehandlungen wurde nur von 55 der 63 teilnehmenden Patienten eine Auskunft erteilt. Von diesen hatte jeder schon mindestens einen Arzt wegen der Schmerzen konsultiert, maximal waren zwölf und durchschnittlich 4,4 Ärzte zu Rate gezogen worden.

3.3 Ablauf der Untersuchung

3.3.1 Prinzip des sequentiellen Vorgehens

Bei Aufnahme und Erstuntersuchung Aushändigung eines Fragebogens für Schmerzpatienten (siehe Kapitel 8.1 im Anhang).

Fünf Tage später sollte der Patient mit ausgefülltem Fragebogen wiederkommen zur

- Klärung von aufgetauchten Fragen.
- Einweisung in den Umgang mit TENS, erste Anwendung.
- Erklärung und Überreichung eines Schmerztagebuchs (STB) (siehe Kapitel 8.2 im Anhang).

Wiedervorstellung eine Woche darauf mit dem Ziel der

- Besprechung und Erörterung des STB mit dem Patienten.
- Befragung des Patienten über die bisherige Wirkung der TENS-Therapie.
- Bei Erfolg: Wiedereinbestellung des Patienten zu einem Termin nach spätestens drei Wochen (bzw. früher bei Nachlassen der Wirkung oder sonstigen Schwierigkeiten).
- Bei Ausbleiben des Erfolgs: Veränderung der TENS-Therapie bezüglich
 - Elektrodenplatzierung → gegebenenfalls Änderung
 - Gerät → gegebenenfalls Wechsel
 - Programm (Frequenz- bzw. Amplitudenmuster) → gegebenenfalls Modifikation.

Einbestellung auf eine Woche danach.

Wiedervorstellung

- Bei Erfolg:
Wiedereinbestellung des Patienten zu einem Termin spätestens drei Monate nach Erstanwendung (bzw. früher bei Nachlassen der Wirkung oder sonstigen Schwierigkeiten).
- Bei Ausbleiben des Erfolgs:
Veränderung der TENS-Therapie bezüglich
 - Elektrodenplatzierung → gegebenenfalls Änderung
 - Gerät → gegebenenfalls Wechsel
 - Programm (Frequenz- bzw. Amplitudenmuster) → ggf. Modifikation.

Einbestellung auf eine Woche danach.

Bei Erreichung eines zufriedenstellenden Behandlungserfolgs innerhalb der ersten drei Monate nach Behandlungsbeginn wurde dem Patienten auf dessen Wunsch das TENS-Gerät auf Dauer verschrieben.

Im Falle eines unzureichenden Erfolgs wurde auf die Erprobung weiterer Therapievarianten von TENS verzichtet.

3.3.2 Ausführliche Darstellung der Untersuchung

Die Patienten wurden zunächst mit der Studie und ihrem Ablauf im groben Überblick bekannt gemacht. Wenn sie sich freiwillig entschlossen, an der Studie teilzunehmen, einen Fragebogen für Schmerzpatienten auszufüllen und ein Schmerztagebuch zu führen, wurden sie routinemäßig – unter besonderer Berücksichtigung ihres Schmerzleidens – körperlich untersucht und im freien Gespräch befragt. Ein Fragebogen für Schmerzpatienten wurde ihnen ausgehändigt mit der Bitte, diesen bis zum nächsten Termin auszufüllen.

Nach fünf Tagen sollte der Patient mit dem Schmerzfragebogen, in dem er seine Anamnese möglichst genau standardisiert und schriftlich dokumentiert hatte, wiederkommen. Durch die jetzt angeregte intensive Beschäftigung mit der eigenen Situation tauchten oft Fragen allgemeiner oder spezieller Art auf, die in diesem Rahmen besprochen werden konnten. Nun wurde der Patient in den Gebrauch des TENS-Gerätes eingewiesen. Unter Mithilfe bzw. unter Kontrolle des Therapeuten wurde die erste TENS-Anwendung vorgenommen, und zwar zunächst grundsätzlich mit der in allen Geräten installierten Mischmodulation (s. Punkt 3.6.2). Der Patient blieb nach Anlegen der Elektroden und Einschalten des Geräts mindestens eine Viertelstunde unter direkter therapeutischer Kontrolle. Er wurde ausdrücklich darauf hingewiesen, daß er beim Therapeuten auf eine Änderung dringen solle, falls die Stimulation als unangenehm empfunden werde. Als nächster Schritt wurde dem Patienten das Schmerztagebuch (STB) vorgestellt und erklärt. Zum besseren Verständnis wurden die ersten Eintragungen im Beisein des Therapeuten vorgenommen. Im Rahmen dieser Sitzung kam bereits bei einigen Patienten eine ungenügende Eignung zur Aufnahme in die Studie zum Ausdruck: Meist wegen sprachlicher oder intellektueller Schwierigkeiten, aus Scheu vor dem Aufwand, den die Studie für den Patienten mit sich bringen würde oder auch aus mangelnder Bereitschaft des Patienten aus anderen Gründen. Auch in späteren Stadien der Untersuchung

konnten Patienten aus den o.g. Gründen aus der Studie ausgeschlossen werden, wenn eine Unmöglichkeit der Auswertung evident war (Drop-outs).

Bei der Wiedervorstellung nach einer Woche wurde das mitgebrachte STB mit dem Patienten besprochen und erörtert. Dies diente zum einen dazu, weitere Fragen des Patienten zu klären. Des Weiteren konnte dem Patienten bildhaft gezeigt werden, wie sich seine Schmerzen im zeitlichen Verlauf verhielten. Besonders gut war eine solche Entwicklung in der mit Hilfe des Computers durchgeführten Auswertung des STB in der Schmerzkurve zu sehen, in der eine übersichtliche Zusammenstellung der Schmerzentwicklung und sie beeinflussender Faktoren auf einem Blatt dargestellt ist. Wenn Therapeut und Patient nach diesen Besprechungen überzeugt waren, daß die Therapie bisher erfolgreich war, wurde ohne weitere Veränderung der TENS-Einstellungen ein Termin für die Wiedervorstellung in spätestens drei Wochen vereinbart (beziehungsweise früher bei Nachlassen der Wirkung oder sonstigen Schwierigkeiten). Wurde der Erfolg als unzureichend eingeschätzt, dann wurde die Elektrodenplatzierung oder das Stimulationsprogramm (Frequenz- und Amplitudenmuster) oder manchmal das gesamte Gerät gewechselt. In diesem Fall wurde der Patient schon nach einer Woche wieder einbestellt.

3.4 Verlaufskontrolle / Schmerzmessung

3.4.1 Der Fragebogen für Schmerzpatienten (Schmerzanamnesebogen, SAB)

Der Fragebogen für Schmerzpatienten wurde den Patienten gleich bei der Erstuntersuchung ausgehändigt. Sie sollten ihn zur nächsten Konsultation ausgefüllt mitbringen. Der Schmerzanamnesebogen enthält Angaben zur Schmerzgeschichte, zur Vorbehandlung der Schmerzen, zur derzeitigen Schmerzsituation und zur Schmerzlokalisierung sowie zu sonstigen Beschwerden. In einem begrenzten Umfang werden auch Fragen zur Allgemeinanamnese gestellt. Außerdem befassen sich einige Fragen mit dem Umgang des Patienten mit seinen Schmerzen. Ein Teil dieser Angaben wurde als Ausgangswert vor Therapiebeginn verwendet (s. Kapitel Statistische Datenanalyse und Ergebnisse).

3.4.2 Das Heidelberger Schmerztagebuch (STB)

Die Therapiekontrolle erfolgte mit Hilfe des Heidelberger Schmerztagebuchs. Aufzeichnungen wurden bis zu drei Monaten bei der Auswertung berücksichtigt.

Ein STB enthält Aufzeichnungsmöglichkeiten jeweils für zwei Tage pro Seite; die letzte Seite enthielt neben den Aufzeichnungsmöglichkeiten für einen Tag eine visuelle Analogskala (VAS, Abb. 3.1) zur Eintragung des Erträglichkeitswertes, d.h. derjenigen Schmerzintensität, die der Patient gerade noch erträglich findet. Die Angaben pro Tag umfassen vier Komplexe, die mit A (Skalen für die Schmerzstärke), B (Aufzeichnungen über die Schmerzbehandlung), C (sonstige Beschwerden) und D (Tagesablauf) sehr unterschiedliche Informationen über den Schmerzverlauf, den Umgang des Patienten mit seinen Schmerzen und indirekte und direkte Folgen von Schmerzen erfassen. Die Teile A und B umfassen insgesamt zehn untereinander angeordnete VAS (A) sowie die Möglichkeit, parallel zur Angabe der Schmerzintensität Aufzeichnungen zu zusätzlichen therapeutischen Maßnahmen, Ablenkungen, Aktivitäten etc. zu machen (B). Der Patient sollte mehrmals täglich seine aktuelle Schmerzintensität auf der VAS durch Markieren der entsprechenden Stelle mit einem Kreuz dokumentieren und hierzu die Uhrzeit notieren.

Das Heidelberger Schmerztagebuch verwendet eine VAS von 10 cm Länge, deren linke Randbegrenzung dem Schmerzzustand "keine Schmerzen" und die rechte Randbegrenzung dem Schmerzzustand "stärkste vorstellbare Schmerzen" entspricht (Abb. 3.1). Wie SEYMOUR et al. (1985) beschrieben, ist die Bezeichnung "stärkste vorstellbare Schmerzen" die günstigste Formulierung für den Endpunkt der Skala, der die höchste Schmerzintensität erfassen soll.

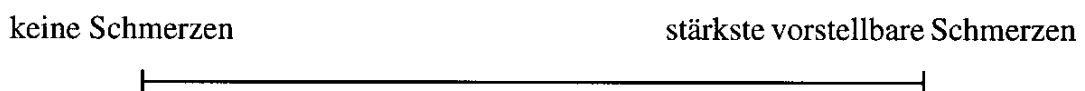


Abb. 3.1: Im Heidelberger Schmerztagebuch verwendete Visuelle Analogskala (VAS).

Für eine effiziente Rückkopplung zwischen Arzt und Patient und zur besseren Übersicht für den Therapeuten konnte das Ergebnis auf Computer übertragen und als anschauliche Kurve ausgedruckt werden.

Im Teil C sollte der Patient vermerken, ob neben seinen Schmerzen auch Störungen des Allgemeinbefindens wie z.B. Müdigkeit, Niedergeschlagenheit, Übelkeit etc. auftraten. Veränderungen in der Häufigkeit dieser Nennungen ermöglichen dem Therapeuten einen Eindruck von der psychischen und physischen Belastung des Patienten durch seine Schmerzen und geben Hinweise darauf, ob der Patient durch die Therapie eine Veränderung seiner Lebensqualität erfährt.

Im Teil D schließlich sind Angaben zur Beeinträchtigung des täglichen Lebens anhand einer Rating Scale, die aus den Abstufungen "nein, ein wenig, deutlich, stark, fast vollständig" besteht, zu dokumentieren. Dieser Teil stellt die oberste Ebene der Schmerzdokumentation dar, da hier alle Faktoren, mit denen Schmerzen das Leben des Patienten determinieren, eingehen.

Insgesamt vierzehn Patienten erhielten Stimulationsgeräte mit einem elektronischen Schmerztagebuch. Drei Patienten bedienten das Gerät fehlerhaft, bei zwei weiteren waren die Angaben im elektronischen STB und im Heidelberger STB diskrepant. Da letztendlich nur sieben Patienten brauchbare Daten mit dem elektronischen STB lieferten, wurden diese Daten in der vorliegenden Studie nicht mit verwendet. Eine detaillierte Darstellung und Diskussion der Therapiekontrolle mittels elektronischem Schmerztagebuch findet sich bei DUNCKELMANN (1985).

3.4.3 Strukturiertes Interview

Zur differenzierteren Erfassung der Schmerztherapie-Situation wurde mit den Patienten ein standardisiertes, strukturiertes Interview geführt. Die Patienten wurden mündlich befragt, während der Therapeut die Antworten schriftlich festhielt. Es kamen geschlossene und offene Fragen vor, so daß eine große Menge Information gesammelt wurde. Aufgrund des ohnehin sehr großen Datenumfangs wurde im Nachhinein auf die Auswertung dieser Interviews in der vorliegenden Arbeit verzichtet.

3.5 Beschreibung der in der Untersuchung verwendeten TENS-Geräte

3.5.1 Eigenschaften von TENS-Geräten

Die heutigen TENS-Geräte sind miniaturisierte, batteriebetriebene Stimulatoren, die aufgrund ihrer Größe und ihres geringen Gewichts den Patienten im täglichen Leben nicht stärker behindern als ein Walkman oder ein Handy. Am Gehäuse der TENS-Geräte aus Kunststoff oder Metall befinden sich neben den Ausgangsbuchsen für die Kabel Bedienungsknöpfe zum Ein- und Ausschalten, zur Amplitudenregulierung, Frequenzeinstellung und gegebenenfalls zur Programmwahl. Zum Mitführen – meist am Gürtel oder Hosenbund – ist eine Befestigung am Gerät angebracht.

Die Form der Impulswellen, welche von den TENS-Geräten abgegeben werden, ist normalerweise fest eingestellt und nicht variabel. Es gibt Rechteck- oder Nadelimpulse (Sinuswellen). Die Dauer einer Welle (Impulsbreite) liegt gewöhnlich zwischen 60 und 300 ms. Hierfür besteht bei vielen Geräten eine Wahlmöglichkeit. Die Zahl der elektrischen Impulse pro Minute (Frequenz) kann bei den meisten Geräten beliebig zwischen 2 und mindestens 100 Hz eingestellt werden.

Die Amplitude der Impulse bezeichnet die eingestellte Stromstärke. Sie soll individuell auf eine Stärke eingestellt werden, daß der Patient die elektrischen Stimuli deutlich spürt, ohne daß es zu Schmerzempfindungen kommt. Wieviel Strom dafür appliziert werden muß, hängt von der Hautleitfähigkeit ab, unter anderem von Feuchtigkeit und Durchblutung, von der Leitfähigkeit der benutzten Elektroden oder der Elektrodenpflaster. Die einzustellenden Werte schwanken von Tag zu Tag. Eine feste Amplitudeneinstellung ist nicht sinnvoll und daher auch nicht praxisrelevant.

Mono- und biphasische Impulse

TENS beruht auf dem Prinzip, zwischen zwei Elektroden Strom durch ein zu reizendes Körpergebiet zu leiten. Bei Gleichstrom ist die eine Elektrode negativ (Kathode), die andere positiv (Anode); ein normaler, monophasischer Impuls bietet somit das Problem des galvanischen Spannungsfeldes: Die bei längerer Therapie unter der Kathode entstehende Säure und unter der Anode entstehende Lauge führt oft zu unerwünschten Hautreizungserscheinungen. Durch einen biphasischen Impuls läßt sich diese Elektrolytverschiebung vermeiden. Erst so ist ein Langzeiteinsatz mit TENS möglich.

Stimulationsformen

Seit 1979 unterscheidet man verschiedene Stimulationsformen: Die konventionelle ("continuous") und die "Burst" (Akupunktur)-TENS-Methode. Die konventionelle TENS-Methode wendet Stromimpulse im Bereich von 10-100 Hz an, die "Burst"-TENS-Methode solche im Bereich von 1 - 10 Hz, letztere als Impulsblöcke ("Bursts") von 210 Einzelimpulsen mit einer Eigenfrequenz von bis zu 100 Hz (Siehe Abb. 3.2).

Stimulationsformen

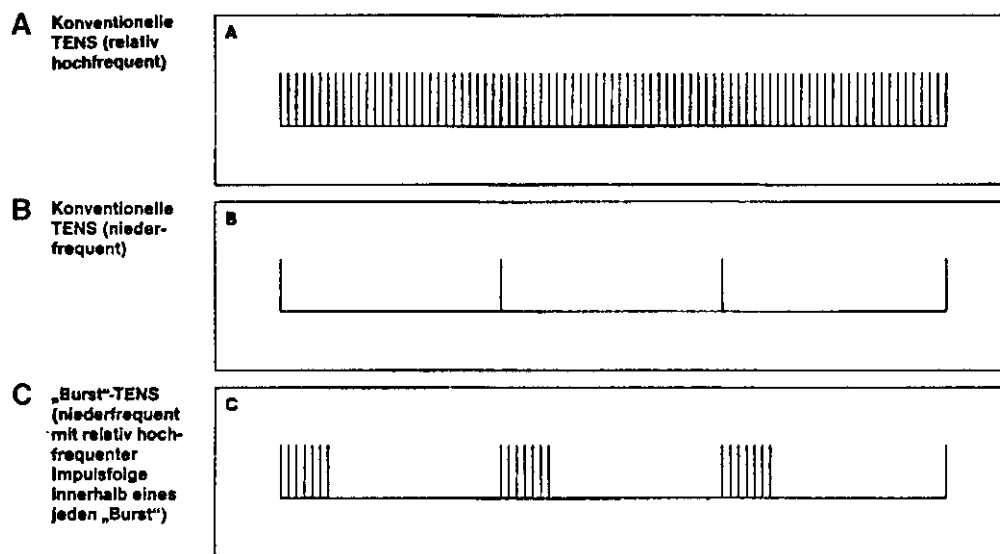


Abb.3.2 Stimulationsformen von TENS-Geräten.

- Zu A: Beispielsweise 85 Hz. Nach Herstellerangaben Analgesie meist segmental. Unterschiedliche Dauer bis zum Einsetzen der Analgesie. Geringer Nachhalleffekt.
- Zu B: Beispielsweise 3 Hz. Wegen meist unangenehmer Stimulationsempfindung wenig oder gar nicht angewandt.
- Zu C: Beispielsweise 3 Impulsblöcke oder "Bursts" (= 3 Hz). Pro "Burst" 7 Einzelimpulse, die wie bei der 85-Hz-Frequenz aufeinander folgen, wobei jeder Block vom Patienten nur wie "ein Impuls" empfunden wird. Langsames Einsetzen und relativ langes Anhalten der Analgesie.

Der Endorphin-Ausschüttungs-Effekt, der als Wirkmechanismus für die niederfrequente Stimulation angenommen wird, wird durch "Burst"-Modulation verstärkt. Ein weiterer Vorteil besteht in der angenehmeren Empfindung des Patienten gegenüber einer kontinuierlichen niederfrequenten Therapie, die häufig als unangenehm empfunden wird.

Bei manchen Geräten stehen neben der Continuous- und der Burst-Stimulation mit unabhängiger Frequenzeinstellung auch verschiedene Programme mit alternierenden Frequenzmustern fest installiert zur Verfügung. Dies kann den Vorteil haben, daß Gewöhnungseffekte hinausgezögert oder gar vermieden werden.

Elektroden

Ein Kanal hat Anschlußmöglichkeit für ein Elektrodenpaar. Damit kann an nur einem Behandlungsbereich des Körpers therapiert werden. Es ist von Vorteil, mehrere Kanäle zur Verfügung zu haben, die die gleichzeitige Anwendung an mehreren Körperbereichen erlauben. Die Vorteile einer Mehrkanalversion sind zu sehen in

- der simultanen übergeordneten und lokalen Stimulierung des Schmerzgebietes,
- dem intensiven Umfassen des Schmerzgebietes, auch mit verschiedenen Modulationsarten,
- der gleichzeitigen lokalen Behandlung verschiedener Schmerzherde mit einem Gerät.

Elektroden werden heute als gummierte Graphitelektroden und selbsthaftende Elektroden angeboten. Die mit Pflaster zu fixierenden Graphitelektroden erfordern die zusätzliche Applikation eines Gels, das die Leitfähigkeit zwischen Haut und Elektroden verbessert. Zur Therapie an schwer zugänglichen Stellen haben die selbsthaftenden Elektroden einen für den Patienten bedeutenden Vorteil, zumal diese keine zusätzliche Gelapplikation erfordern. Mit selbsthaftenden Elektroden ist der Patient weitgehend von fremder Hilfe unabhängig.

3.5.2 In der Studie verwendete TENS-Geräte

In der vorliegenden Studie wurden drei TENS-Gerätetypen verwendet, "Epix 982" und "Epix XL" der Firma Empi und das Gerät "MICROTENS" der Firma Krauth und Timmermann.

Als Elektroden wurden mehrfach verwendbare, selbstklebende "Pals"-Elektroden der Firma Axelgaard, USA, Ø 5 cm, Best.Nr. 9200, eingesetzt.

Nachstehend sind in Tabelle 3.2 die technischen Daten der verwendeten TENS-Geräte zusammengefaßt, soweit sie vergleichbar sind.

Tab. 3.2: Technische Daten der in der Studie verwendeten TENS-Geräte im Vergleich

Technische Daten	EMPI EPIX 982	EMPI XL	Krauth und Timmermann MICROTENS
Spannungsversorgung	9 V Batterie/Akku	9 V Batterie/Akku	9 V Batterie/Akku
Maximaler mittlerer Stimulationsstrom	3 mA (500 W)	6 mA (500 W)	
Impulsamplitude	0-50 mA	0-60 mA	1-100 mA
Maximale Änderung der Impulsbreite	bis 60 %		bis 50 %
Frequenzbereich	2-100 Hz	2-150 Hz	1-150 Hz
Gewicht (mit Batterie)	170 g	136 g	136 g
Abmessungen mm	90/63/20	90/63/21	102/65/25
Stimulationsformen	Continuous Intermittierend	Continuous Intermittierend Burst	Continuous Burst
Modulationsformen	Frequenz-Modulation Amplituden- Modulation Misch-Modulation	Frequenz-Modulation Amplituden- Modulation Misch-Modulation	Frequenz-Modulation Amplituden- Modulation Misch-Modulation
elektronisches Tagebuch	nicht installiert	nicht installiert	fix im Gerät

Das TENS-Gerät "Epix 982"

Dieses Gerät, ein leicht zu bedienendes Zwei-Kanal-Gerät, war das in der Studie verwendete Standardgerät. Das Gerät bietet eine biphasische Stimulationsform, deren Amplitude und Breite geregelt werden können. Der Impuls besitzt einen exponentiell abklingenden negativen Teil.

Als Stimulationsformen stehen eine intermittierende und drei modulierende zur Verfügung. Bei der intermittierenden Stimulationsform beträgt das Verhältnis Stimulation zu Pause 2:2 Sekunden. Die Frequenzmodulation kann mit einer Frequenzabweichung von bis zu 40 % durchgeführt werden. Die Amplitudenmodulation erlaubt eine Amplitudenabweichung von ebenfalls bis zu 40 %. Die Kombination von Frequenz- und Amplitudenmodulation wird als Mischmodulation bezeichnet.

Die Stimulations- bzw. Modulationsform wird vom Therapeuten mit einem Schraubenschlüssel eingestellt. Da in der vorliegenden Studie der Schraubenschlüssel beim Therapeuten verblieb, hatte der Patient keine Möglichkeit, die Einstellung des Gerätes zu verändern.

Das TENS-Gerät "Epix XL"

Das Gerät ist ein technisch weiterentwickeltes Nachfolgegerät von Epix 982. Neben den von Epix XL bekannten Stimulationsformen bietet das Gerät acht gespeicherte Festprogramme, die auf den beiden Kanälen entweder alternierend oder simultan zusätzlich nicht modulierende Amplituden- und Frequenzmuster liefern.

Das TENS-Gerät "MICROTENS"

Funktionell ist dieses Gerät den beiden oben genannten vergleichbar. Es bietet jedoch zusätzlich die Möglichkeit, ein Programm und Daten eines elektronischen Schmerztagebuches zu speichern.

Das MICROTENS-Gerät ist ebenfalls ein zwei-Kanal-Gerät. Die beiden Kanäle können über jeweils drei Tasten auf beiden Seiten der Vorderseite getrennt bezüglich Frequenz, Amplitude, Impulsbreite und Stimulationsform eingestellt werden. Eine Flüssigkristallanzeige zeigt die eingestellten Stimulationsparameter an.

Der Impuls besitzt eine rechteckige positive Phase und eine nicht spürbare Kompensationsphase, deren Größe von der eingestellten Amplitude und der Impulsbreite abhängt. Es sind vier Stimulationsformen verfügbar: "continuous TENS", "Burst-TENS", "Modulation TENS" und "Strength Duration TENS". Bei der Stimulationsform "Modulation TENS" wird in einem definierbaren Zeitintervall die Frequenz, die Amplitude und die Impulsbreite autonom prozentual verändert, bei der "Strength Duration TENS" wird die Amplitude um einen prozentualen Anteil in einem definierten Zeitintervall moduliert. Die maximale Frequenzabweichung beträgt 99 %, die maximale Amplitudenabweichung 50 %.

3.6 Statistische Datenanalyse

Zur Auswertung der in den Visuellen Analogskalen (VAS) eingetragenen Markierungen wurde die Entfernung (in Zentimetern) zwischen dem Ende "keine Schmerzen" und dem vom Patienten gesetzten Kreuz als rechnerisches Maß für die Schmerzstärke genommen. Ein Zentimeter auf der VAS entsprach somit einer Schmerz-Einheit. Auf diese Weise wurde ein vom Patienten gesetztes Maß auf einer kontinuierlichen Skala in einen numerischen Wert übersetzt.

Als Behandlungseffekt wurde in Anlehnung an SCHÜLIN et al. (1989) eine VAS-Einheit als cut-off Wert definiert. Mit anderen Worten, verbesserte sich die Schmerzintensität des Patienten um eine VAS-Einheit oder mehr, wurde dies als Behandlungserfolg gewertet, verschlechterte sie sich um mindestens eine VAS-Einheit, wurde die Behandlung als den Zustand des Patienten verschlechternd und somit erfolglos eingestuft. Änderungen zwischen Ausgangswert \pm einer VAS-Einheit wurden als nicht ausreichende Veränderungen und damit ebenfalls als Mißerfolg bewertet. Patienten, bei denen ein Therapieerfolg wie definiert festzustellen war, wurden als Responder, solche ohne Veränderungen ihres Schmerzzustandes oder mit negativem Behandlungsausgang als Nonresponder bezeichnet.

Vor der statistischen Bearbeitung der Behandlungswerte wurden die Erträglichkeitswerte auf ihre Konstanz geprüft. Diese Auswertung ergab eine beträchtliche Heterogenität der Werte mit zum Teil erheblichen Schwankungen innerhalb der Angaben eines Patienten (siehe Ergebnisse, Punkt 4.12). Die Einbeziehung derart stark streuender Werte hätte zu einer erheblichen Unschärfe in der Bewertung der Behandlungsergebnisse geführt. Daher wurde auf die Einbeziehung der Erträglichkeitswerte in die Behandlungsergebnisse verzichtet.

Da kein behandlungsfreies Intervall vor Beginn der Tens-Behandlung dokumentiert war, wurden zur Ermittlung der Schmerzintensitäten vor der Tens-Behandlung die Schmerzintensitäten aus der VAS des Schmerzanamnesebogens sowie der erste erhobene Wert am Tag 1 der Tens-Behandlung herangezogen. Aus diesen beiden Werten wurde ein Mittelwert gebildet, der als Vorwert, d.h. als Schmerzintensitätswert vor der Tens-Behandlung, zur Ermittlung der Therapieeffekte verwendet wurde.

Der Soforteffekt nach Einschalten des Gerätes wurde durch Vergleich des ersten Wertes am Tag 1 mit dem unmittelbar darauffolgenden Wert am Tag 1 ermittelt, der Behandlungserfolg des ersten Tages durch Vergleich des ersten Wertes am Tag 1 mit dem Mittelwert aus den unter TENS-Behandlung erhobenen Werten des gesamten ersten Tages.

Zur Untersuchung des Kurzzeiteffektes der Tens-Behandlung wurden die Werte der ersten drei Behandlungstage gemittelt. Hierbei wurden die Werte während und nach Tens-Applikation zusammengefaßt, da sich die Mittelwerte der eindeutig nach Tens-Behandlung notierten Werte nicht wesentlich von denjenigen unter Tens-Behandlung unterschieden. Auch war in den STB nicht angegeben, ob die Werte bei laufendem oder abgeschaltetem Gerät erhoben wurde. Diejenigen Werte, die an diesen drei Tagen zweifelsfrei vor der Tens-Applikation erhoben wurden, gingen nicht in die Berechnung des Mittelwertes zur Ermittlung des Kurzzeiteffektes ein.

Analog wurde verfahren, um den Effekt der Tens-Behandlung am Ende des Behandlungszeitraumes zu untersuchen. Die während oder nach Tens-Behandlung auf der VAS notierten Schmerzintensitäten der letzten drei Behandlungstage wurden gemittelt, wobei diejenigen Werte, die an diesen Tagen vor der Behandlung erhoben wurden, nicht in die Berechnung mit eingingen.

Zur statistischen Bearbeitung mußte die Rating Scale in Teil D des STB in numerische Werte (Score) umgesetzt werden, wobei die Stufe "keine Einschränkung" mit Grad 1, die Stufe "geringe Einschränkung" mit Grad 2, "deutliche Einschränkung" mit Grad 3, "starke Einschränkung" mit Grad 4 und "fast völlige Einschränkung" mit Grad 5 bewertet wurde.

Die für die statistische Datenanalyse verwendeten Werte und Angaben aus dem Schmerzfragebogen und STB wurden in das Tabellenkalkulations- und Grafikprogramm EXCEL 5.0 (Fa. Microsoft Corporation, München) aufgenommen und mit diesem Programm deskriptiv ((Stichprobengröße, Mittelwert, Standardabweichung) ausgewertet.

Die Unterschiede vor und nach Tens-Behandlung wurden mittels des asymptotischen Wilcoxon Signed Rank Test auf statistische Signifikanz geprüft. Das nicht-parametrische Verfahren wurde gewählt, da die Prüfung des Normalverteilungsverhaltens (Shapiro-Wilk-Test) nicht für alle Stichproben eine Normalverteilung ergeben hatte. Nicht-parametrische Tests werden auch von SCOTT und HUSKISSON (1976) für die Auswertung von Visual Analog Scales empfohlen. Eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % ($p \leq 0,05$) wurde als ausreichend erachtet, um die Null-Hypothese zu verwerfen.

Null-Hypothese: Zwei Grundgesamtheiten stimmen hinsichtlich des untersuchten Parameters überein, d.h. es gibt keinen Unterschied zwischen den Gruppen bezüglich dieses Parameters.

Korrelationen zwischen zwei Parametern wurden aufgrund der nicht immer gegebenen Normalverteilung mit dem Spearman Rank Correlation Test berechnet. Für einige Fragestellungen wurden Häufigkeiten verglichen. Hierzu wurden bei Stichprobengrößen über 20 der Chi²-Test, bei kleineren Stichproben der Fisher Exact Test verwendet.

Alle inferenzstatistischen Verfahren sowie die Prüfung auf Normalverteilung wurden mit dem Statistikprogramm StatXact (Fa. Cytel Corporation, Cambridge MA, USA) durchgeführt. Die Auswahl der Testverfahren erfolgte nach SACHS (1992).

4. ERGEBNISSE

Von den insgesamt 63 in die Studie aufgenommenen Patienten lieferten 44 Patienten (70 %) Schmerztagebücher (STB) ab, deren Werte für eine statistische Analyse verwendet werden konnten. Insgesamt zeigte sich, daß nur 24 der 63 Patienten (38 %) in der Lage waren, alle Schmerzintensitätswerte auf der VAS so zu dokumentieren, daß sie eindeutig einer gleichzeitigen TENS-Behandlung zuzuordnen waren. Bei den übrigen 20 Patienten, deren STB auswertbar war, wurde so verfahren, daß der erste Tageswert jeweils als Vorwert des jeweiligen Tages angenommen wurde und die übrigen Werte als Werte während oder nach TENS-Behandlung in die Statistik eingingen.

4.1 Therapievorwerte

Da die Studie durchgeführt werden mußte, ohne den Routinebetrieb der Schmerzambulanz zu stören, konnte der Schmerztherapie keine behandlungsfreie Periode zur Ermittlung von Vorwerten vorausgehen. Deshalb mußten Werte identifiziert werden, die ersatzweise als Therapievorwerte verwendet werden konnten. Hierfür kamen der Schmerzintensitätswert aus dem Schmerzanamnesebogen, der erste erhobene Wert aus dem Schmerztagebuch, soweit er zweifelsfrei vor TENS-Applikation erhoben wurde, oder der Mittelwert aus den jeweiligen vor TENS-Applikation erhobenen Werten der ersten drei Behandlungstage in Frage. Zwischen dem ersten Wert aus dem Schmerztagebuch und dem Mittelwert der drei ersten Behandlungstage ergab sich eine starke Korrelation ($r_s = 0,86$; $n = 41$; $p \leq 0,0001$, Spearman's Correlation Test), während die Korrelation zwischen dem Schmerzintensitätswert aus dem Schmerzanamnesebogen und dem ersten Wert aus dem Schmerztagebuch mit einem Korrelationskoeffizienten von $r_s = 0,45$ ($n = 34$) zwar immer noch signifikant ($p \leq 0,05$), aber deutlich weniger stark ausgeprägt war. Die Korrelation zwischen dem Schmerzintensitätswert aus dem Schmerzanamnesebogen und dem Mittelwert der an den ersten drei Behandlungstagen vor TENS-Behandlung erhobenen VAS-Werte war mit $r_s = 0,52$ ($n = 32$; $p \leq 0,01$) ebenfalls nur mäßig stark.

Als Therapievorwerte wurden die Mittelwerte aus dem Schmerzintensitätswert des Schmerzanamnesebogens und dem ersten Wert des Schmerztagebuches gewählt, da diese beiden Werte zum einen die geringste Abhängigkeit voneinander zeigten, zum anderen an nicht aufeinanderfolgenden Tagen ermittelt wurden und somit am ehesten die Breite der Schmerzintensität eines Patienten reflektieren.

4.2 Sofortwirkung der TENS-Behandlung

Als Sofortwirkung wird die Wirkung der TENS-Behandlung am ersten Tag der Anwendung bezeichnet. Von insgesamt 24 Patienten lagen Werte vor, die nach Patientenangaben während der TENS-Behandlung notiert worden waren. Außerdem ließ sich bei diesen 24 Patienten der erste Tageswert eindeutig als Wert vor der TENS-Applikation identifizieren.

Wie aus der nachfolgenden Abb. 4.1 ersichtlich ist, trat nur bei fünf Patienten (21 %) im Verlauf des ersten Tages eine Besserung ihrer Beschwerden ein, bei 8 Patienten (33 %) nahm die Schmerzintensität zu und elf Patienten (46 %) verzeichneten keine Veränderung. Als Besserung bzw. Verschlechterung wurde ein Unterschied auf der VAS-Skala von mindestens einer VAS-Einheit definiert (siehe Material und Methoden, Punkt 3.6).

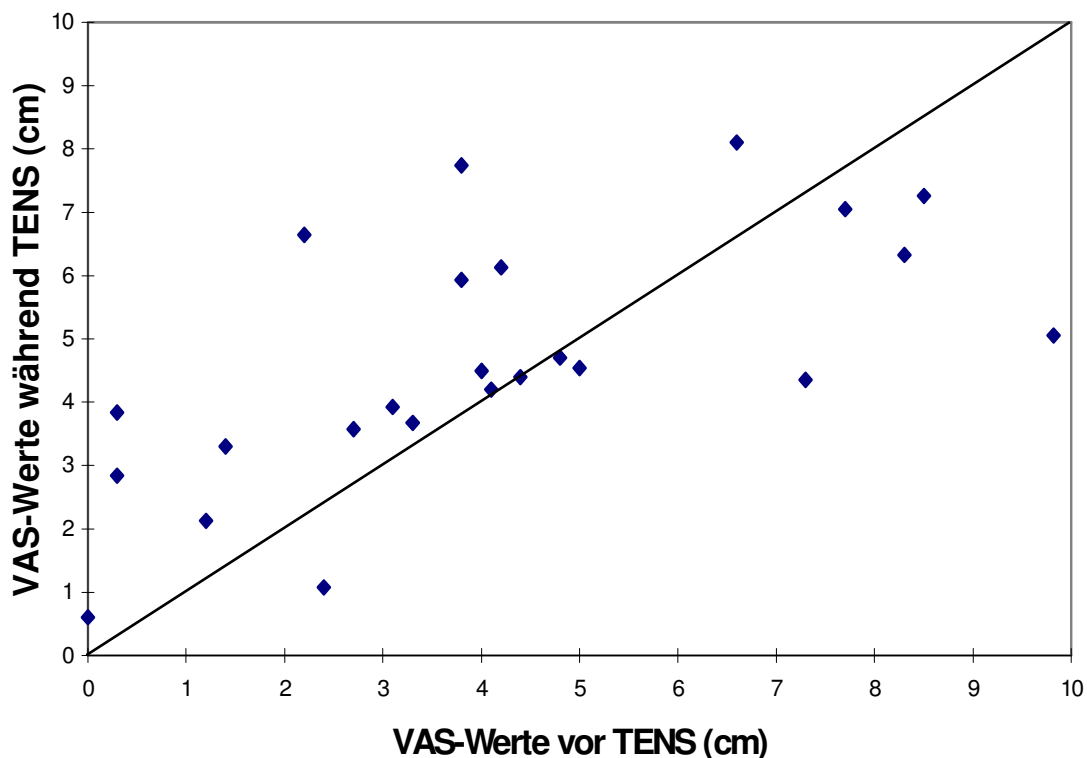


Abb. 4.1: Wirkung der TENS-Behandlung am ersten Behandlungstag. Als VAS-Wert vor TENS wurde der erste am ersten Tag der TENS-Behandlung dokumentierte Schmerzintensitätswert verwendet, der vor Beginn der TENS-Behandlung erhoben wurde. Der VAS-Wert während TENS ist der Mittelwert aus allen Werten während und nach der TENS-Behandlung des ersten Behandlungstages. Werte unterhalb der durchgezogenen Linie (line of identity) stellen einen Behandlungserfolg dar. Der Unterschied der Schmerzintensitätswerte vor und während Behandlung ist nicht signifikant (n = 24; Wilcoxon Signed Rank Test).

Um zu untersuchen, ob sich TENS-Effekte unmittelbar nach dem Einschalten des Gerätes ergaben, wurde der VAS-Wert vor dem Einschalten des Gerätes mit dem ersten unter TENS notierten VAS-Wert verglichen. In diesen Vergleich konnten nur 20 der 24 Patienten aufgenommen werden, da bei 4 Patienten der erste Tageswert unter TENS fehlte.

Der Vergleich dieser beiden Werte ergab den unmittelbaren Behandlungserfolg bzw. -mißerfolg. Wie aus Abb. 4.2 ersichtlich ist, verzeichneten vier Patienten (20 %) eine Abnahme der Schmerzintensität, bei elf Patienten (55 %) trat keine Veränderung ein und bei fünf Patienten (25 %) nahm der Schmerz zu. Es fällt auf, daß die Veränderungen sowohl in die eine als auch in die andere Richtung zum Teil sehr deutlich waren.

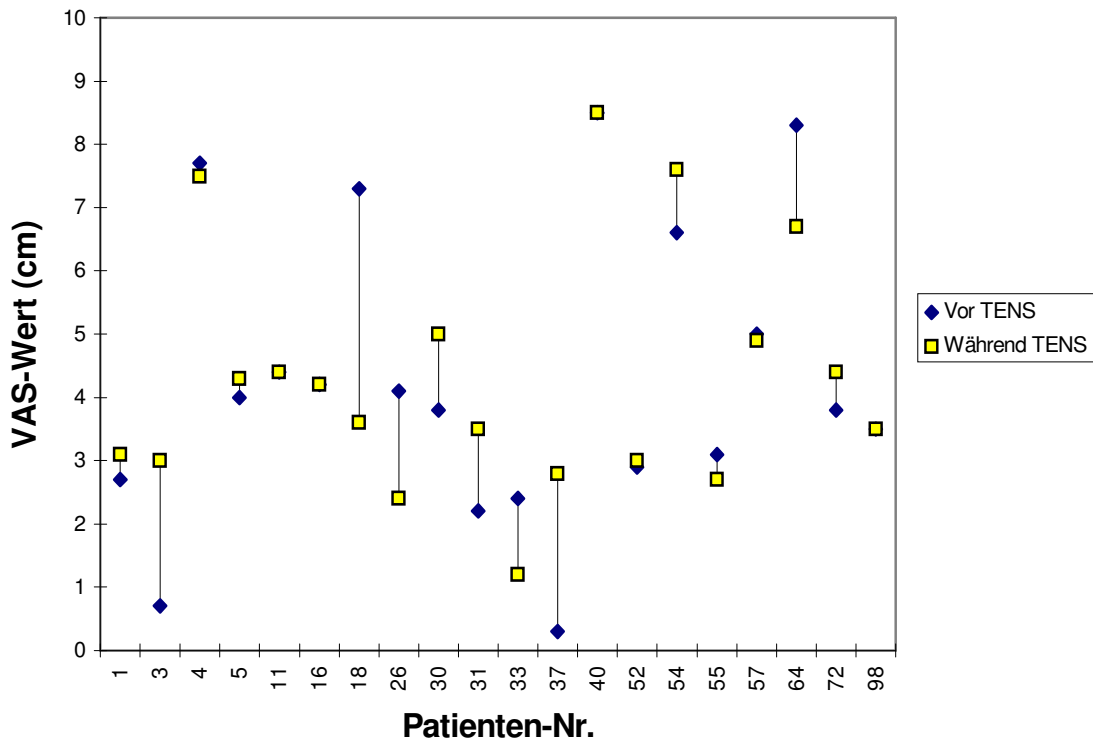


Abb. 4.2: Vergleich der Schmerzintensitäten vor der ersten TENS-Behandlung und nach dem erstmaligen Einschalten des Gerätes (erster Wert am Tag 1, der unter TENS-Behandlung erhoben wurde). Die Verbindung zwischen den beiden jeweiligen Punkten ergibt die Differenz der VAS-Werte, um die die mittlere Schmerzintensität jeweils zu bzw. abgenommen hat. Der Unterschied der Schmerzintensitäten an den beiden Zeitpunkten ist nicht signifikant ($n = 20$, Wilcoxon Signed Rank Test).

4.3 Wirkung einer Kurzzeitbehandlung mit TENS

4.3.1 Wirkung auf die durchschnittliche Schmerzintensität während der ersten drei Tage TENS-Behandlung

Als Kurzzeitwirkung wurde der Behandlungseffekt einer dreitägigen TENS-Applikation definiert. Als Vorwert wurde der Mittelwert aus dem dem Schmerzanamnesebogen entnommenen Schmerzintensitätswert und dem ersten im Schmerztagebuch angegebenen Wert verwendet (s. Punkt 4.1). Für 43 Patienten konnte eine Kurzzeit-Wirkung berechnet werden.

Wie die Abb. 4.3 zeigt, ergab sich für 14 Patienten (33 %) ein Behandlungserfolg mit TENS während der ersten drei Behandlungstage. Zweiundzwanzig Patienten (51 %) profitierten nicht von der Behandlung und bei 7 Patienten (16 %) verschlechterte sich der Schmerzzustand. Insgesamt ergab sich jedoch ein signifikanter Unterschied der Schmerzintensitäten unter TENS-Behandlung im Vergleich zu den Vorwerten ($p \leq 0,01$; Wilcoxon Signed Rank Test). Die Verteilung der Werte in Abb. 4.3 läßt auch schon rein optisch erkennen, daß bei einigen Patienten eine deutliche Reduktion ihres mittleren Schmerzwertes eingetreten war.

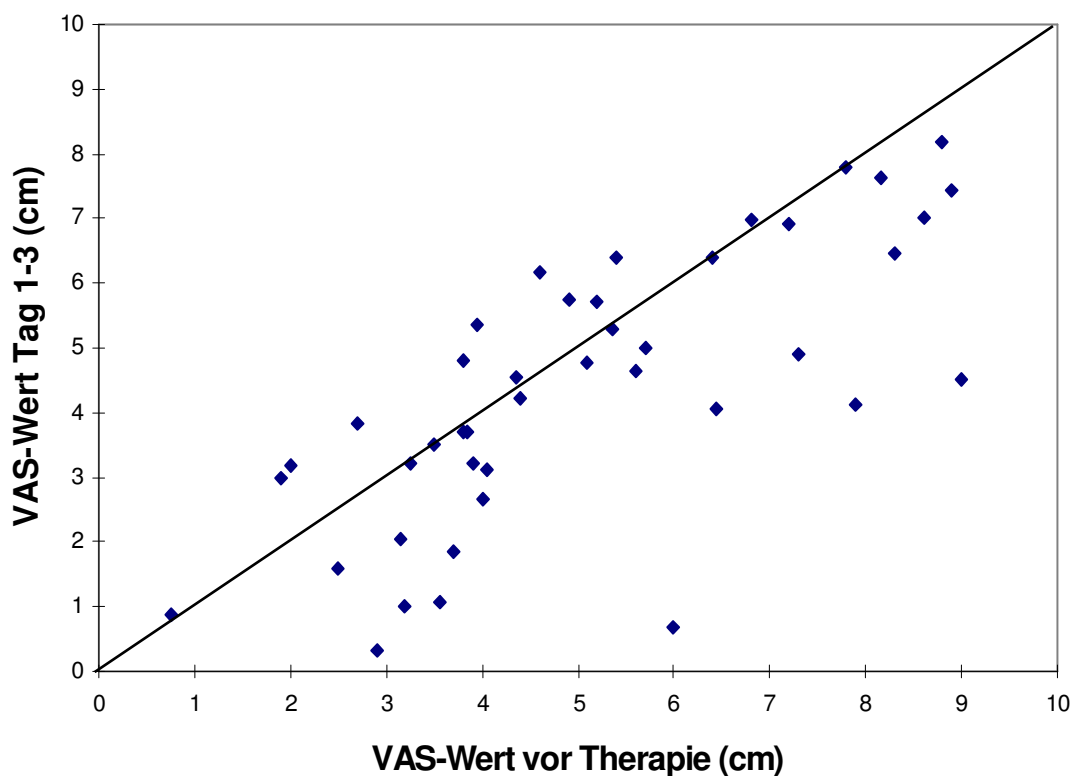


Abb. 4.3: Wirkung einer Kurzzeit-Therapie mit TENS. Die VAS-Werte vor Therapie bedeuten den Mittelwert aus dem Schmerzintensitätswert des Schmerzanamnesebogens und dem ersten Wert des Schmerztagebuchs. Auf der y-Achse sind die Mittelwert aller VAS-Werte der ersten drei Therapietage ohne die Werte vor Beginn der jeweiligen Tages-therapie aufgetragen. Der Unterschied zwischen den Werten vor Therapie und den Werten während und nach der Therapie ist signifikant ($n = 42$; $p \leq 0,01$; Wilcoxon Signed Rank Test).

4.3.2 Wirkung auf die Schmerzmaxima der ersten drei Therapietage mit TENS

Da für die Zeit vor dem TENS-Einsatz keine Schmerzwertmaxima vorlagen und ein Vergleich mit dem Mittelwert aus Schmerzanamnesebogen und Schmerztagebuchwert nicht sinnvoll ist, wurde, um den Akuteffekt der TENS-Behandlung darzustellen, das Schmerzwertmaximum des ersten Tages der TENS-Behandlung mit demjenigen des dritten Tages verglichen. Bei sieben Patienten (16 %) lagen die Schmerzwertmaxima am dritten Tag der TENS-Behandlung unter denjenigen des ersten Tages, bei 30 Patienten (68 %) ergab sich keine Veränderung und sieben Patienten (16 %) gaben am dritten Tag stärkere maximale Schmerzen an als am ersten Tag (Abb. 4.4).

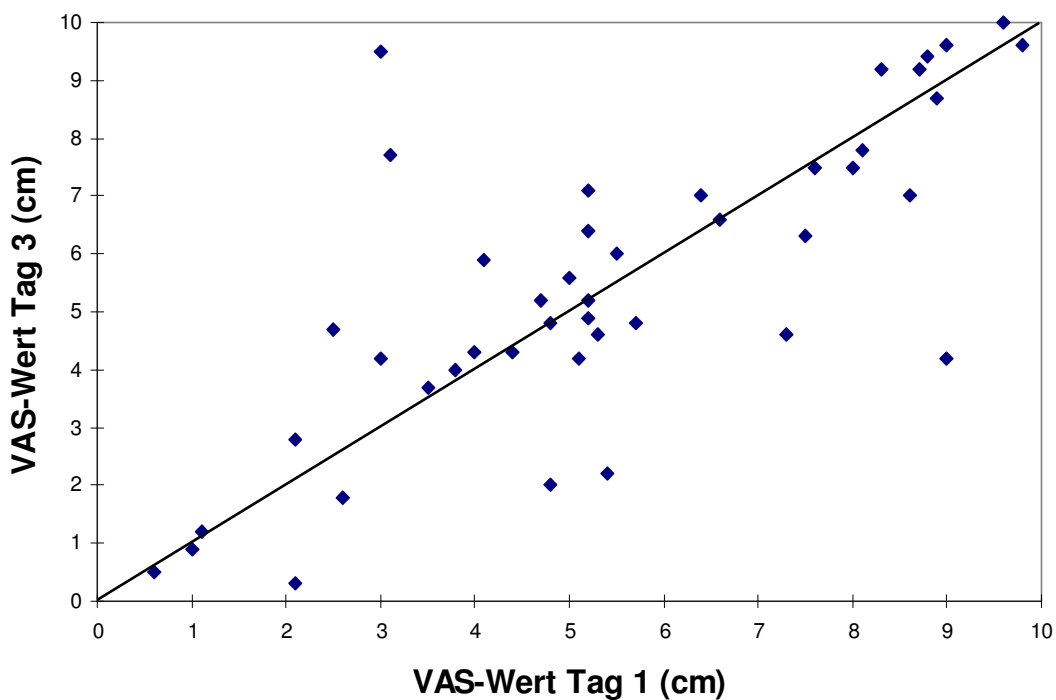


Abb. 4.4: Effekt einer kurzzeitigen (3 Tage) TENS-Behandlung auf die Schmerzwertmaxima. Verglichen wurde das Schmerzwertmaximum am Tag 1 mit demjenigen am Tag 3. Der Unterschied der Mittelwerte ist nicht signifikant (Wilcoxon Signed Rank Test).

4.4 Wirkung der TENS-Anwendung über mehrere Wochen

4.4.1 Wirkung auf die durchschnittliche Schmerzintensität

Im Vergleich zu den Vorwerten vor TENS-Behandlung gaben 21 von 42 Patienten (50 %) niedrigere Schmerzintensitäten als vor der Behandlung mit TENS an. Bei 15 Patienten (36 %) war der Schmerzzustand gleich geblieben und bei sechs Patienten (14 %) hatte sich die Schmerzintensität erhöht. Der Therapieerfolg insgesamt ist in Abb. 4.5 grafisch dargestellt.

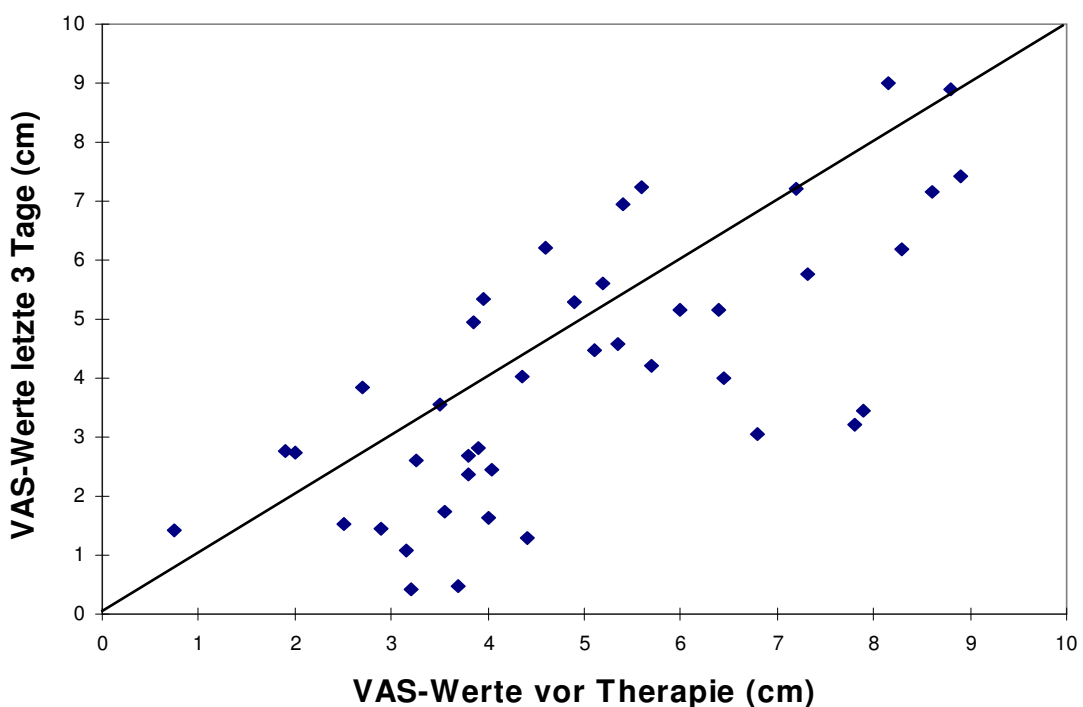


Abb. 4.5: Wirkung einer länger dauernden Therapie mit TENS. Die VAS-Werte vor Therapie bedeuten den Mittelwert aus dem Schmerzintensitätswert des Schmerzanamnesebogens und dem ersten Wert des Schmerztagebuchs. Auf der y-Achse sind die Mittelwerte aller VAS-Werte der letzten drei Therapietage ohne die Werte vor Beginn der jeweiligen Tages-therapie aufgetragen. Der Unterschied zwischen den Werten vor Therapie und den Werten während und nach der Therapie ist signifikant ($n = 43$; $p \leq 0,01$; Wilcoxon Signed Rank Test).

Bei dem Vergleich der Mittelwerte der ersten drei Tage unter TENS-Behandlung mit denjenigen der letzten drei Tage zeigt sich jedoch, daß nur wenige Patienten ($n = 8$, 19 %) von einer Weiterführung der TENS-Behandlung über die ersten drei Tage hinaus profitierten. Bei 29 (69 %) Patienten blieb die durchschnittliche Schmerz-

intensität gleich und fünf (12 %) Patienten gaben am Ende ihrer individuellen Behandlungsperiode ein höheres Schmerzniveau an.

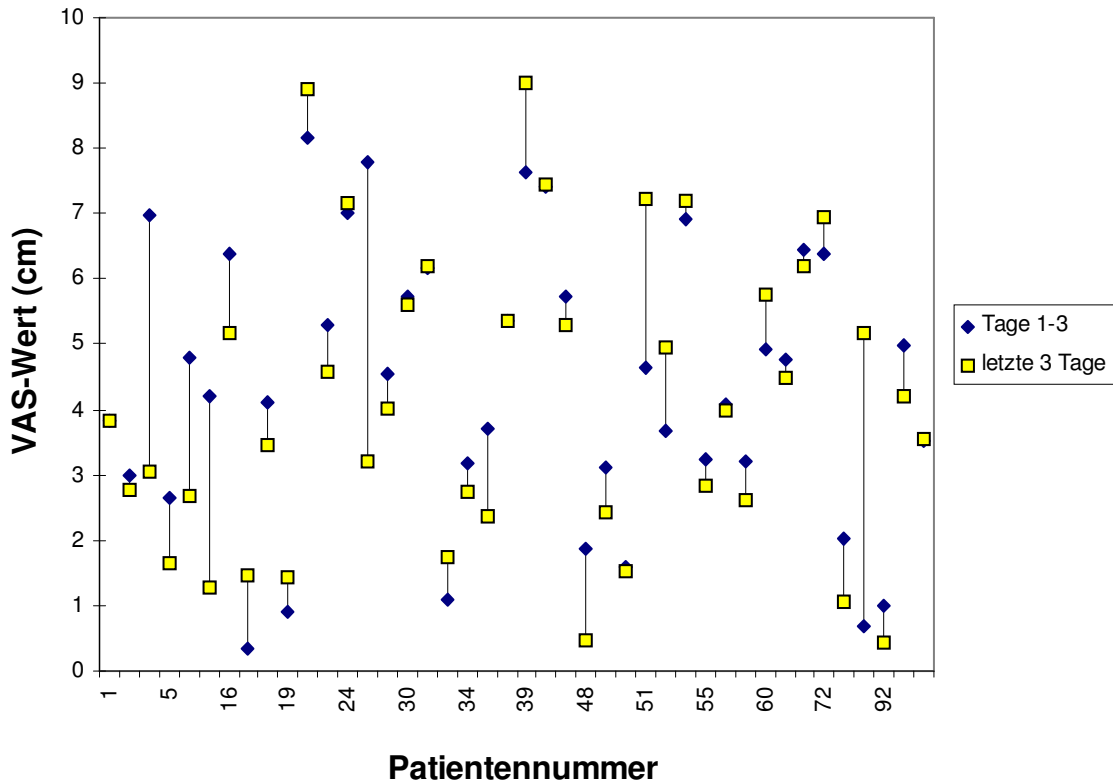


Abb. 4.6: Vergleich der mittleren Schmerzintensitäten zu Beginn (Tag 1-3) der TENS-Behandlung und am Ende (letzte 3 Tage). Die Verbindung zwischen den beiden jeweiligen Punkten ergibt die Differenz der VAS-Werte, um die die mittlere Schmerzintensität jeweils zu bzw. abgenommen hat. Der Unterschied zwischen den Werten ist für die Gesamtgruppe nicht signifikant ($n = 42$, $p = 0,056$, Wilcoxon Signed Rank Test).

4.4.2 Wirkung auf die Schmerzmaxima

Die Wirkung einer über drei Tage hinausgehenden TENS-Behandlung auf die Schmerzwertmaxima war, wie aus Abb. 4.7 ersichtlich ist, zufriedenstellend. Bei 18 Patienten (42 %) wurden die Schmerzmaxima reduziert, bei einigen sogar erheblich. Bei 20 Patienten (47 %) blieben die Schmerzmaxima in etwa auf demselben Niveau und fünf Patienten (12 %) gaben in den letzten drei Behandlungstagen höhere Werte

an. Der Unterschied zwischen den Mittelwerten der ersten drei Behandlungstage und der letzten drei Behandlungstage war signifikant ($p \leq 0,005$, Wilcoxon Signed Rank Test). Im Vergleich zu den ersten drei Behandlungstagen ergaben sich signifikant häufiger positive Ergebnisse, d.h. eine Verminderung der Schmerzmaxima ($p \leq 0,05$, Fisher Exact Test).

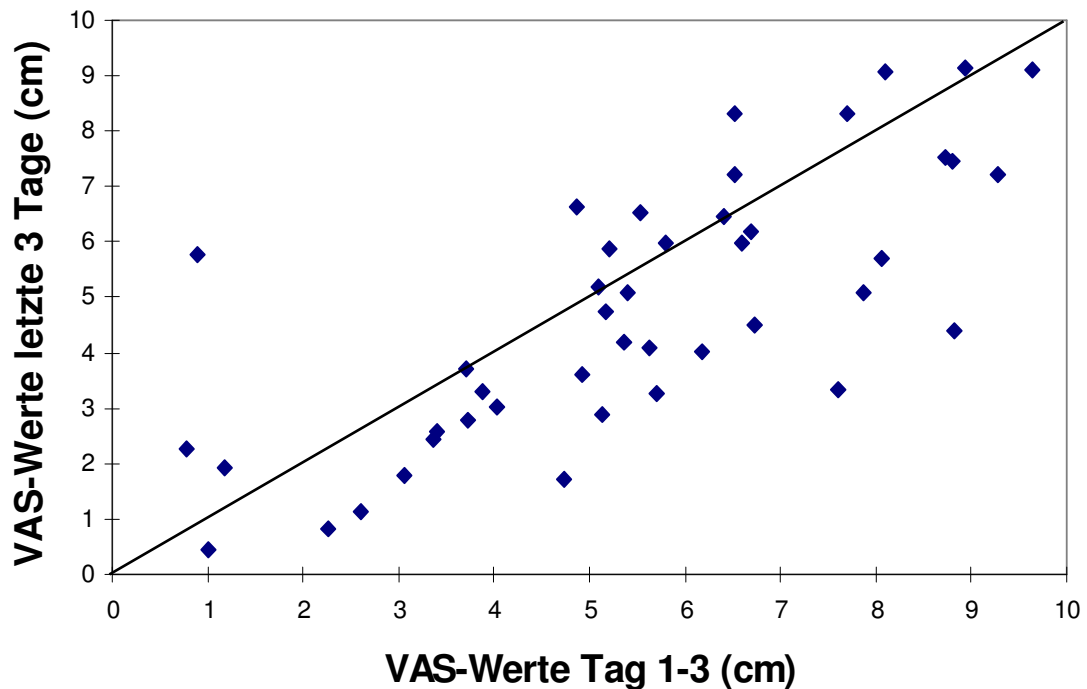


Abb. 4.7: Entwicklung der Schmerzmaxima unter TENS-Behandlung über mehrere Wochen. Verglichen wurden die Mittelwerte der Schmerzmaxima in den ersten drei Behandlungstagen (x-Achse) mit den Mittelwerten der Schmerzmaxima in den letzten drei Behandlungstagen (y-Achse). Der Unterschied zwischen den Mittelwerten ist signifikant ($p \leq 0,005$; Wilcoxon Signed Rank Test).

4.5 Wirkung der TENS-Behandlung in Abhängigkeit von der Behandlungsdauer

4.5.1 Wirkung auf die mittlere Schmerzintensität

Da die Behandlungsdauer bei den einzelnen Patienten unterschiedlich lang war, wurde untersucht, ob sich die Behandlungsdauer auf das Ergebnis einer TENS-Behandlung auswirkt.

Von den 42 Patienten, für die am Behandlungsende Schmerzintensitätswerte vorlagen, hatten 20 Patienten (48 %) 1-2 Wochen behandelt, bei 17 Patienten (40 %) betrug die Behandlungsdauer 3-5 Wochen und nur 5 Patienten (12 %) behandelten länger als 5 Wochen.

Sowohl im Vergleich zu den Vorwerten als auch im Vergleich zu den Werten unter oder nach TENS der ersten drei Behandlungstage waren die Ergebnisse am Ende der Behandlung besser, wenn längere Zeit behandelt wurde. Dies zeigen sowohl die Einzelergebnisse pro Patient (Abb. 4.8 und 4.9) als auch die Mittelwerte der Schmerzintensitäten (Tab. 4.1). Allerdings ist zu berücksichtigen, daß sich bereits in den Vorwerten Unterschiede zwischen den drei Gruppen mit unterschiedlicher Behandlungsdauer ergaben, die jedoch nicht signifikant waren. Die besten Ergebnisse zeigte die Gruppe von Patienten, die das TENS-Gerät länger als 5 Wochen anwendeten. Wie aus Tabelle 4.1 ebenfalls ersichtlich ist, sind die Häufigkeiten der Patienten, die in den ersten drei Tagen der TENS-Behandlung eine Verbesserung, Verschlechterung oder keine Änderung ihrer mittleren Schmerzintensitäten erfahren haben, in allen drei Gruppen vergleichbar. Die Gruppe mit der längsten Behandlungsdauer zeigte jedoch am Ende der Behandlung die größten Mittelwertsunterschiede.

Abbildung 4.8 zeigt den Einfluß der Behandlungsdauer im Vergleich zu den Vorwerten, in Abbildung 4.9 wurden die mittleren Schmerzintensitäten zu Beginn (Tag 1-3) mit denen der letzten drei Behandlungstage verglichen.

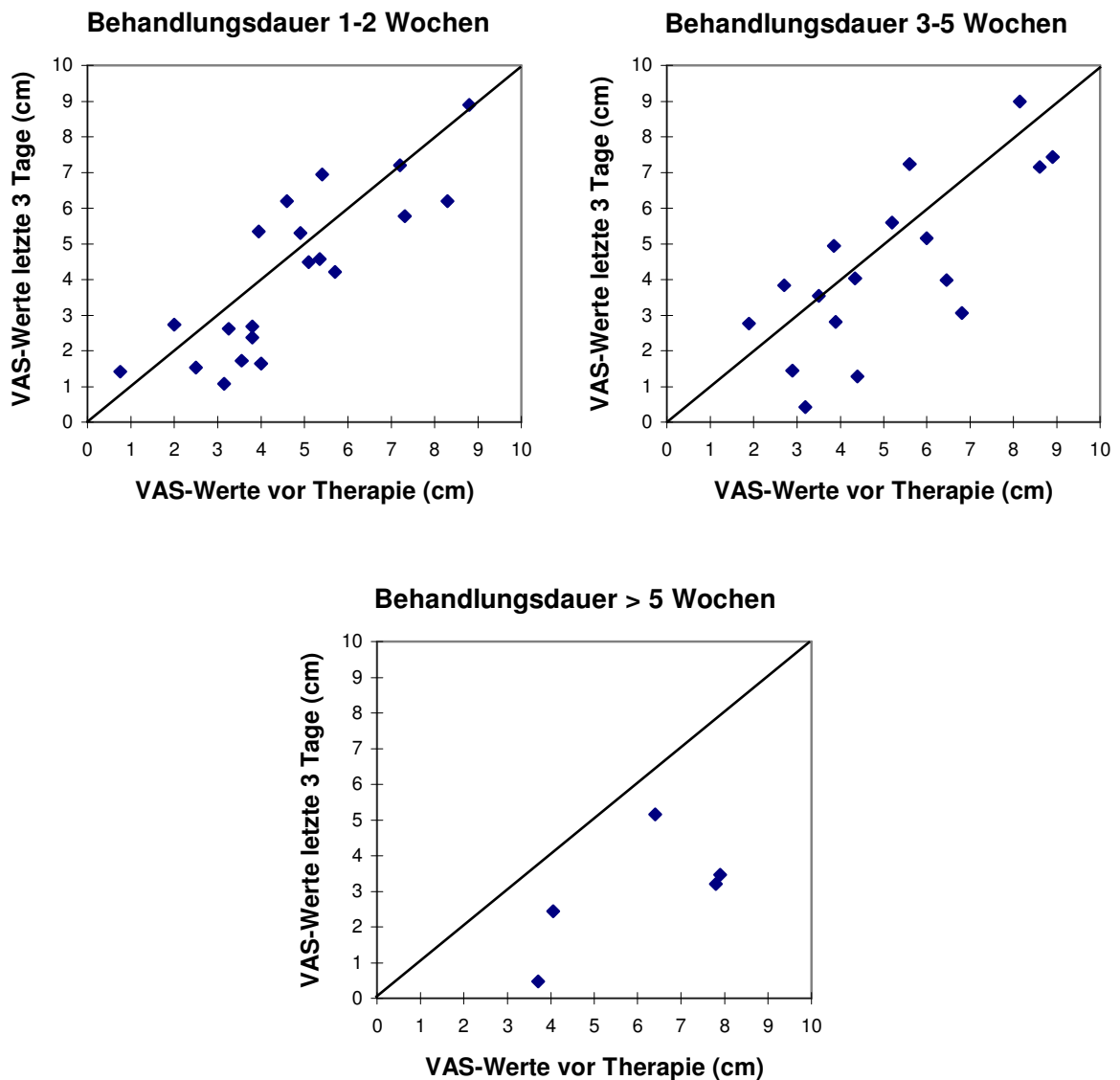


Abb. 4.8: Wirkung der TENS-Behandlung auf die mittleren Schmerzintensitäten in Abhängigkeit von der Behandlungsdauer. Verglichen wurden die nach individuellen Behandlungszeiten erreichten mittleren Schmerzintensitäten (y-Achse) mit den Vorwerten vor Beginn der TENS-Therapie (x-Achse). Die Behandlungsergebnisse für die Gruppe mit einer Behandlungsdauer > 5 Wochen sind signifikant unterschiedlich von den Vorwerten ($p \leq 0,05$, Wilcoxon Signed Rank Test).

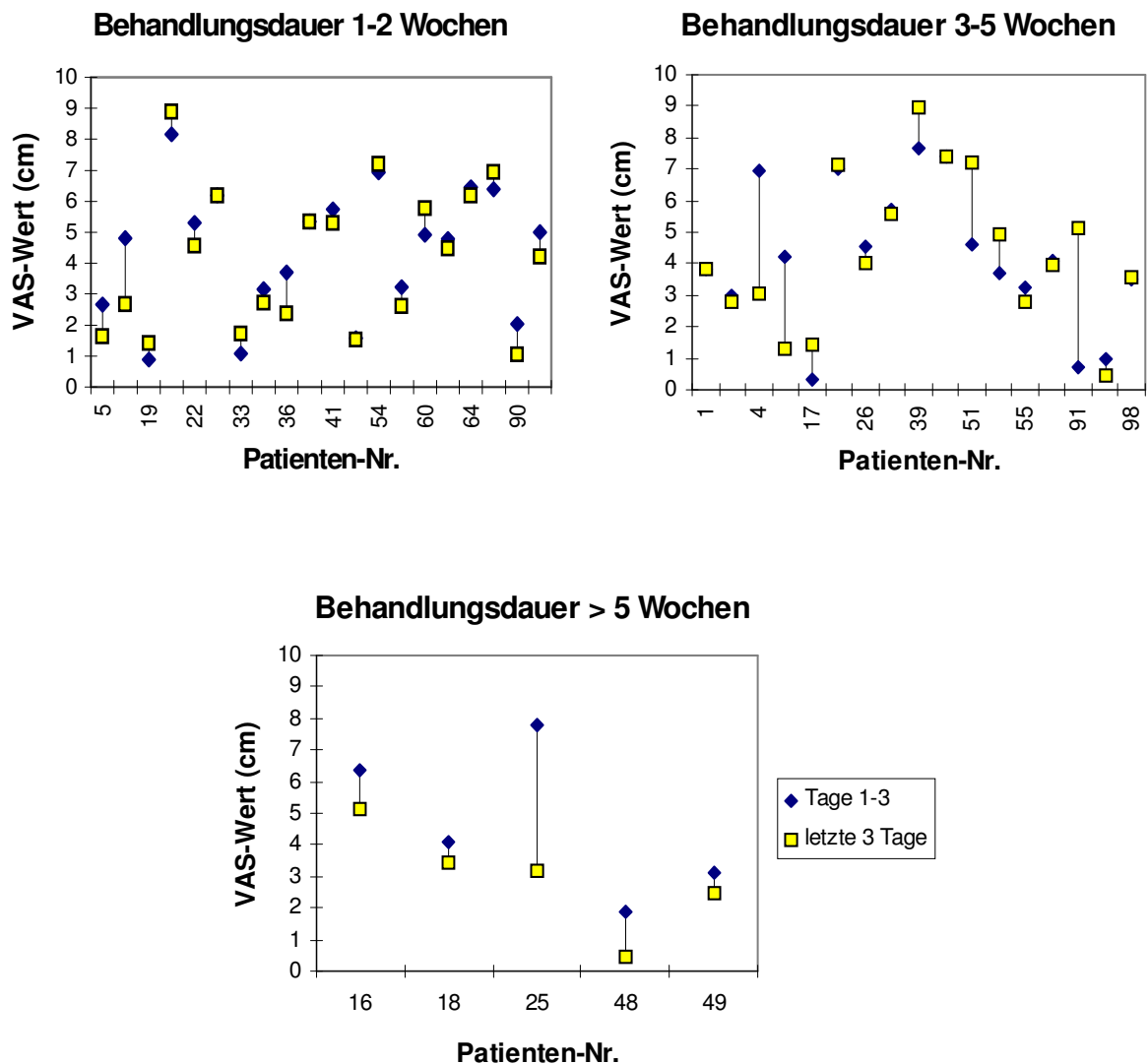


Abb. 4.9: Effekt der TENS-Behandlung auf die mittlere Schmerzintensität in Abhängigkeit von der Behandlungsdauer. Verglichen wurden die mittleren Schmerzintensitäten zu Beginn (Tag 1-3) der TENS-Behandlung und am Ende (letzte 3 Tage). Die Verbindung zwischen den beiden jeweiligen Punkten ergibt die Differenz der VAS-Werte, um die die mittlere Schmerzintensität jeweils zu bzw. abgenommen hat. Der Unterschied zwischen den Mittelwerten am Anfang und Ende der Behandlung ist nur für die Gruppe signifikant, die länger als 5 Wochen behandelt wurde ($n = 5$, $p = 0,022$; Wilcoxon Signed Rank Test).

Tab. 4.1: Mittelwerte und Standardabweichung von Vorwerten und Behandlungswerten (mittlere Schmerzintensitäten) sowie die Verteilung der Behandlungserfolge in Abhängigkeit von der Behandlungsdauer. Die Unterschiede der Vorwerte und der Behandlungswerte der Tage 1-3 sind für die drei Gruppen nicht signifikant. Für die Gruppe mit der längsten Behandlungsdauer (> 5 Wochen) ergibt sich nach Ende der Behandlung ein signifikanter Unterschied ($p \leq 0,05$). Die Verteilung der Häufigkeiten (Verbesserung, keine Änderung, Verschlechterung) war weder für die ersten drei noch für die letzten drei Behandlungstage signifikant unterschiedlich (MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung).

Erste drei Behandlungstage						
Behandl.-dauer in Wochen	Vorwert MW \pm SD	Tag 1-3 MW \pm SD	Differenz der Mittelwerte	Verbesserung Anzahl (%)	Keine Änderung Anzahl (%)	Verschlechterung Anzahl (%)
1-2 (n = 21)	4,88 \pm 2,23	4,42 \pm 1,99	0,46	6 (29)	10 (57)	5 (24)
3-5 (n = 17)	5,08 \pm 2,13	4,21 \pm 2,25	0,87	6 (35)	9 (53)	2 (12)
> 5 (n = 5)	5,97 \pm 2,01	4,66 \pm 2,41	1,31	2 (40)	3 (60)	0
Letzte drei Behandlungstage						
Behandl.-dauer in Wochen	Vorwert MW \pm SD	Letzte 3 Tage MW \pm SD	Differenz der Mittelwerte	Verbesserung Anzahl (%)	Keine Änderung Anzahl (%)	Verschlechterung Anzahl (%)
1-2 (n = 20)	4,67 \pm 2,07	4,15 \pm 2,29	0,52	8 (40)	9 (45)	3 (15)
3-5 (n = 17)	5,08 \pm 2,13	4,33 \pm 2,38	0,75	8 (47)	6 (35)	3 (18)
> 5 (n = 5)	5,97 \pm 2,01	2,95 \pm 1,70	3,02*	5 (100)	0	0

* $p \leq 0,05$ (Wilcoxon Signed Rank Test).

4.5.2 Wirkung auf die Schmerzmaxima

Auch für die Wirkung der TENS-Behandlung auf die Schmerzmaxima zeigten sich Unterschiede in Abhängigkeit von der Behandlungsdauer. In der Gruppe, die länger als fünf Wochen behandelte, waren nur positive Behandlungsergebnisse zu verzeichnen (Abb. 4.10). Diese Gruppe wies auch den größten Mittelwertsunterschied in den beiden Meßzeitpunkten Tag 1-3 und letzte 3 Behandlungstage auf (Tab. 4.2).

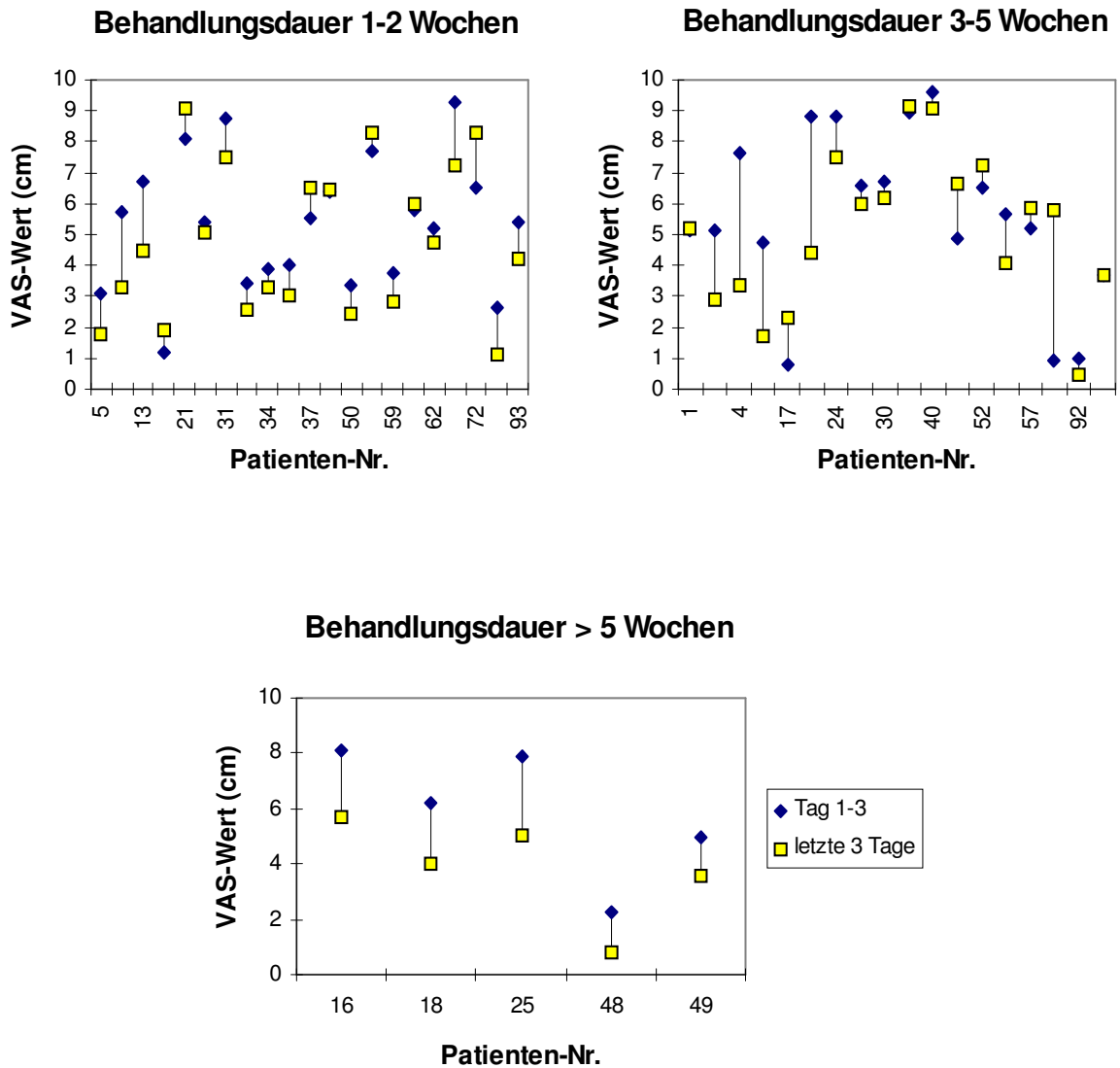


Abb. 4.10: Effekt der TENS-Behandlung auf die Schmerzmaxima in Abhängigkeit von der Behandlungsdauer. Verglichen wurden die Schmerzmaxima zu Beginn (Tag 1-3) der TENS-Behandlung und am Ende (letzte 3 Tage). Die Verbindung zwischen den beiden jeweiligen Punkten ergibt die Differenz der VAS-Werte, um die die Schmerzmaxima jeweils zu bzw. abgenommen haben. Der Unterschied zwischen den Mittelwerten am Anfang und Ende der Behandlung ist sowohl für die Gruppe signifikant, die 1-2 Wochen behandelt wurde als auch für die Gruppe, die länger als 5 Wochen behandelt wurde ($p \leq 0,05$; Wilcoxon Signed Rank Test; Stichprobengröße siehe Tab. 4.2).

Tab. 4.2: Mittelwerte und Standardabweichung der Schmerzmaxima zu Beginn und am Ende der TENS-Behandlung sowie die Verteilung der Behandlungserfolge in Abhängigkeit von der Behandlungsdauer. Die Verteilung der Häufigkeiten (Verbesserung, keine Änderung, Verschlechterung) war nicht signifikant unterschiedlich (Fisher Exact Test). (MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung).

Behandl.-dauer in Wochen	Tag 1-3 MW ± SD	Letzte 3 Tage MW ± SD	Differenz der Mittelwerte	Verbesserung Anzahl (%)	Keine Änderung Anzahl (%)	Verschlechterung Anzahl (%)
1-2 (n = 21)	5,31 ± 2,11	4,77 ± 2,41	0,55*	8 (38)	11 (52)	2 (10)
3-5 (n = 18)	5,59 ± 2,74	5,08 ± 2,43	0,52	6 (33)	9 (50)	3 (17)
> 5 (n = 5)	5,86 ± 2,37	3,85 ± 1,88	2,02*	5 (100)	0	0

* $p \leq 0,05$, Wilcoxon Signed Rank Test.

Wie aus Tabelle 4.2 ersichtlich ist, ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Schmerzmaxima der Tage 1-3 und den letzten 3 Tagen nicht nur für die Gruppe, die am längsten behandelt wurde, sondern auch für die Gruppe mit einer Behandlungsdauer von nur 1-2 Wochen. Daher wurde für die Gruppe mit einer Behandlungsdauer von 3-5 Wochen bzw. länger als fünf Wochen der Zeitpunkt 2 Wochen nach Behandlungsbeginn ebenfalls untersucht, um festzustellen, ob es sich bei dem Behandlungserfolg eventuell um ein phasisches Geschehen mit einem Gipfel nach 1-2 Wochen Behandlung handelte. Die Betrachtung des Behandlungserfolgs nach 2 Wochen sollte auch darüber Auskunft geben, ob das Maximum des zu erreichenden Effektes bereits nach 2 Wochen erreicht ist und eine weitere Behandlung keinen therapeutischen Zugewinn mehr bringt. Wie aus Abbildung 4.11 jedoch ersichtlich ist, ist das Behandlungsergebnis nach 2 Wochen Behandlung in den Gruppen mit 3-5wöchiger und längerdauernder Behandlung sehr heterogen. Bei einigen Patienten lag das Schmerzmaximum unter demjenigen zu Beginn der Behandlung, bei anderen wiederum darüber. Es läßt sich somit weder ein phasischer Therapieverlauf noch eine eindeutige Zuordnung eines Therapieeffektes zu einer zweiwöchigen Behandlungsdauer erkennen. Bei sieben Patienten der Gruppe mit 3-5wöchiger Behandlung war der Behandlungserfolg nach den ersten zwei Wochen am größten, bei fünf Patienten ergab sich in der restlichen Behandlungszeit eine stärkere Abnahme des Maximalschmerzes als in den ersten beiden Behandlungswochen. Die

übrigen sechs Patienten zeigten entweder keine Veränderung oder ein negatives Behandlungsergebnis. Der signifikante Unterschied zwischen den Schmerzmaxima zu Beginn und am Ende der Behandlung in der Gruppe mit 1-2wöchiger Behandlung ist daher eher als Ergebnis des multiplen Testens anzusehen und mit Vorsicht zu interpretieren.

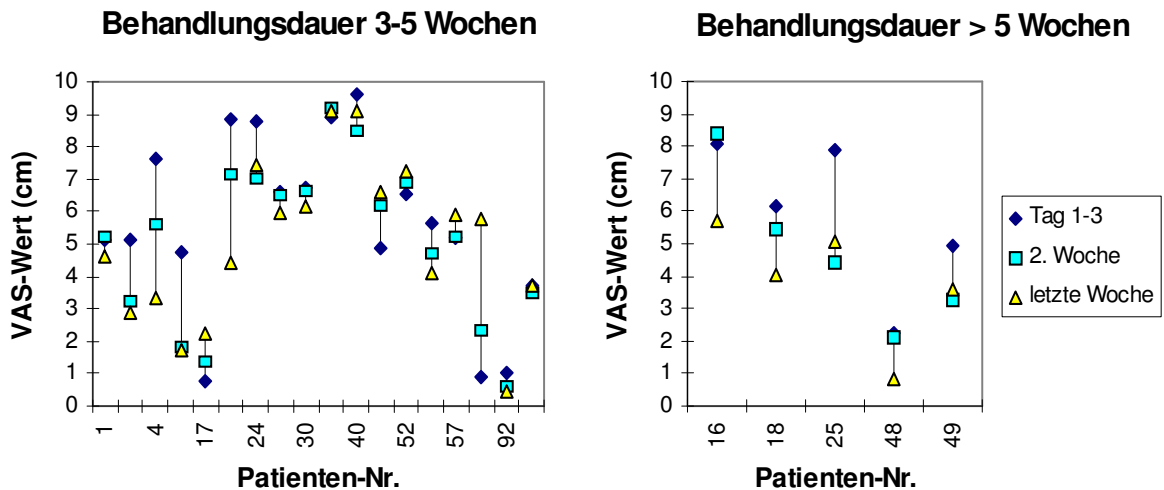


Abb. 4.11: Effekt der TENS-Behandlung auf die Schmerzmaxima in Abhängigkeit von der Behandlungsdauer unter Einbeziehung der Schmerzmaxima nach 2 Wochen Behandlung. Verglichen wurden die Schmerzmaxima zu Beginn (Tag 1-3) der TENS-Behandlung, nach 2 Wochen Behandlung und am Ende (letzte 3 Tage). Die Verbindung zwischen den jeweiligen Punkten ergibt die Differenz der VAS-Werte, um die die Schmerzmaxima jeweils zu bzw. abgenommen haben. Mit Ausnahme des Vergleichs Tag 1-3 vs. letzte 3 Tage für die Gruppe mit einer Behandlungsdauer von mehr als 5 Wochen waren die Unterschiede zwischen den dargestellten Zeitpunkten nicht signifikant.

4.6 Wirkung der TENS-Behandlung in Abhängigkeit von der Dauer der Erkrankung bzw. des Schmerzes

4.6.1 Wirkung auf die mittlere Schmerzintensität

4.6.1.1 Wirkung einer Kurzzeitbehandlung

Um den Einfluß des Schmerzdauer auf den Therapieerfolg mit TENS zu untersuchen, wurden zwei Gruppen gebildet: In einer Gruppe wurde Patienten zusammengefaßt, deren Schmerzdauer sich anhand des Schmerzanamnesebogens auf wenige Wochen bis 1 Jahr festlegen ließ, wobei genaue Angaben hierzu, z.B. eine Datumsangabe des erstmaligen Auftretens des Schmerzes, in den allermeisten Fällen fehlten. Die andere Gruppe umfaßte Patienten, die bereits mehrere Jahre unter Schmerzen litten. Die mittlere Schmerzdauer betrug in dieser Gruppe 12,5 Jahre (Spannweite 4-34 Jahre).

Wie Abb. 4.12 zeigt, war der Effekt einer kurzfristigen TENS-Behandlung in beiden Gruppen vergleichbar. In der Gruppe mit einer Schmerzdauer bis zu einem Jahr stellten sechs Patienten (30 %) einen Schmerzurückgang unter TENS-Anwendung fest, neun Patienten (45 %) erfuhren keine Veränderung ihrer mittleren Schmerzintensität und fünf Patienten (25 %) verzeichneten eine Zunahme des Schmerzempfindens. In der Gruppe mit einer Schmerzdauer > 1 Jahr notierten sechs Patienten (38 %) einen niedrigeren VAS-Wert, bei neun Patienten (56 %) blieb die mittlere Schmerzintensität gleich und nur ein Patient (6 %) erlebte eine Zunahme seines Schmerzes unter TENS.

4.6.1.2 Wirkung einer TENS-Behandlung über mehrere Wochen

Bei der längerdauernden TENS-Anwendung verzeichnet die Gruppe mit einer Schmerzdauer von mehr als einem Jahr einen etwas besseren Therapieerfolg als die Gruppe, deren Schmerzleiden bis zu einem Jahr betrug. Wie aus Abb. 4.13 zu ersehen ist, war die TENS-Behandlung in der Gruppe mit einer Schmerzdauer von bis zu einem Jahr bei sieben Patienten (35 %) erfolgreich, bei neun Patienten (56 %) ergab sich keine Veränderung zum Vorwert und vier Patienten (25 %) gaben eine vermehrte Schmerzintensität an.

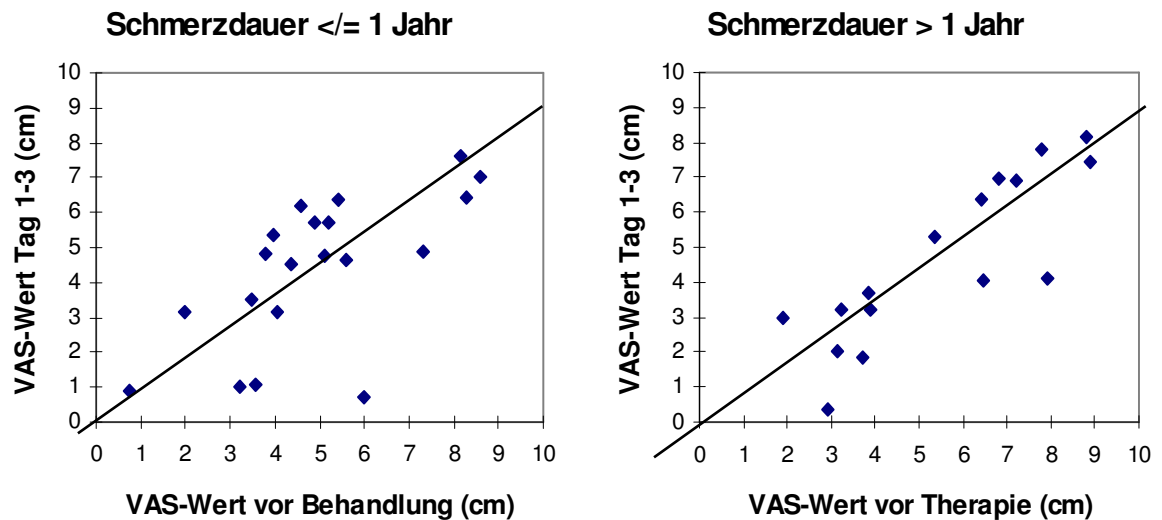


Abb. 4.12: Effekt einer dreitägigen Behandlung mit TENS auf die mittlere Schmerzintensität in Abhängigkeit von der Dauer der Erkrankung bzw. der Schmerzen. Verglichen wurden die mittleren Schmerzintensitäten der Tage 1-3 (y-Achse) mit den Vorwerten vor Beginn der TENS-Therapie (x-Achse). Die Behandlungsergebnisse für die Gruppe mit einer Schmerzdauer > 1 Jahr sind signifikant unterschiedlich von den Vorwerten ($p \leq 0,01$; Wilcoxon Signed Rank Test).

In der Gruppe mit einer Schmerzdauer > 1 Jahr notierten 10 Patienten (63 %) am Ende der Behandlung niedrigere mittlere Schmerzintensitäten, bei fünf Patienten (31 %) veränderte sich am Schmerzgeschehen nichts und nur ein Patient (6 %) gab an, mehr Schmerzen als vor der TENS-Therapie zu haben (Abb. 4.13).

Tabelle 4.3 zeigt die Verteilung der Patienten in beiden Gruppen nach der Behandlungsdauer. In der Gruppe mit einer Schmerzdauer von mehr als einem Jahr hielten mehr Patienten eine Behandlungsdauer von mehr als drei Wochen durch als in der Vergleichsgruppe. Die Mittelwerte und die Streuung der VAS-Werte sind für beide Gruppen in Tabelle 4.4 aufgeführt.

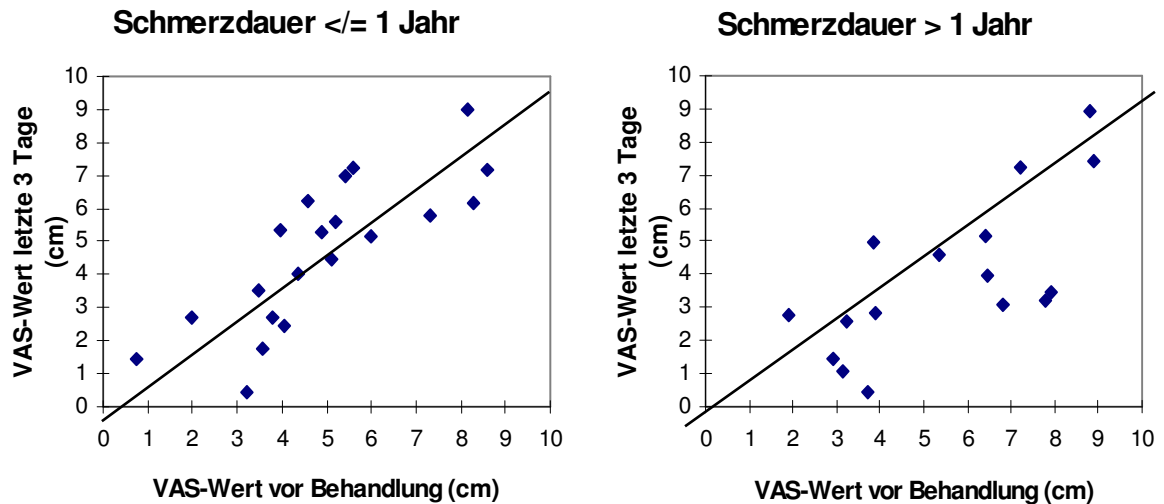


Abb. 4.13: Effekt einer mehrwöchigen Behandlung mit TENS auf die mittlere Schmerzintensität in Abhängigkeit von der Dauer der Erkrankung bzw. der Schmerzen. Verglichen wurden die mittleren Schmerzintensitäten der letzten 3 Behandlungstage (y-Achse) mit den Vorwerten vor Beginn der TENS-Therapie (x-Achse). Die Behandlungsergebnisse für die Gruppe mit einer Schmerzdauer > 1 Jahr sind signifikant unterschiedlich von den Vorwerten ($p \leq 0,01$; Wilcoxon Signed Rank Test).

Tab. 4.3: Verteilung der Patienten mit bis zu einem Jahr Schmerzdauer und mehr als einem Jahr Schmerzdauer nach der Dauer der angewendeten TENS-Behandlung. Der Unterschied zwischen den Gruppen ist nicht signifikant (Fisher Exact Test).

Schmerzdauer	Behandlungsdauer 1-2 Wochen	Behandlungsdauer 3-5 Wochen	Behandlungsdauer > 5 Wochen
≤ 1 Jahr	11	2	3
> 1 Jahr	9	7	6

Tab. 4.4: Mittelwerte und Standardabweichung von Vorwerten und Behandlungswerten sowie die Verteilung der Behandlungserfolge in Abhängigkeit von der Schmerzdauer. Der Unterschied der Vorwerte ist für die beiden Gruppen nicht signifikant. (MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung).

Erste drei Behandlungstage						
Schmerzdauer in Jahren	Vorwert MW ± SD	Tag 1-3 MW ± SD	Differenz der Mittelwerte	Verbesserung Anzahl (%)	Keine Änderung Anzahl (%)	Verschlechterung Anzahl (%)
≤ 1	4,92 ± 2,04	4,38 ± 2,13	0,54	6 (30)	9 (45)	5 (25)
> 1 Jahr	5,52 ± 2,29	4,66 ± 2,39	0,86**	6 (38)	9 (56)	1 (6)
Letzte drei Behandlungstage						
Schmerzdauer in Jahren	Vorwert MW ± SD	Letzte 3 Tage MW ± SD	Differenz der Mittelwerte	Verbesserung Anzahl (%)	Keine Änderung Anzahl (%)	Verschlechterung Anzahl (%)
≤ 1	4,92 ± 2,04	4,67 ± 2,25	0,24	7 (35)	9 (45)	4 (20)
> 1 Jahr	5,52 ± 2,29	3,94 ± 2,34	1,57**	10 (63)	5 (31)	1 (6)

**p ≤ 0,01 (Wilcoxon Signed Rank Test).

Wie aus Abbildung 4.14 ersichtlich ist, verzeichnet in der Gruppe mit einer Schmerzdauer bis zu einem Jahr nur ein Patient (5 %) eine weitere Schmerzreduktion bei Weiterführung der Therapie über die ersten drei Tage hinaus. Bei 16 Patienten (80 %) ergab sich keine Änderung zum Kurzzeitbehandlungserfolg und bei drei Patienten (15 %) wurde die bereits eingetretene Schmerzlinderung wieder aufgehoben. In der Gruppe mit einer Schmerzdauer von mehr als einem Jahr profitierten vier Patienten (25 %) von der Weiterführung der TENS-Behandlung. Bei zehn Patienten (63 %) wurde kein weiterer Fortschritt erzielt und bei zwei Patienten (12 %) war die durch die Kurzzeitbehandlung erzielte Linderung reversibel. Abbildung 4.14 zeigt auch, daß in der Gruppe der Langzeit-Schmerzpatienten erheblich mehr Patienten eine Verminderung der mittleren Schmerzintensitäten von mindestens einer VAS-Einheit (1 cm) hatten.

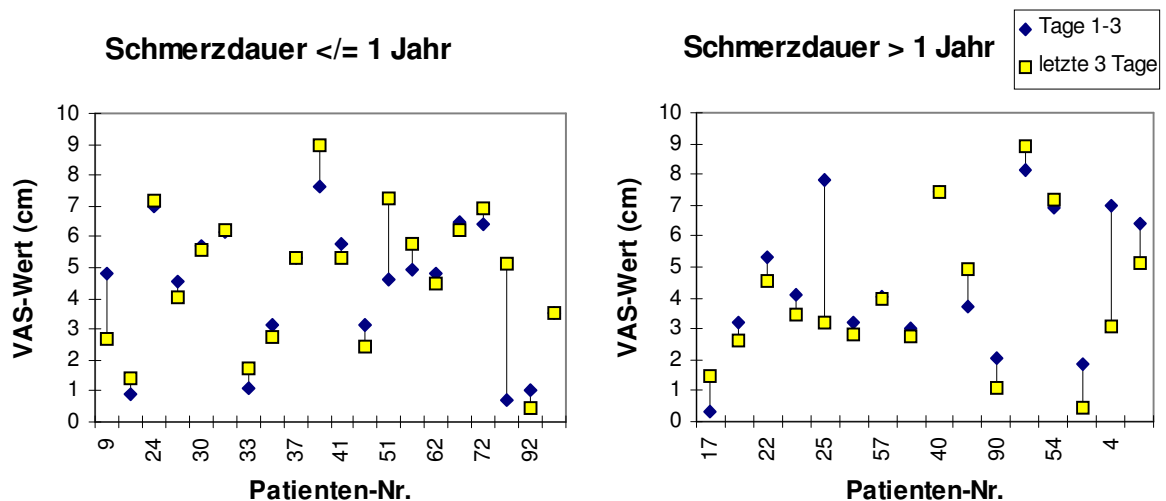


Abb. 4.14: Effekt der Fortführung der TENS-Behandlung über die ersten drei Tage hinaus, dargestellt in Abhängigkeit von der Dauer des Schmerzes. Verglichen wurden die mittleren Schmerzintensitäten zu Beginn (Tag 1-3) der TENS-Behandlung und am Ende (letzte 3 Tage). Die Verbindung zwischen den beiden jeweiligen Punkten ergibt die Differenz der VAS-Werte, um die die Schmerzintensitäten jeweils zu bzw. abgenommen haben. Der Unterschied zwischen den VAS-Werten am Anfang und Ende der Behandlung ist für keine der beiden Gruppen signifikant.

4.6.2 Wirkung auf die Schmerzmaxima

Die unter Punkt 4.6.1 beschriebenen Unterschiede in der Antwort der Patienten auf die TENS-Behandlung in Abhängigkeit von der Dauer ihrer Schmerzen finden sich auch bei der Betrachtung der Wirkung auf die Schmerzmaxima. Auch hier zeigte die Gruppe mit einer Schmerzdauer von mehr als einem Jahr einen deutlicheren positiven Effekt (Tab. 4.5 und Abb. 4.15). Während in der Gruppe mit der kürzeren Schmerzdauer lediglich 25 % (n = 5) der Patienten eine Abnahme ihrer Schmerzmaxima erfuhren, waren dies in der Gruppe mit mehr als einem Jahr Schmerzdauer 53 % (n = 9). Keine oder eine negative Veränderung notierten in der Gruppe mit einer Schmerzdauer von bis zu einem Jahr 15 Patienten (75 %), in der Gruppe mit einer Schmerzdauer von mehr als einem Jahr aber nur acht Patienten (47 %).

Tab. 4.5: Mittelwerte und Standardabweichung der Schmerzmaxima zu Beginn und am Ende der Behandlung sowie die Verteilung der Behandlungserfolge in Abhängigkeit von der Schmerzdauer. Die Verteilung der Häufigkeiten (Verbesserung, keine Änderung, Verschlechterung) war nicht signifikant unterschiedlich. (MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung).

Schmerzdauer in Jahren	Tag 1-3 MW ± SD	Letzte 3 Tage MW ± SD	Differenz der Mittelwerte	Verbesserung Anzahl (%)	Keine Änderung Anzahl (%)	Verschlechterung Anzahl (%)
≤ 1	5,40 ± 2,54	5,34 ± 2,29	0,06	5 (25)	11 (55)	4 (20)
> 1 Jahr	5,95 ± 2,49	4,77 ± 2,55	1,18*	9 (53)	7 (41)	1 (6)

*p ≤ 0.05 (Wilcoxon Signed Rank Test)

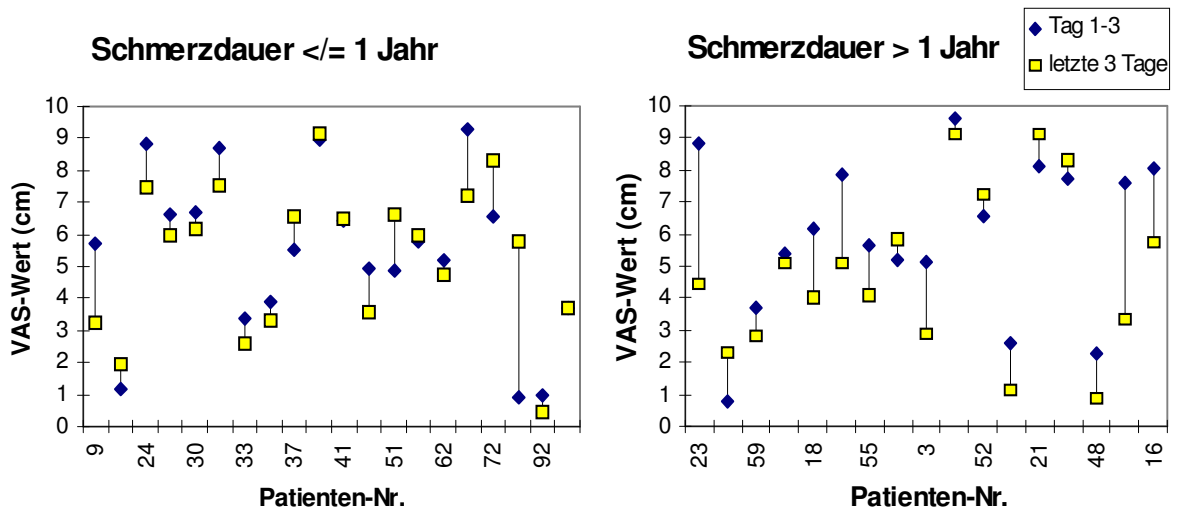


Abb. 4.15: Effekt der TENS-Behandlung auf die Schmerzmaxima in Abhängigkeit von der Dauer des Schmerzes. Verglichen wurden die Schmerzmaxima zu Beginn (Tag 1-3) der TENS-Behandlung und am Ende (letzte 3 Tage). Die Verbindung zwischen den beiden jeweiligen Punkten ergibt die Differenz der VAS-Werte, um die die Schmerzmaxima jeweils zu bzw. abgenommen haben. Der Unterschied zwischen den VAS-Werten am Anfang und Ende der Behandlung ist für die Gruppe mit einer Schmerzdauer von mehr als einem Jahr signifikant ($p \leq 0,05$; Wilcoxon Signed Rank Test).

4.7 Wirkung der TENS-Behandlung in Abhängigkeit von der Schmerzstärke vor Beginn der TENS-Behandlung (Vorwert)

4.7.1 Wirkung auf die mittlere Schmerzintensität

4.7.1.1 Wirkung einer Kurzzeitbehandlung

Um zu prüfen, ob der Effekt einer TENS-Behandlung in Zusammenhang steht mit der Schmerzstärke vor Beginn der Behandlung, wurden die Patienten nach ihren Vorwerten in drei Gruppen eingeteilt: Schmerzstärke 0,1-3,99 (milde Schmerzen); Schmerzstärke 4,0-6,99 (mäßige Schmerzen) und Schmerzstärke 7,0-10,0 (starke Schmerzen).

Zunächst wurde geprüft, ob sich Korrelationen zwischen dem Vorwert und den mittleren VAS-Werten der Tage 1-3 sowie zwischen Vorwert und den mittleren VAS-Werten der letzten 3 Tage für die drei Gruppen mit unterschiedlicher Schmerzstärke ergaben. Tabelle 4.6 gibt den Zusammenhang zwischen der Schmerzstärke vor Beginn der Behandlung und der mittleren Schmerzstärke der Tage 1-3 und der letzten drei Behandlungstage wieder. Lediglich in der Gruppe mit einer milden Schmerzstärke gab es einen Zusammenhang zwischen dem Vorwert und der Schmerzintensität am Tag 1-3 der Behandlung sowie zwischen den beiden Behandlungswerten.

Tab. 4.6: Korrelation zwischen der Schmerzstärke vor Beginn der Behandlung (Vorwert = VAS-Wert in cm) und der mittleren Schmerzstärke (VAS-Wert in cm) der Tage 1-3 und der letzten drei Behandlungstage.

Vorwert	Korrelation Vorwert und Tag 1-3		Korrelation Vorwert und letzte 3 Tage		Korrelation Tag 1-3 und letzte 3 Tage	
	r_s	p	r_s	n.s.	r_s	p
0,1-3,99	$r_s = 0,5714$	$p = 0,017$	$r_s = 0,3532$	n.s.	$r_s = 0,7843$	$p = 0,0002$
4,0-6,99	$r_s = 0,362$	n.s.	$r_s = 0,2634$	n.s.	$r_s = 0,472$	n.s.
7,0-10,0	$r_s = 0,103$	n.s.	$r_s = 0,4833$	n.s.	$r_s = 0,4833$	n.s.

Der Effekt einer dreitägigen Behandlung mit TENS ist in Abb. 4.16 visualisiert. Obwohl in allen drei Gruppen positive Behandlungserfolge zu verzeichnen waren, zeigte die Gruppe mit der starken Schmerzintensität vor Beginn der Therapie den größten therapeutischen Kurzeiterfolg. 60 % der Patienten mit einer initialen Schmerzstärke von 7,0 bis 10,0 auf der VAS gaben unter TENS-Behandlung niedrigere Schmerzwerte an ($p \leq 0,01$; Wilcoxon Signed Rank Test). Mittelwerte und

Standardabweichung sowie die Verteilung des Behandlungserfolgs sind Tabelle 4.7 zu entnehmen.

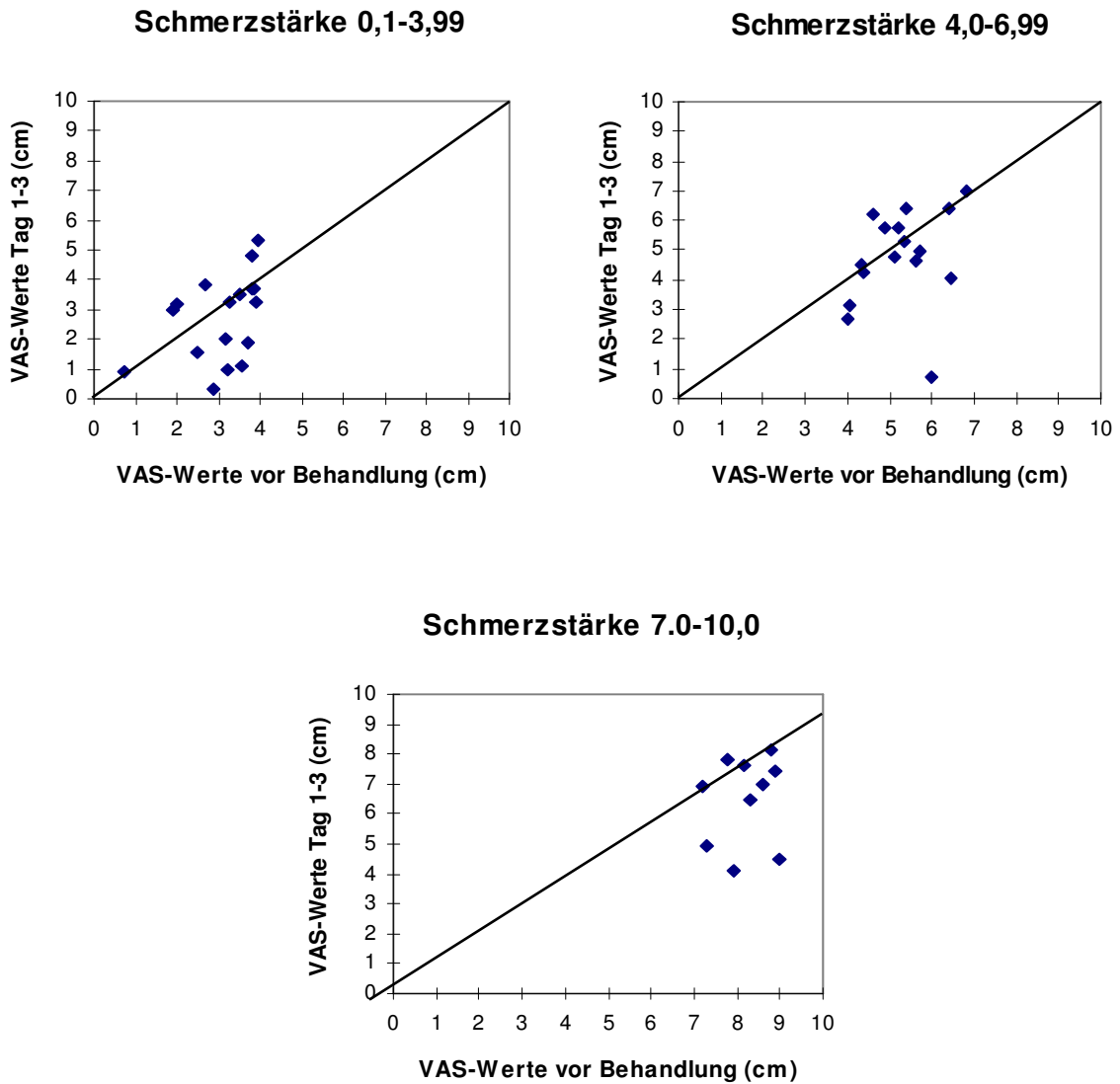


Abb. 4.16: Effekt einer dreitägigen Behandlung mit TENS auf die mittlere Schmerzintensität in Abhängigkeit von der Schmerzstärke vor Beginn der Therapie. Verglichen wurden die mittleren Schmerzintensitäten der Tage 1-3 (y-Achse) mit den Vorwerten vor Beginn der TENS-Therapie (x-Achse). Die Behandlungsergebnisse für die Gruppe mit der starken mittleren Schmerzintensität sind signifikant unterschiedlich von den Vorwerten ($p \leq 0,01$; Wilcoxon Signed Rank Test).

4.7.1.2 Wirkung einer TENS-Behandlung über mehrere Wochen

Die Effekte einer mehrwöchigen TENS-Behandlung sind in Abbildung 4.17 dargestellt. Es zeigte sich, daß die Patienten mit einer milden Schmerzstärke vor TENS-Behandlung (VAS-Werte 0,1-3,99) und diejenigen mit mäßigen Schmerzen (VAS-Werte 4,0-6,99) auf eine längerfristige TENS-Therapie mit einer weiteren Abnahme ihrer mittleren Schmerzstärke reagierten, nicht jedoch die Gruppe mit den starken Schmerzen (VAS-Wert 7,0-10,0), bei denen der in der dreitägigen Therapie erzielte positive Effekt gleich blieb. 67 % der Patienten dieser Gruppe gaben an, im Vergleich zum Vorwert weniger Schmerzen zu haben, die im weiteren Verlauf der Therapie auf demselben Niveau verblieben, wie aus den in Tabelle 4.7 aufgeführten Mittelwerten sowie an der Verteilung des Therapieerfolges zu erkennen ist.

Tab. 4.7: Mittelwerte und Standardabweichung von Vorwerten und Behandlungswerten sowie die Verteilung der Behandlungserfolge in Abhängigkeit von der Schmerzintensität vor Therapiebeginn. Die Verteilung des Therapieerfolges ist für die drei Gruppen nicht signifikant. (MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung).

Erste drei Behandlungstage						
Schmerzstärke (VAS cm)	Vorwert MW ± SD	Tag 1-3 MW ± SD	Differenz der Mittelwerte	Verbesserung Anzahl (%)	Keine Änderung Anzahl (%)	Verschlechterung Anzahl (%)
0,1-3,99	3,08 ± 0,87	2,72 ± 1,43	0,36	5 (29)	7 (41)	5 (29)
4,0-6,99	5,27 ± 0,86	4,78 ± 1,61	0,49	3 (19)	11 (69)	2 (12)
7,0-10,00	8,20 ± 0,64	6,49 ± 1,46	1,70**	6 (60)	4 (40)	0
Letzte drei Behandlungstage						
Schmerzstärke (VAS cm)	Vorwert MW ± SD	Letzte 3 Tage MW ± SD	Differenz der Mittelwerte	Verbesserung Anzahl (%)	Keine Änderung Anzahl (%)	Verschlechterung Anzahl (%)
0,1-3,99	3,08 ± 0,87	2,46 ± 1,4	0,63	8 (47)	6 (35)	3 (18)
4,0-6,99	5,27 ± 0,86	4,46 ± 1,72	0,81	7 (44)	6 (37,5)	3 (18,5)
7,0-10,00	8,20 ± 0,64	6,48 ± 2,08	1,63*	6 (67)	3 (33)	0

*p ≤ 0,05, **p ≤ 0,01 (Wilcoxon Signed Rank Test).

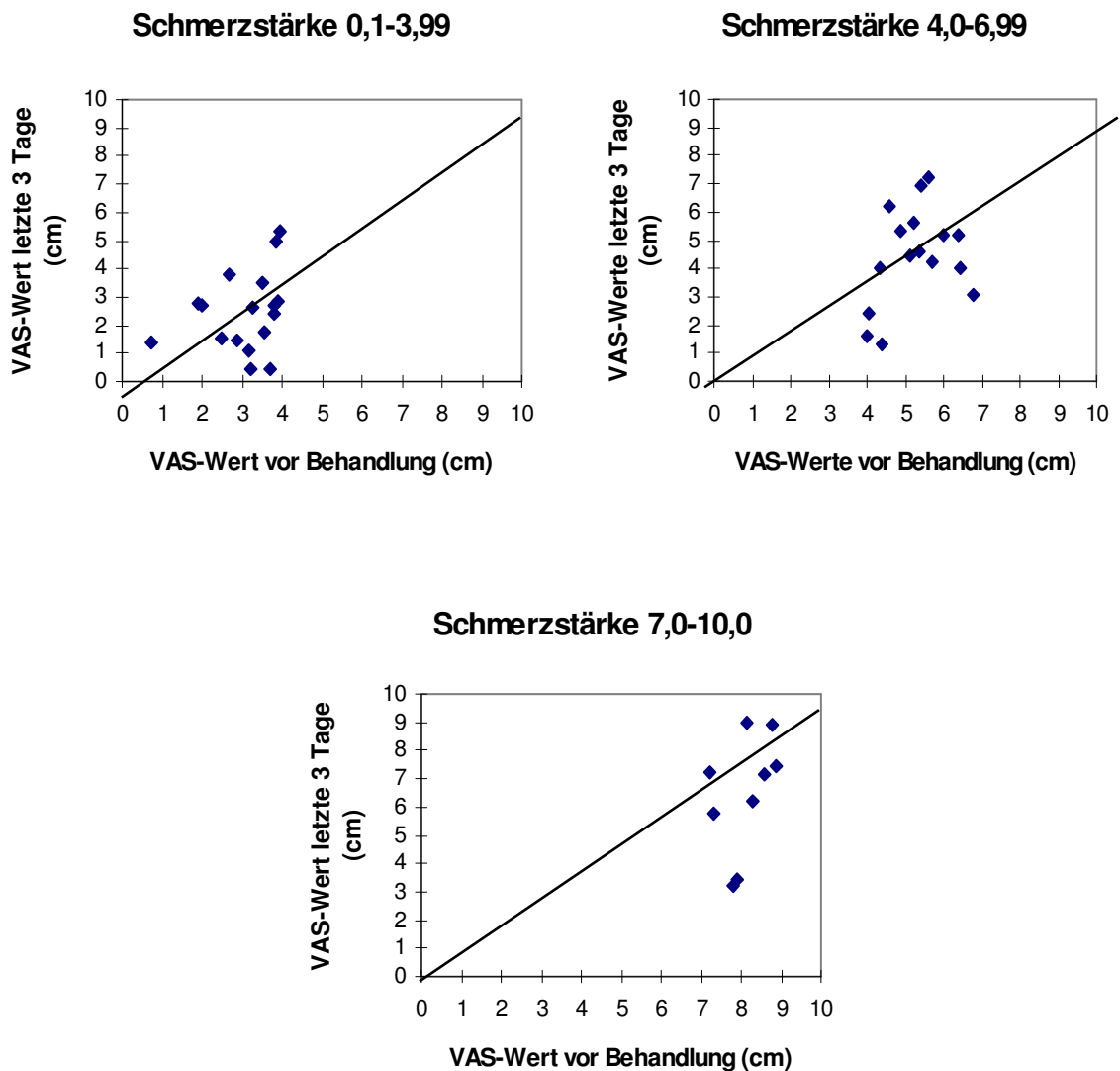


Abb. 4.17: Effekt einer mehrwöchigen Behandlung mit TENS auf die mittlere Schmerzintensität in Abhängigkeit von der Schmerzstärke vor Beginn der Therapie. Verglichen wurden die mittleren Schmerzintensitäten der letzten 3 Behandlungstage (y-Achse) mit den Vorwerten vor Beginn der TENS-Therapie (x-Achse). Die Behandlungsergebnisse für die Gruppe mit der starken mittleren Schmerzintensität sind signifikant unterschiedlich von den Vorwerten ($p \leq 0,05$; Wilcoxon Signed Rank Test).

Auch Abb. 4.18 zeigt deutlich, daß in der Gruppe mit starken Schmerzen vor Beginn der Therapie weniger Patienten auf die Fortsetzung der Therapie über die ersten drei Tage hinaus mit einer weiteren Reduktion ihrer Schmerzen reagierten als in den beiden anderen Gruppen.

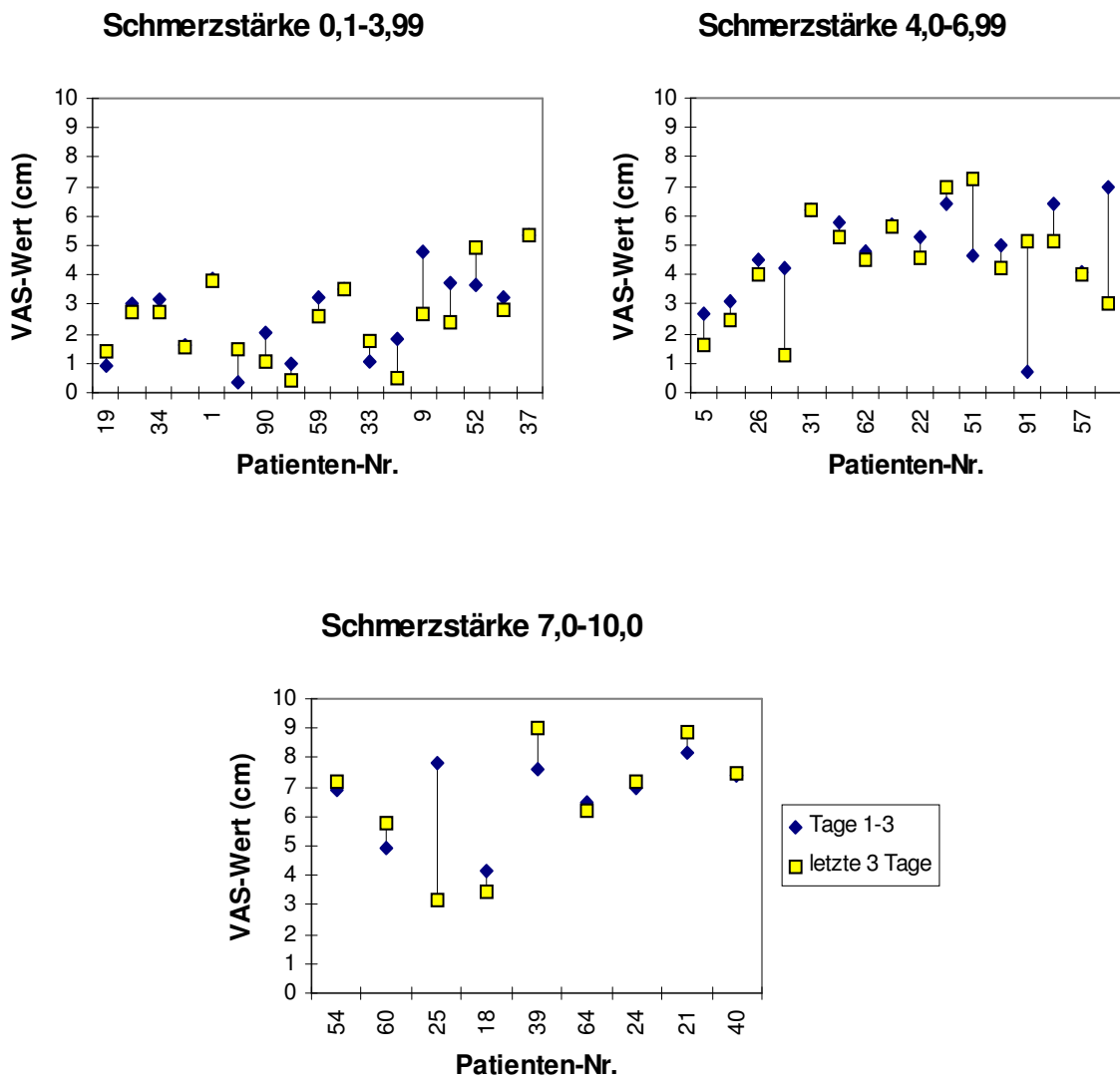


Abb. 4.18: Effekt der Fortführung der TENS-Behandlung über die ersten drei Tage hinaus, dargestellt in Abhängigkeit von der Schmerzstärke vor Therapiebeginn. Verglichen wurden die mittleren Schmerzintensitäten zu Beginn (Tag 1-3) der TENS-Behandlung und am Ende (letzte 3 Tage). Die Verbindung zwischen den beiden jeweiligen Punkten ergibt die Differenz der VAS-Werte, um die die Schmerzintensitäten jeweils zu bzw. abgenommen haben. Der Unterschied zwischen den VAS-Werten am Anfang und Ende der Behandlung ist für keine der drei Gruppen signifikant.

Wie Tabelle 4.8 zeigt, hatte die Schmerzintensität vor Beginn der TENS-Therapie keinen entscheidenden Einfluß auf die Dauer der Anwendung. In allen drei Gruppen beendete ca. die Hälfte der Patienten die TENS-Anwendung nach 1-2 Wochen.

Tab. 4.8: Verteilung der Patienten mit unterschiedlichen Schmerzstärken nach der Dauer der angewendeten TENS-Behandlung. Der Unterschied zwischen den Gruppen ist nicht signifikant (Fisher Exact Test).

Schmerzstärke (VAS cm)	Behandlungsdauer 1-2 Wochen	Behandlungsdauer 3-5 Wochen	Behandlungsdauer > 5 Wochen
0,1-3,99 (n = 17)	9 (53 %)	7 (41 %)	1 (6 %)
4,0-6,99 (n = 16)	7 (44 %)	7 (44 %)	2 (12 %)
7,0-10,0 (n = 10)	5 (50 %)	3 (30 %)	2 (20 %)

4.7.2 Wirkung auf die Schmerzmaxima

Die positive Wirkung der TENS-Behandlung auf die Schmerzmaxima stieg in Abhängigkeit vom Vorwert leicht an. Die Verteilung des Therapieerfolgs war jedoch in den drei Gruppen vergleichbar (Tab. 4.9). Die individuellen absoluten Veränderungen der Schmerzwertmaxima sind in Abb. 4.19 graphisch dargestellt.

Tab. 4.9: Mittelwerte und Standardabweichung der Schmerzmaxima zu Beginn und am Ende der Behandlung sowie die Verteilung der Behandlungserfolge in Abhängigkeit von der Schmerzstärke vor Beginn der Behandlung (Vorwert). Die Verteilung der Häufigkeiten (Verbesserung, keine Änderung, Verschlechterung) war nicht signifikant unterschiedlich. (MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung).

Schmerzstärke (VAS cm)	Tag 1-3 MW ± SD	Letzte 3 Tage MW ± SD	Differenz der Mittelwerte	Verbesserung Anzahl (%)	Keine Änderung Anzahl (%)	Verschlechterung Anzahl (%)
0,1-3,99	3,74 ± 1,75	3,15 ± 1,83	0,58	6 (35)	9 (53)	2 (12)
4,0-6,99	5,83 ± 2,00	5,13 ± 1,81	0,70	8 (47)	6 (35)	3 (18)
7,0-10,0	7,9 ± 1,32	6,98 ± 1,97	0,91	5 (50)	5 (50)	0

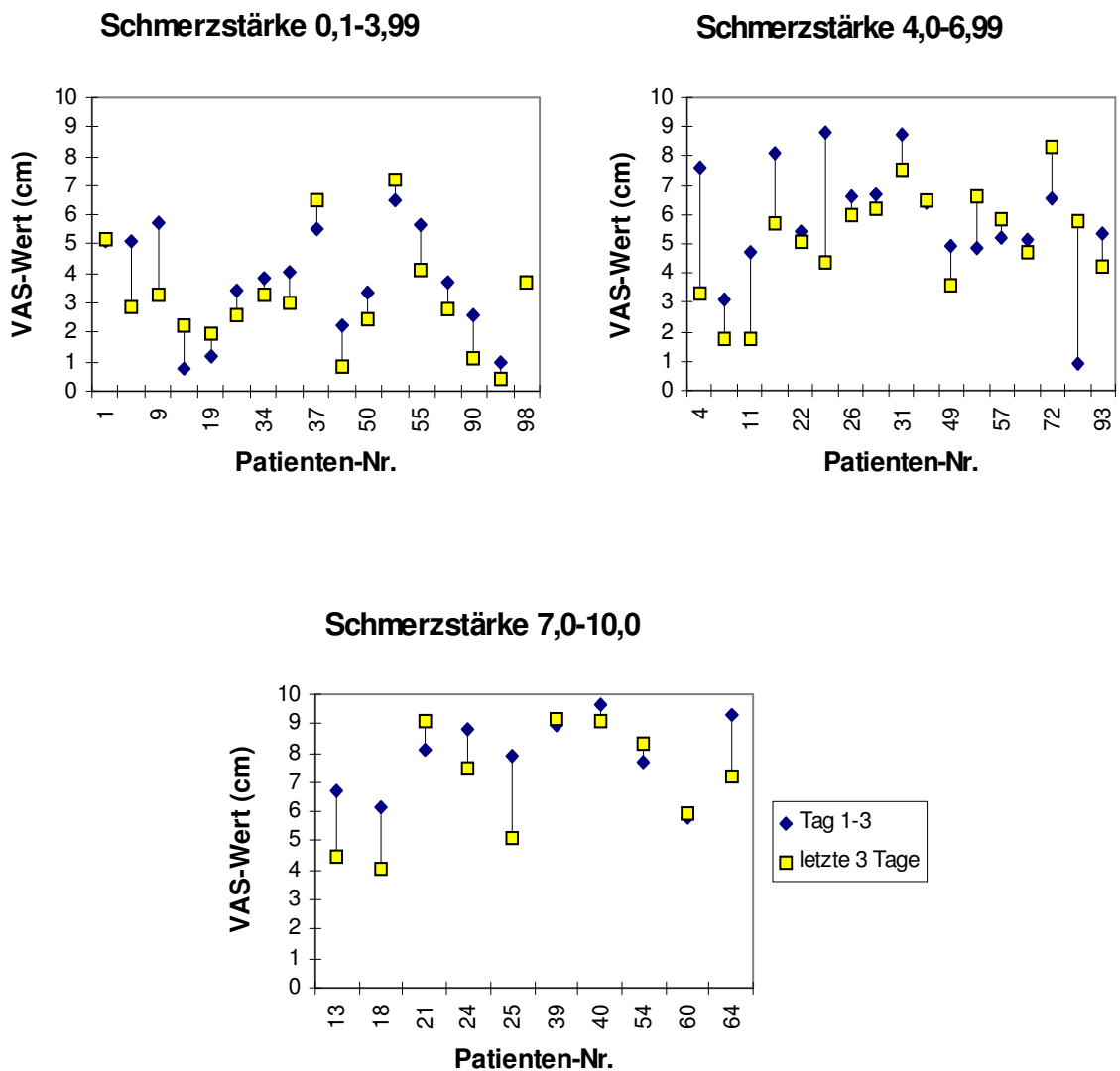


Abb. 4.19: Effekt der TENS-Behandlung auf die Schmerzmaxima in Abhängigkeit von der Schmerzstärke vor Beginn der Behandlung (Vorwert). Verglichen wurden die Schmerzmaxima zu Beginn (Tag 1-3) der TENS-Behandlung und am Ende (letzte 3 Tage). Die Verbindung zwischen den beiden jeweiligen Punkten ergibt die Differenz der VAS-Werte, um die die Schmerzmaxima jeweils zu bzw. abgenommen haben. Der Unterschied zwischen den VAS-Werten am Anfang und Ende der Behandlung ist für keine der Gruppen signifikant (Wilcoxon Signed Rank Test).

4.8 Wirkung der TENS-Behandlung in Abhängigkeit vom Patientengeschlecht

4.8.1 Wirkung auf die mittlere Schmerzintensität

4.8.1.1 Wirkung einer Kurzzeitbehandlung

Die Frauen unseres Kollektivs reagierten auf eine Kurzzeitbehandlung mit TENS schlechter als die Männer. Während bei den Männern acht Patienten (42 %) eine Besserung ihres Schmerzzustandes erfuhren, verzeichneten nur drei Frauen (19 %) eine Verbesserung. Für acht Männer (42 %) und zehn Frauen (62 %) veränderte sich die mittlere Schmerzintensität nicht und bei jeweils drei Männern (16 %) und drei Frauen (19 %) nahm der Schmerz zu. Wie aus Abb. 4.20 ersichtlich ist, war die Reduktion der mittleren Schmerzintensität bei den Männern deutlich ausgeprägter als bei den Frauen (Abb. 4.20 und Tab. 4.10).

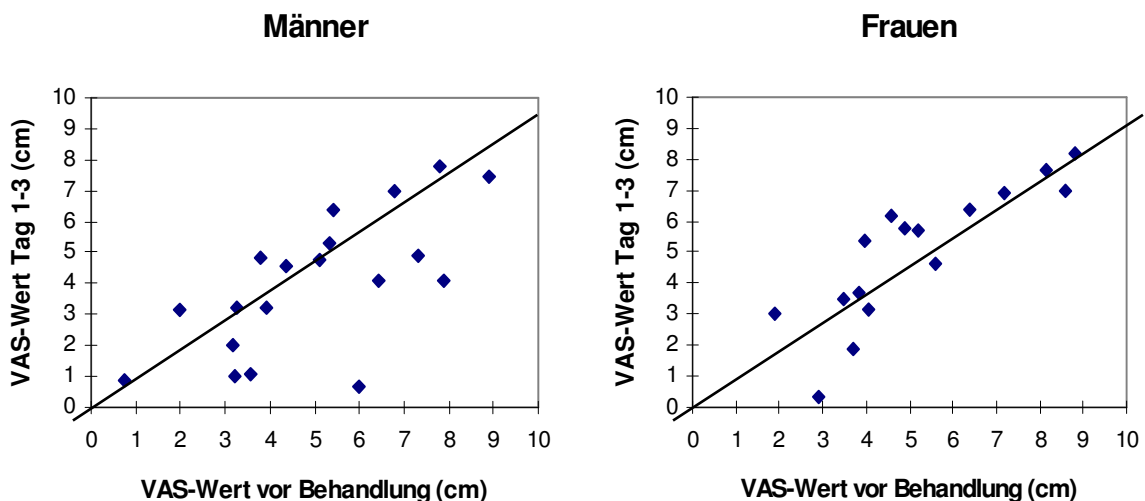


Abb. 4.20: Effekt einer dreitägigen Behandlung mit TENS auf die mittlere Schmerzintensität in Abhängigkeit vom Patientengeschlecht. Verglichen wurden die mittleren Schmerzintensitäten der Tage 1-3 (y-Achse) mit den Vorwerten vor Beginn der TENS-Therapie (x-Achse). Die Behandlungsergebnisse der Männer sind signifikant unterschiedlich von den Vorwerten ($p \leq 0,05$; Wilcoxon Signed Rank Test).

4.8.1.2 Wirkung einer TENS-Behandlung über mehrere Wochen

Die nach Kurzzeitbehandlung beobachteten Unterschiede der Ansprechbarkeit von Männern und Frauen auf die TENS-Applikation traten nach einer TENS-Behandlung über mehrere Wochen noch deutlicher zutage (Tab. 4.10). Wie aus Abb. 4.21 ersichtlich ist, ergab sich für 58 % (n = 11) der Männer eine mehr oder weniger stark ausgeprägte Reduktion ihrer mittleren Schmerzintensitäten. Drei Patienten (16 %) beurteilten ihre Schmerzen nach der TENS-Behandlung als geringfügig stärker in Vergleich zum Vorwert. Bei den Frauen notierten nur fünf Patientinnen (31 %) niedrigere VAS-Werte als vor der Behandlung. Bei sieben Patientinnen (44 %) war der Zustand gleich geblieben und vier Patientinnen (25 %) vermerkten im STB während der letzten drei Behandlungstage höhere VAS-Werte als vor Behandlungsbeginn.

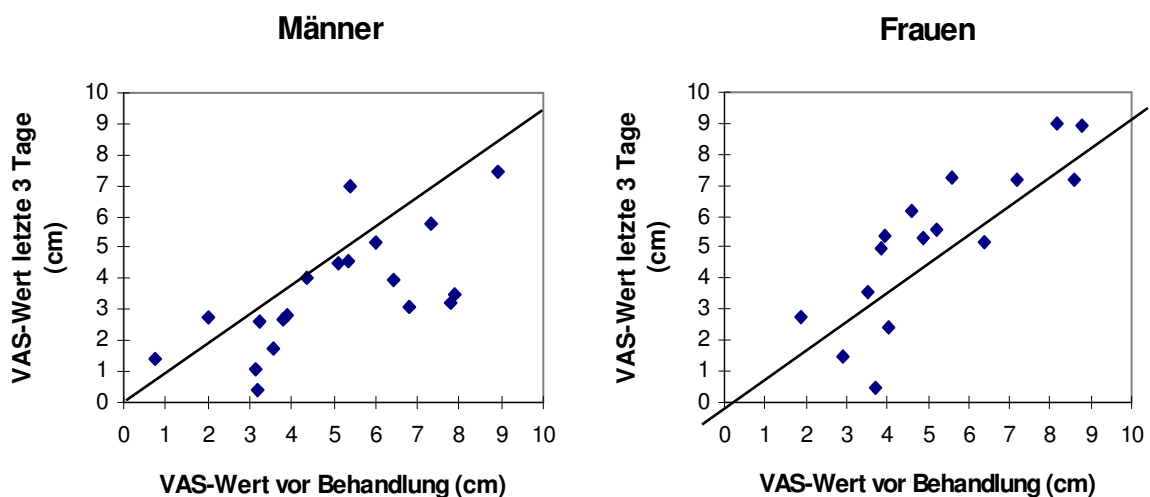


Abb. 4.21: Effekt einer mehrwöchigen Behandlung mit TENS auf die mittlere Schmerzintensität in Abhängigkeit vom Patientengeschlecht. Verglichen wurden die mittleren Schmerzintensitäten der letzten 3 Behandlungstage (y-Achse) mit den Vorwerten vor Beginn der TENS-Therapie (x-Achse). Die VAS-Werte der letzten drei Behandlungstage der Männer sind signifikant unterschiedlich von den Vorwerten ($p \leq 0,01$; Wilcoxon Signed Rank Test).

Tab. 4.10: Mittelwerte und Standardabweichung von Vorwerten und Behandlungswerten sowie die Verteilung der Behandlungserfolge in Abhängigkeit vom Patientengeschlecht. Die Unterschiede der Vorwerte sind für Männer und Frauen nicht signifikant. Die Verteilung der Häufigkeiten (Verbesserung, keine Änderung, Verschlechterung) ist ebenfalls nicht signifikant unterschiedlich. Beim Vergleich der Therapieerfolge nach mehrwöchiger Behandlung ist die Differenz der Mittelwerte der männlichen Patienten signifikant unterschiedlich ($p \leq 0,01$; Wilcoxon Signed Rank Test). (MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung).

Erste drei Behandlungstage						
Patienten- geschlecht	Vorwert MW \pm SD	Tag 1-3 MW \pm SD	Differenz der Mittel- werte	Verbes- serung Anzahl (%)	Keine Änderung Anzahl (%)	Verschlec- hterung Anzahl (%)
Männer (n = 19)	5,00 \pm 2,18	4,02 \pm 2,22	0,98*	8 (42)	8 (42)	3 (16)
Frauen (n = 16)	5,16 \pm 2,03	4,96 \pm 2,20	0,2	3 (19)	10 (62)	3 (19)
Letzte drei Behandlungstage						
Patienten- geschlecht	Vorwert MW \pm SD	Letzte 3 Tage MW \pm SD	Differenz der Mittel- werte	Verbes- serung Anzahl (%)	Keine Änderung Anzahl (%)	Verschlec- hterung Anzahl (%)
Männer (n = 19)	5,00 \pm 2,18	3,56 \pm 1,88	1,44**	11 (58)	7 (37)	1 (5)
Frauen (n = 16)	5,16 \pm 2,03	5,17 \pm 2,50	0,01	5 (31)	7 (44)	4 (25)

* $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$ (Wilcoxon Signed Rank Test).

An dieser Stelle interessierte natürlich, ob die schlechteren Behandlungsergebnisse der Frauen eventuell auf eine kürzere Anwendungszeit des TENS-Gerätes zurückzuführen sind. Wie aus Tabelle 4.11 jedoch ersichtlich ist, war dies nicht der Fall. Die Mehrzahl der Frauen behandelte mindestens 3 Wochen. Nur ein Viertel der Frauen brach die Behandlung nach 1-2 Wochen ab.

Tab. 4.11: Verteilung der Männer und Frauen nach der Dauer der angewendeten TENS-Behandlung. Der Unterschied zwischen den Gruppen ist nicht signifikant (Fisher Exact Test).

Schmerzdauer	Behandlungsdauer 1-2 Wochen	Behandlungsdauer 3-5 Wochen	Behandlungsdauer > 5 Wochen
Männer	10 (53 %)	7 (37 %)	2 (10 %)
Frauen	4 (25 %)	9 (56 %)	3 (19 %)

4.8.2 Wirkung auf die Maximalwerte

Wie schon bei der Untersuchung der mittleren Schmerzintensitäten festgestellt wurde (Tab. 4.10), notierten die Frauen unseres Kollektivs auch höhere Schmerzmaxima als die Männer (Tab. 4.12). In ihrer Reaktion auf die TENS unterschieden sich die Geschlechter jedoch nicht, d.h. bei den Männern trat im Mittel keine stärkere Schmerzreduktion in bezug auf die Maximalwerte auf als bei den Frauen. Interessanterweise war der Anteil der männlichen Patienten, die am Ende der TENS-Behandlung eine Verminderung ihrer maximalen Schmerzen angaben, mit 31 % (n = 6) geringer als derjenige der Frauen (44 %, n = 7, Tab. 4.12). In Abb. 4.22 sind die mittleren VAS-Werte pro Patient dargestellt. Es fällt auf, daß in den Fällen, in denen die Frauen ein positives Therapieziel erreichten, die Verminderung der Schmerzmaxima durchaus mit den bei den Männern erreichten Schmerzreduktionen vergleichbar war:

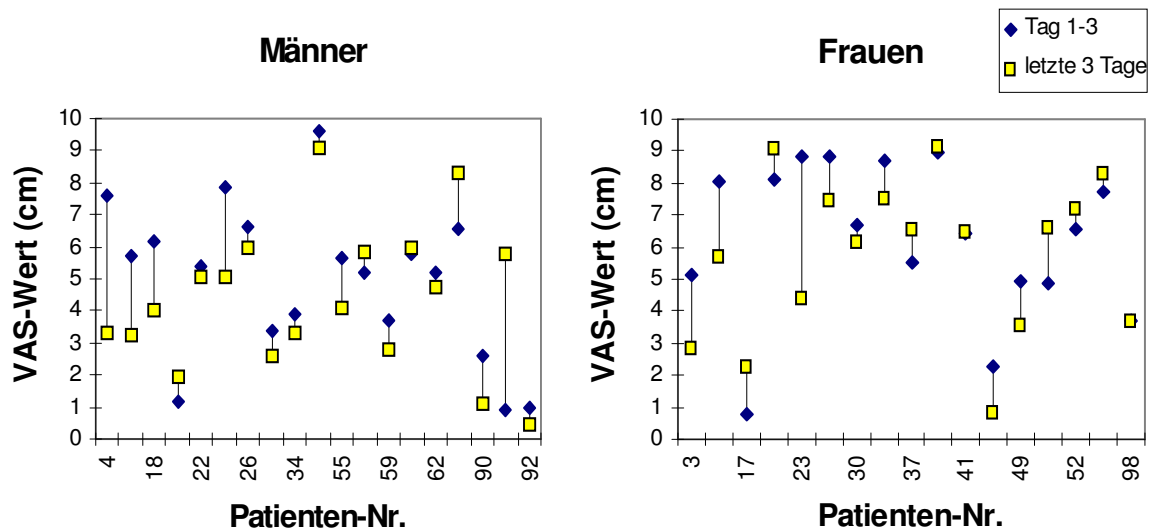


Abb. 4.22: Effekt der TENS-Behandlung auf die Schmerzmaxima in Abhängigkeit vom Patientengeschlecht. Verglichen wurden die Schmerzmaxima zu Beginn (Tag 1-3) der TENS-Behandlung und am Ende (letzte 3 Tage). Die Verbindung zwischen den beiden jeweiligen Punkten ergibt die Differenz der VAS-Werte, um die die Schmerzmaxima jeweils zu bzw. abgenommen haben. Der Unterschied zwischen den VAS-Werten am Anfang und Ende der Behandlung ist weder für Männer noch für Frauen signifikant (Wilcoxon Signed Rank Test).

Tab. 4.12: Mittelwerte und Standardabweichung der Schmerzmaxima zu Beginn und am Ende der Behandlung sowie die Verteilung der Behandlungserfolge in Abhängigkeit vom Patientengeschlecht. Die Verteilung der Häufigkeiten (Verbesserung, keine Änderung, Verschlechterung) war nicht signifikant unterschiedlich. (MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung).

Patientengeschlecht	Tag 1-3 MW ± SD	Letzte 3 Tage MW ± SD	Differenz der Mittel- werte	Verbesserung Anzahl (%)	Keine Änderung Anzahl (%)	Verschlechterung Anzahl (%)
Männer	4,95 ± 2,39	4,35 ± 2,23	0,6	6 (31)	11 (58)	2 (11)
Frauen	6,23 ± 2,42	5,75 ± 2,43	0,48	7 (44)	6 (37)	3 (19)

4.9 Einfluß des Patientenalters auf die Wirkung der TENS-Behandlung

4.9.1 Wirkung auf die mittlere Schmerzintensität

4.9.1.1 Wirkung einer Kurzzeitbehandlung

Die meisten Patienten ($n = 19$), für die ein Schmerzanamnesebogen mit Altersangabe vorlag, befanden sich in einem Alter zwischen 40 und 59 Jahren (50 ± 4 Jahre). Eine kleinere Gruppe ($n = 8$) war jünger (27 ± 7 Jahre), eine weitere kleine Gruppe ($n = 8$) war älter (66 ± 7 Jahre).

Aus den vorliegenden Daten ergab sich kein Zusammenhang zwischen dem Patientenalter und dem vor Beginn der TENS-Behandlung angegebenen Schmerzwert (Vorwert) ($r_s = 0,0725$, n.s.; Spearman's Rank Correlation Test). Die Vorwerte waren signifikant unterschiedlich in den drei Altersgruppen (Tab. 4.15).

Wie aus Abb. 4.23 ersichtlich ist, war der Behandlungserfolg in den drei Gruppen unterschiedlich. Während sich die mittleren Schmerzintensitäten in der älteren Patientengruppe bei der Mehrzahl der Patienten bereits nach drei Tagen TENS-Applikation zum Teil deutlich gebessert hatten (63 %, $n = 5$), verzeichneten in der Altersgruppe von 18-39 Jahren nur 38 % ($n = 3$) und in der Altersgruppe 40-59 Jahre sogar nur 16 % ($n = 3$) eine Besserung. Insgesamt war jedoch die Verteilung der Behandlungserfolge Besserung, keine Änderung oder Verschlechterung für die drei Altersgruppen nicht signifikant unterschiedlich (Fisher Exact Test) (Tab. 4.15).

Die drei Altersgruppen unterschieden sich weder bezüglich des Zeitraums, in dem die individuellen Schmerzen andauerten, noch bezüglich der Anwendungsdauer der TENS-Behandlung signifikant voneinander (Tab. 4.13 und 4.14).

Tab. 4.13: Verteilung der Patienten der drei Altersgruppen nach ihrer individuellen Schmerzdauer. Die Verteilung ist nicht signifikant unterschiedlich in den drei Altersgruppen (Fisher Exact Test). (*1 Pat. keine Angabe).

Altersgruppe	Schmerzdauer ≤ 1 Jahr	Schmerzdauer > 1 Jahr
18-39 Jahr ($n = 8$)	4 (50 %)	4 (50 %)
40-59 Jahre ($n = 19$)	11 (58 %)	8 (42 %)
60-89 Jahre ($n = 8$)*	4 (50 %)	3 (37,5 %)

Tab. 4.14: Verteilung der Patienten der drei Altersgruppen nach der Dauer ihrer TENS-Behandlung in Wochen (n.s., Fisher Exact Test).

Patientenalter	Behandlungsdauer 1-2 Wochen	Behandlungsdauer 3-5 Wochen	Behandlungsdauer > 5 Wochen
18-39 Jahre (n = 8)	1 (12,5 %)	6 (75 %)	1 (12,5)
40-59 Jahre (n = 19)	11 (58 %)	6 (32 %)	2 (10 %)
60-89 Jahre (n = 8)	3 (37,5 %)	3 (37,5 %)	2 (25 %)

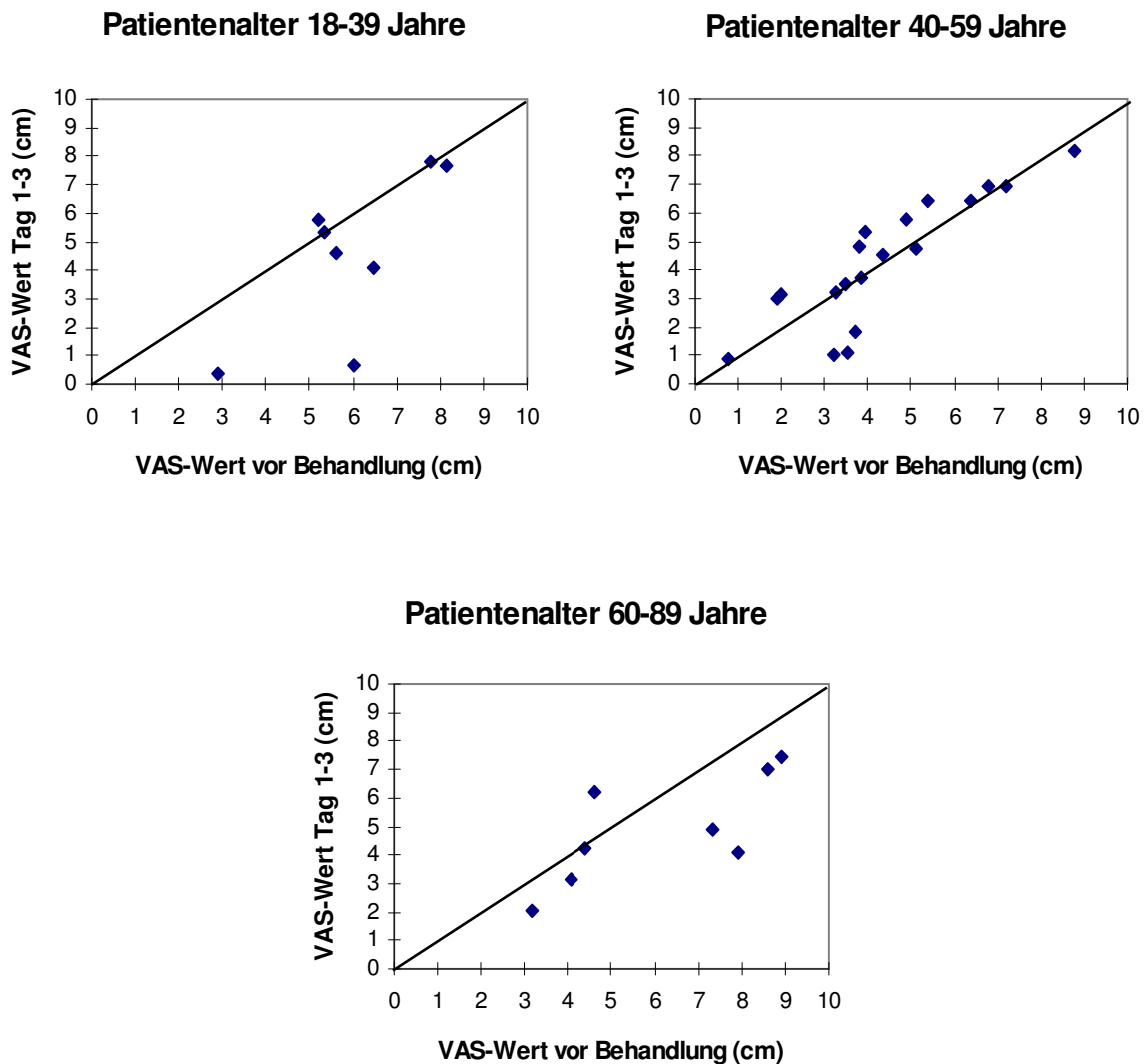


Abb. 4.23: Effekt einer dreitägigen TENS-Behandlung in Abhängigkeit vom Patientenalter. Verglichen wurden die mittleren Schmerzintensitäten der ersten 3 Behandlungstage (y-Achse) mit den Vorwerten vor Beginn der TENS-Therapie (x-Achse). Der Unterschied zwischen den beiden Werten ist für keine der drei Gruppen signifikant (Wilcoxon Signed Rank Test).

4.9.1.2 Effekt einer mehrwöchigen Behandlung mit TENS

Der Effekt einer mehrwöchigen TENS-Behandlung ist der Abbildung 4.24 zu entnehmen. Den besten Behandlungserfolg im Vergleich zum Vorwert erzielte die Gruppe der ältesten Patienten.

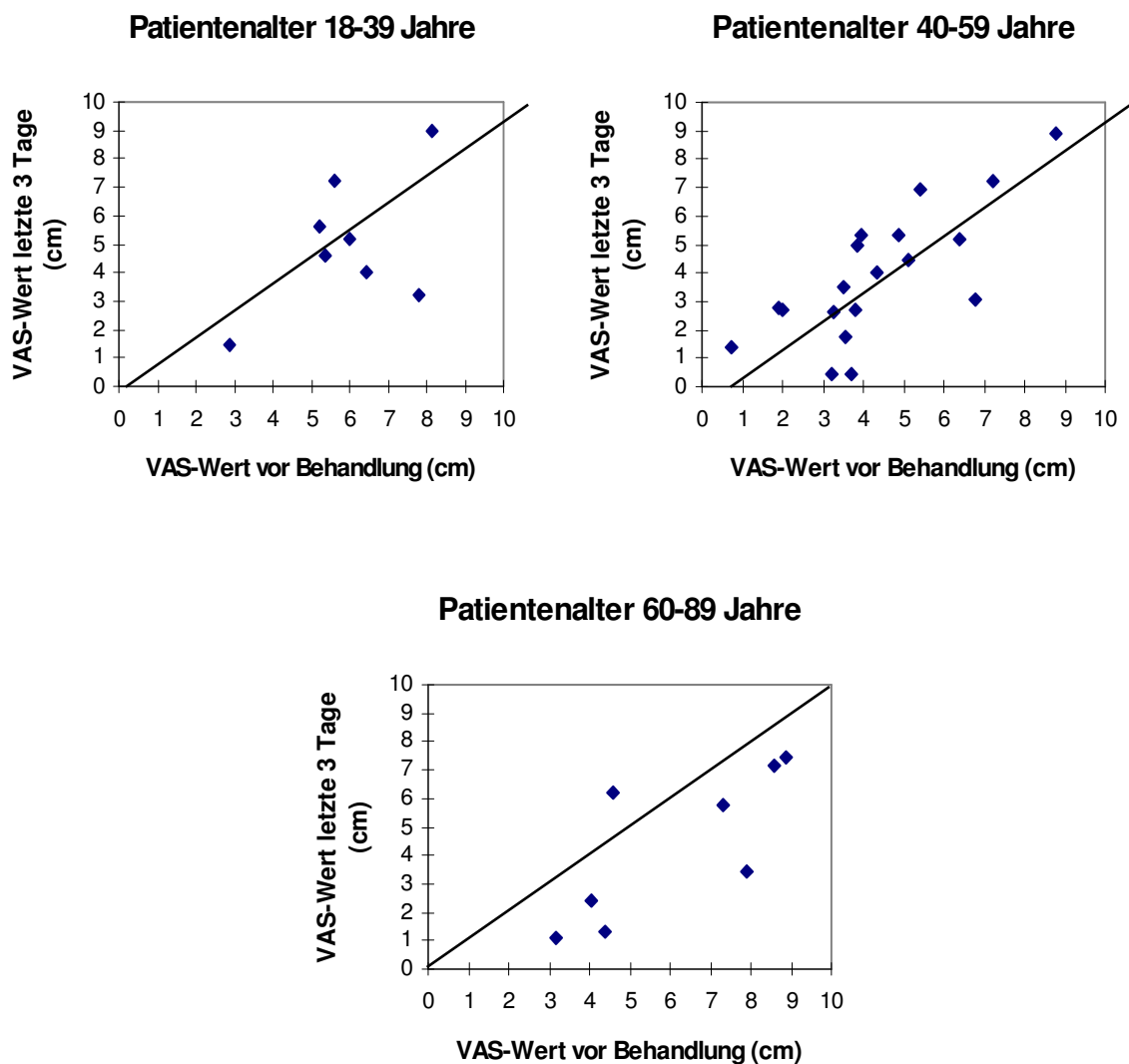


Abb. 4.24: Effekt einer mehrwöchigen TENS-Behandlung in Abhängigkeit vom Patientenalter. Verglichen wurden die mittleren Schmerzintensitäten der letzten 3 Behandlungstage (y-Achse) mit den Vorwerten vor Beginn der TENS-Therapie (x-Achse). Der Unterschied zwischen den beiden Werten ist für die Altersgruppe 60-89 Jahre signifikant ($p \leq 0,05$; Wilcoxon Signed Rank Test).

Wie aus Tabelle 4.15 hervorgeht, profitierte sowohl die Altersgruppe 40-59 Jahre als auch die älteste Gruppe von einer Fortführung der TENS-Therapie, da die erzielten Differenzen des Behandlungswertes zum Vorwert nach einer Behandlung von mehreren Wochen höher waren als die Kurzzeitresultate. In der Gruppe der 18-39jährigen nahm der durch eine dreitägige TENS-Applikation erzielte schmerzlindernde Effekt etwas ab, obwohl er im Mittel immer noch nahezu eine VAS-Einheit betrug. Die Verteilung der Behandlungserfolge war jedoch nicht signifikant unterschiedlich für die drei Altersgruppen.

Tab. 4.15: Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (SD) von Vorwerten und Behandlungswerten sowie die Verteilung der Behandlungserfolge in Abhängigkeit vom Patientenalter. Die Vorwerte waren signifikant unterschiedlich in den drei Gruppe (Altersgruppe 18-39 Jahre vs. Altersgruppe 40-59 Jahre: $p \leq 0,05$). Die Verteilung der Häufigkeiten (Verbesserung, keine Änderung, Verschlechterung) war weder für die ersten drei Behandlungstage noch für die letzten drei Behandlungstage signifikant unterschiedlich (Fisher Exact Test).

Erste drei Behandlungstage						
Altersgruppe	Vorwert MW \pm SD	Tag 1-3 MW \pm SD	Differenz der Mittel- werte	Verbes- serung Anzahl (%)	Keine Änderung Anzahl (%)	Verschlech- terung Anzahl (%)
18-39 Jahre	5,93 \pm 1,64*	4,53 \pm 2,80	1,41	3 (37,5)	5 (62,5)	0
40-59 Jahre	4,34 \pm 1,97	4,29 \pm 2,18	0,05	3 (16)	11 (58)	5 (26)
60-89 Jahre	6,11 \pm 2,29	4,88 \pm 1,88	1,24	5 (62,5)	2 (25)	1 (12,5)
Letzte drei Behandlungstage						
Altersgruppe	Vorwert MW \pm SD	Letzte 3 Tage MW \pm SD	Differenz der Mittel- werte	Verbes- serung Anzahl (%)	Keine Änderung Anzahl (%)	Verschlech- terung Anzahl (%)
18-39 Jahre	5,93 \pm 1,64	5,02 \pm 2,34	0,91	3 (37,5)	4 (50)	1 (12,5)
40-59 Jahre	4,34 \pm 1,97	3,88 \pm 2,28	0,45	6 (32)	10 (53)	3 (16)
60-89 Jahre	6,11 \pm 2,29	4,35 \pm 2,60	1,76*	7 (87,5)	0	1 (12,5)

* $p \leq 0,05$ (Wilcoxon Signed Rank Test)

Beim Vergleich der mittleren Schmerzintensitäten der Tage 1-3 mit denen der letzten drei Tage zeigt sich, daß sich in der Altersgruppe 18-39 Jahre nur ein Patient (13 %) und in der Altersgruppe 40-59 Jahre vier Patienten (21 %) durch die Fortführung der

Therapie weiter verbesserten. Obwohl sich der Mittelwert der mittleren Schmerzintensitäten in den letzten drei Behandlungstagen in der ältesten Gruppe signifikant vom Vorwert unterscheidet, führte eine Weiterbehandlung über 3 Tage hinaus nur bei einem Patienten (13 %) nochmals zu einer Verbesserung.

4.9.2 Wirkung auf die maximalen Schmerzwerte

Die Wirkung auf die Schmerzmaxima war in der Gruppe der Patienten im Alter von 60-89 Jahre am stärksten ausgeprägt. In dieser Gruppe erreichten 75 % (n = 6) der Patienten eine Schmerzreduktion von einer oder mehr als einer Einheit (1 cm) auf der VAS, während dieser Prozentsatz in der Altersgruppe 50-59 Jahre lediglich 26 % (n = 5) betrug und in der Gruppe der Patienten im Alter von 18-39 Jahre sogar nur 13 % (n = 1) (Abb. 4.25).

Im Hinblick auf vorangegangene Befunde bezüglich einer unterschiedlichen Response der Patienten in Abhängigkeit vom Geschlecht wurde die Geschlechtsverteilung innerhalb der verschiedenen Altersgruppen untersucht. Wie die nachstehende Tabelle 4.16 jedoch zeigt, waren die Männer und Frauen nahezu paritätisch verteilt.

Tab. 4.16: Verteilung der Geschlechter auf die verschiedenen Altersgruppen des Kollektivs.

Altersgruppe	Männer	Frauen
18-39 Jahre	4 (50 %)	4 (50 %)
40-59 Jahre	10 (53 %)	9 (47 %)
60-89 Jahre	4 (50 %)	4 (50 %)

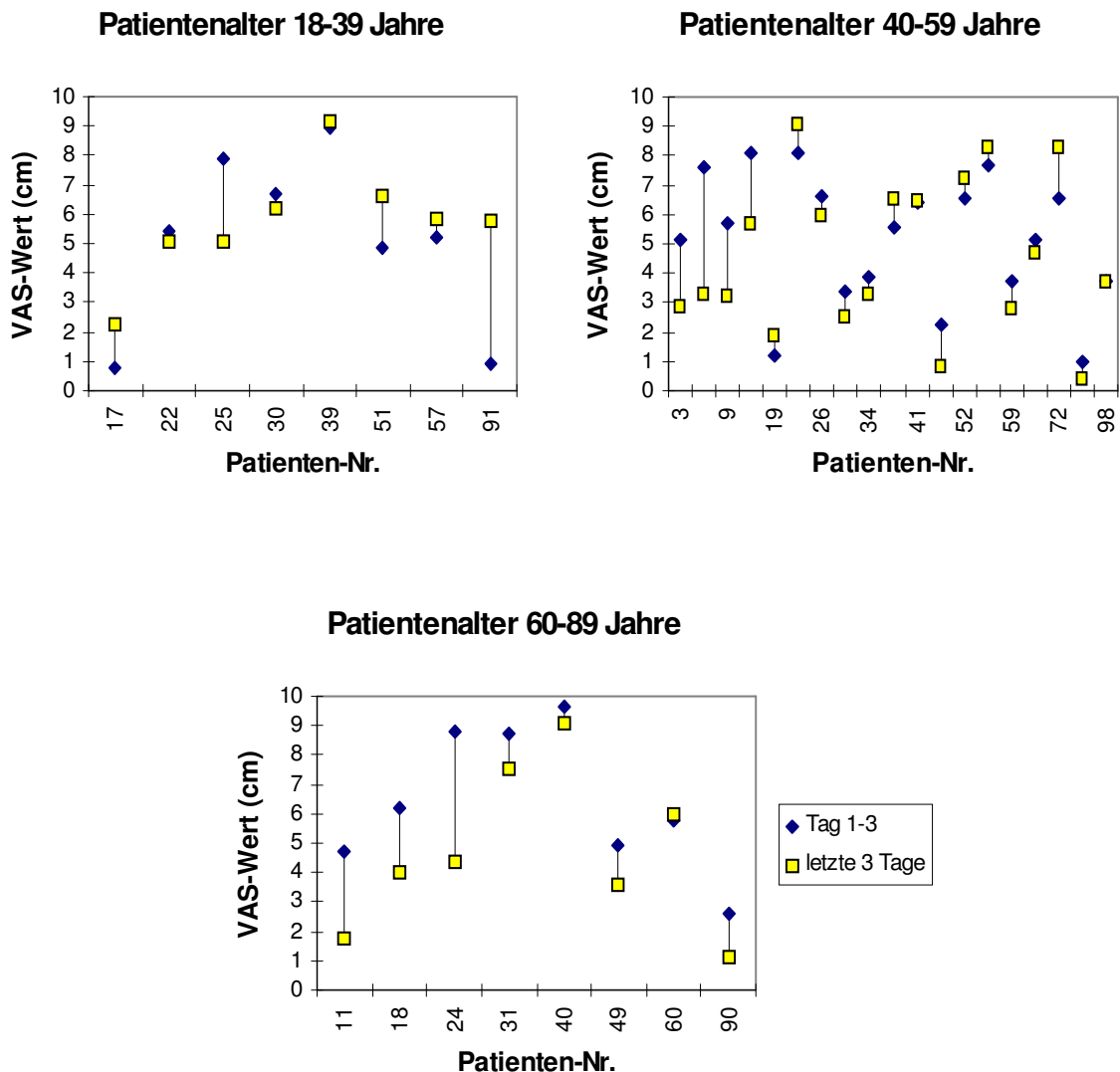


Abb. 4.25: Effekt einer mehrwöchigen TENS-Behandlung auf die individuellen Schmerzmaxima. Verglichen wurden die Schmerzmaxima zu Beginn der Behandlung (Mittelwert aus den Schmerzmaxima der ersten drei Tage) mit den Schmerzmaxima am Ende der Behandlung (Mittelwert aus den Schmerzmaxima der letzten 3 Tage). Die Verbindung zwischen den beiden sich entsprechenden Punkten visualisiert den Therapieerfolg. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Maximalwerten am Anfang und am Ende der Behandlung besteht nur für die Altersgruppe 60-89 Jahre ($p \leq 0,05$; Wilcoxon Signed Rank Test).

Die Mittelwerte und Standardabweichungen der Maximalschmerzwerte sowie die Verteilung des Therapieerfolges (Besserung, keine Veränderung, Verschlechterung) sind in Tab. 4.17 zusammengestellt. Es fällt auf, daß die jüngste Altersgruppe im

Mittel eine negative Differenz aufweist, während die älteste Gruppe im Mittel eine Verbesserung von nahezu 2 Einheiten auf der VAS erfuhr.

Tab. 4.17: Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (SD) der Schmerzmaxima zu Beginn und am Ende der Behandlung sowie die Verteilung der Behandlungserfolge in Abhängigkeit vom Patientenalter. Die Verteilung der Häufigkeiten (Verbesserung, keine Änderung, Verschlechterung) war nicht signifikant unterschiedlich.

Patientenalter	Tag 1-3 MW ± SD	Letzte 3 Tage MW ± SD	Differenz der Mittel- werte	Verbes- serung Anzahl (%)	Keine Änderung Anzahl (%)	Ver- schlech- terung Anzahl (%)
18-39 Jahre (n = 8)	5,08 ± 2,96	5,75 ± 1,91	-0,67	1 (12,5)	4 (50)	3 (37,5)
40-59 Jahre (n = 19)	5,17 ± 2,21	4,60 ± 2,58	0,57	5 (26)	12 (63)	2 (11)
60-89 Jahre (n = 8)	6,43 ± 2,44	4,69 ± 2,73*	1,74	6 (75)	2 (25)	0

*p ≤ 0,05, Wilcoxon Signed Rank Test.

4.10 Wirkung der TENS-Behandlung in Abhängigkeit von der verwendeten Frequenz

4.10.1 Wirkung auf die mittlere Schmerzintensität

4.10.1.1 Wirkung einer Kurzzeitbehandlung

Die meisten Patienten (n = 28, 64 %) wurden mit einer Frequenz von 85-100 Hz behandelt. Sechs Patienten (14 %) wurden mit verschiedenen Frequenzen, fünf Patienten (12 %) mit 30-60 Hz und nur drei Patienten (7 %) mit der niedrigen Frequenz von 2 Hz behandelt.

Der Einfluß der unterschiedlichen Frequenzen ist aus Abb. 4.26 ersichtlich. Obwohl nur wenige Patienten mit 30-60 Hz behandelt wurden, sind die mittleren Schmerzintensitäten nach drei Tagen Behandlung im Vergleich zum Vorwert signifikant unterschiedlich. Drei von fünf Patienten (60 %) reagierten in dieser Gruppe mit einer deutlichen Verbesserung ihres Schmerzzustandes.

Jedoch erfuhr in jeder Frequenzgruppe mindestens ein Patient innerhalb der ersten drei Tage eine Verbesserung seiner Schmerzsituation von einer VAS-Einheit oder mehr. Bei Verwendung verschiedener Frequenzen verzeichnete ein Patient (17 %) eine deutliche Schmerzreduktion (≥ 1 VAS Einheit = 1 cm), in der mit 85-100 Hz behandelten Gruppe waren dies acht Patienten (29 %) und in der mit 30-60 Hz behandelten Gruppe erreichten drei von fünf Patienten (60 %) dieses Ergebnis. Mit 2 Hz waren nur drei Patienten behandelt worden, von denen einer (33 %) eine gute positive TENS-Wirkung erfuhr.

Die Mittelwerte und Standardabweichungen für die Vorwerte und Behandlungswerte nach 1-3 tägiger TENS-Anwendung in Abhängigkeit von der Frequenz sind Tab. 4.18 zu entnehmen.

4.10.1.2 Effekt einer mehrwöchigen TENS-Behandlung

Der Einfluß der verwendeten Frequenz auf die mittleren Schmerzintensitäten nach mehrwöchiger TENS-Behandlung ist in Tab. 4.18 zusammengefaßt und in Abb. 4.27 für jeden einzelnen Patienten im Vergleich zum Vorwert graphisch dargestellt.

Im Vergleich zum Vorwert brachte die mehrwöchige Behandlung in der Gruppe der mit verschiedenen Frequenzen behandelten Patienten drei Patienten (50 %) eine Schmerzreduktion von einer oder mehr VAS-Einheiten (1 cm). In der Gruppe der Patienten, die mit 85-100 Hz behandelt worden waren, stieg der Anteil der Responder von 29 % (n = 8) auf 48 % (n = 13) an, während er in den Gruppen mit 30-60 Hz und 2 Hz mit 60 % (n = 3) und 33 % (n = 1) konstant blieb.

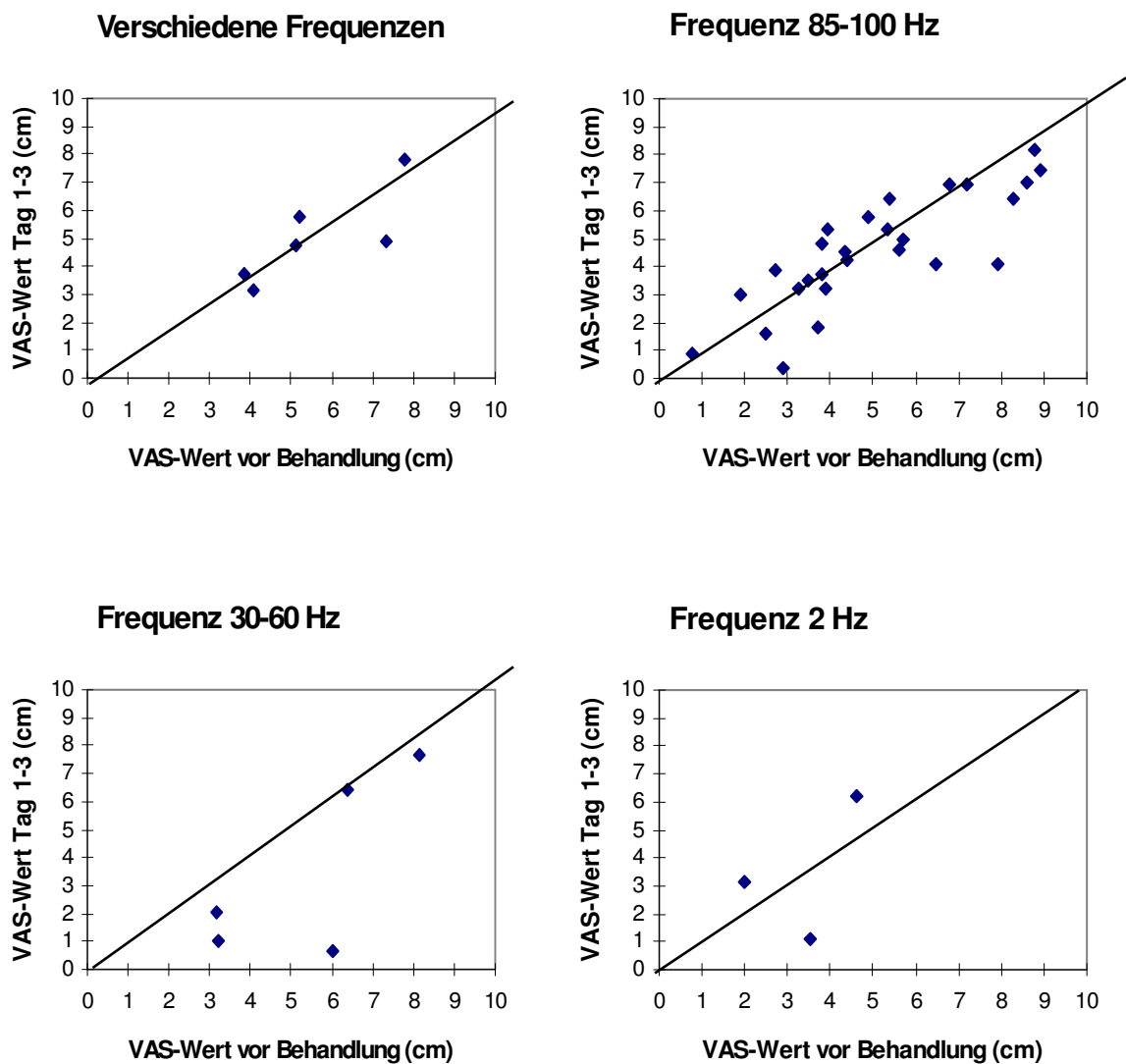


Abb. 4.26: Wirkung einer dreitägigen TENS-Behandlung auf die mittleren Schmerzintensitäten in Abhängigkeit von der verwendeten Frequenz. Verglichen wurden die mittleren Schmerzintensitäten der ersten 3 Behandlungstage (y-Achse) mit den Vorwerten vor Beginn der TENS-Therapie (x-Achse). Der Unterschied zwischen den beiden Werten ist für die mit einer Frequenz von 30-60 Hz behandelte Gruppe signifikant ($p \leq 0,05$; Wilcoxon Signed Rank Test).

Insgesamt führte die Fortsetzung der Therapie über die ersten drei Tage hinaus in der mit verschiedenen Frequenzen behandelten Gruppe bei einem Patienten (17 %) zu einer weiteren Schmerzreduktion von mindestens einer VAS-Einheit. In der Gruppe der mit 85-100 Hz Behandelten trat dieser zusätzliche Erfolg bei fünf Patienten (19 %) auf und in der Gruppe der mit 30-60 Hz behandelten Patienten bei

einem Patienten (20 %). Lediglich die drei Patienten, die mit der Niedrigfrequenz (2 Hz) behandelt worden waren, veränderten sich in ihrer Schmerzintensität nicht.

Tab. 4.18: Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (SD) von Vorwerten und Behandlungswerten sowie die Verteilung der Behandlungserfolge in Abhängigkeit von der verwendeten Frequenz. Die Verteilung der Häufigkeiten (Verbesserung, keine Änderung, Verschlechterung) war weder in den ersten drei noch in den letzten drei Behandlungstagen signifikant unterschiedlich.

Erste drei Behandlungstage						
Frequenz	Vorwert MW ± SD	Tag 1-3 MW ± SD	Differenz der Mittel- werte	Verbes- serung Anzahl (%)	Keine Änderung Anzahl (%)	Verschlech- terung Anzahl (%)
verschiedene	5,55 ± 1,65	5,01 ± 1,65	0,45	1 (17)	5 (83)	0
85-100 Hz	5,15 ± 2,31	4,53 ± 1,96	0,63	8 (29)	15 (54)	5 (17)
30-60 Hz	5,38 ± 2,17	3,55 ± 3,23	1,83*	3 (60)	2 (40)	0
2 Hz	3,38 ± 1,31	3,48 ± 2,56	-0,09	1 (33)	0	2 (66)
Letzte drei Behandlungstage						
Frequenz	Vorwert MW ± SD	Letzte 3 Tage MW ± SD	Differenz der Mittel- werte	Verbes- serung Anzahl (%)	Keine Änderung Anzahl (%)	Verschlech- terung Anzahl (%)
verschiedene	5,55 ± 1,65	4,41 ± 1,33	1,15	3 (50)	2 (33)	1 (17)
85-100 Hz	5,01 ± 2,23	4,14 ± 2,26	0,87	13 (48)	10 (37)	4 (15)
30-60 Hz	5,38 ± 2,17	4,16 ± 3,98	1,22	3 (60)	2 (40)	0
2 Hz	3,38 ± 1,31	3,55 ± 2,34	-0,17	1 (33)	1 (33)	1 (33)

* $p \leq 0,05$, Wilcoxon Signed Rank Test.

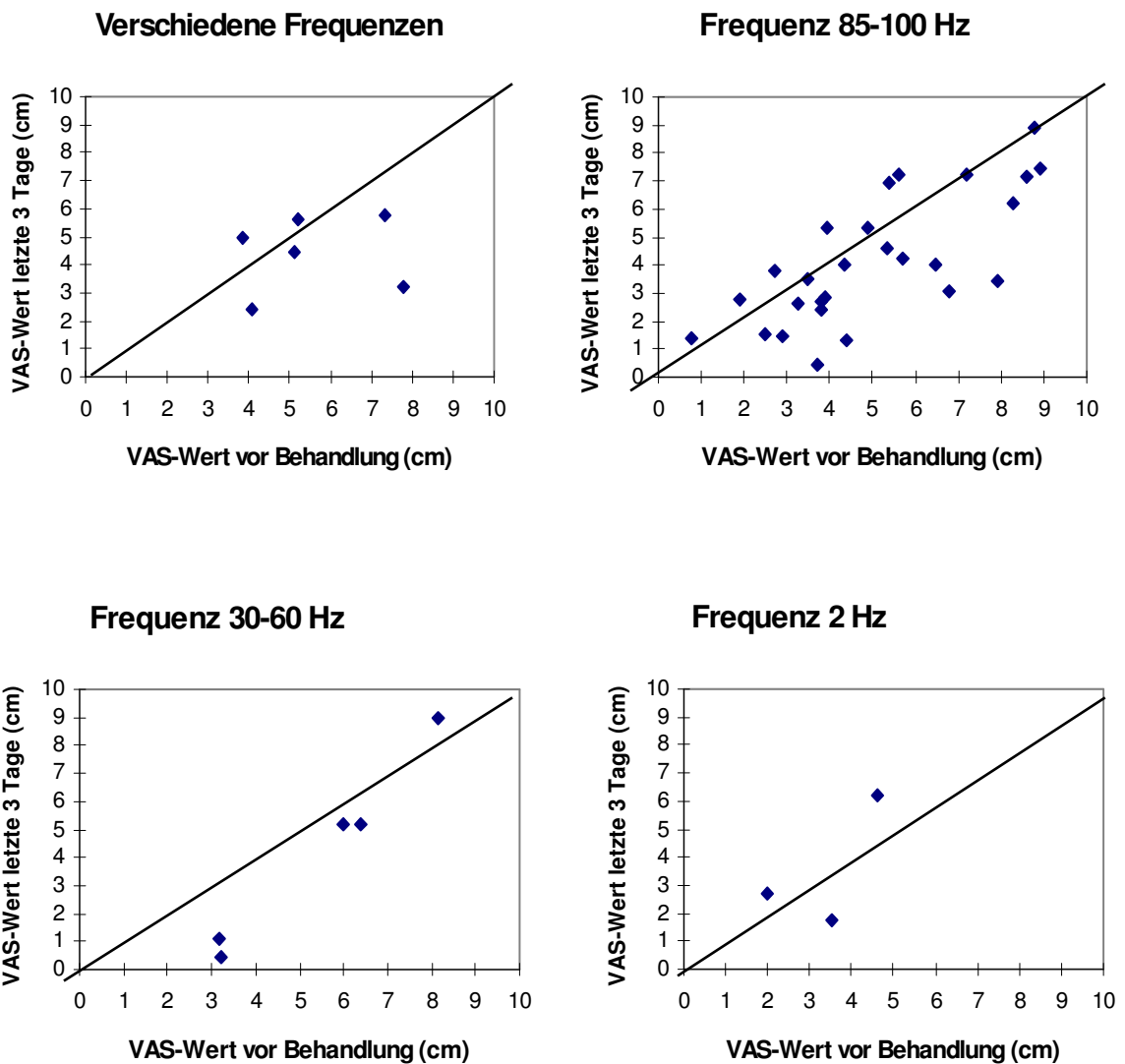


Abb. 4.27: Wirkung einer mehrwöchigen TENS-Behandlung auf die mittleren Schmerzintensitäten in Abhängigkeit von der verwendeten Frequenz. Verglichen wurden die mittleren Schmerzintensitäten der letzten drei Behandlungstage (y-Achse) mit den Vorwerten vor Beginn der TENS-Therapie (x-Achse). Der Unterschied zwischen den beiden Werten ist für keine der Gruppen signifikant.

4.10.2 Wirkung auf die Schmerzwertmaxima

Der Einfluß der Frequenz auf die Schmerzmaxima war bezüglich der Mittelwerte geringer als auf die mittleren Schmerzintensitäten. Der Anteil der Patienten, die eine Schmerzreduktion von mindestens einer VAS-Einheit (1 cm) erreichten, war jedoch vergleichbar. Dieser Anteil betrug in der Gruppe mit verschiedenen Frequenzen 33 %

(n = 2), in der Gruppe, die mit 85-100 Hz behandelt wurde 45 % (n = 13) und in den anderen beiden Gruppen (30-60 Hz und 2 Hz) 40 % (n = 2) bzw. 33 % (n = 1).

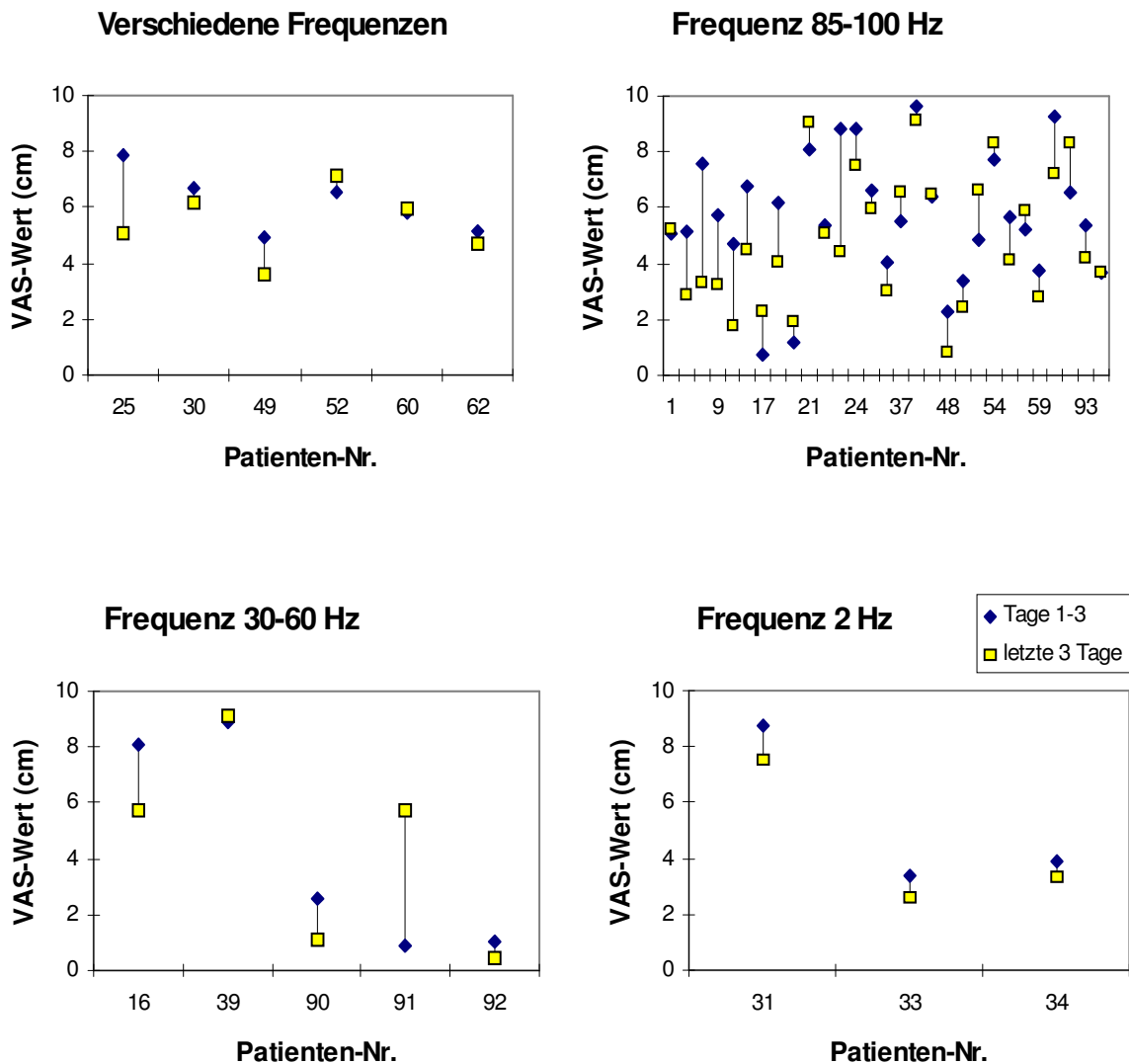


Abb. 4.28: Effekt einer mehrwöchigen TENS-Behandlung mit unterschiedlichen Frequenzen auf die individuellen Schmerzmaxima. Verglichen wurden die Schmerzmaxima zu Beginn der Behandlung (Mittelwert aus den Schmerzmaxima der ersten drei Tage) mit den Schmerzmaxima am Ende der Behandlung (Mittelwert aus den Schmerzmaxima der letzten 3 Tage). Die Verbindung zwischen den beiden sich entsprechenden Punkten visualisiert den Therapieerfolg. Keine der vier Gruppen erreichte einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Werten.

Die Mittelwerte und Standardabweichungen der Maximalschmerzwerte sowie die Verteilung des Therapieerfolges (Besserung, keine Veränderung, Verschlechterung) sind in Tab. 4.19 zusammengestellt.

Tab. 4.19: Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (SD) der Schmerzmaxima zu Beginn und am Ende der Behandlung sowie die Verteilung der Behandlungserfolge in Abhängigkeit von der verwendeten Frequenz. Die Verteilung der Häufigkeiten (Verbesserung, keine Änderung, Verschlechterung) war nicht signifikant unterschiedlich.

Frequenz	Tag 1-3 MW ± SD	Letzte 3 Tage MW ± SD	Differenz der Mittel- werte	Verbes- serung Anzahl (%)	Keine Änderung Anzahl (%)	Ver- schlech- terung Anzahl (%)
verschieden	6,17 ± 1,09	5,45 ± 1,25	0,72	2 (33)	4 (67)	0
85-100 Hz	5,66 ± 2,23	4,85 ± 2,31	0,81	13 (45)	12 (41)	4 (14)
30-60 Hz	4,30 ± 3,90	4,43 ± 3,62	-0,13	2 (40)	2 (40)	1 (20)
2 Hz	5,33 ± 2,95	4,67 ± 2,68	0,87	1 (33)	2 (67)	0

4.11 Sonstige Beschwerden und Einschränkung des täglichen Lebens (Teile C und D des STB)

4.11.1 Sonstige Beschwerden

Insgesamt nahm die Anzahl der Nennungen sonstiger Beschwerden von 134 zu Beginn der Behandlung (Tag 1-3) auf 160 am Ende der Behandlung zu. Insbesondere wurden Übelkeit und Appetitlosigkeit häufiger genannt als zu Beginn der TENS-Behandlung. Schlafstörungen und Müdigkeit hingegen nahmen geringfügig ab. Ein Vergleich der Häufigkeiten sonstiger Beschwerden ist in Abb. 4.29 grafisch dargestellt.

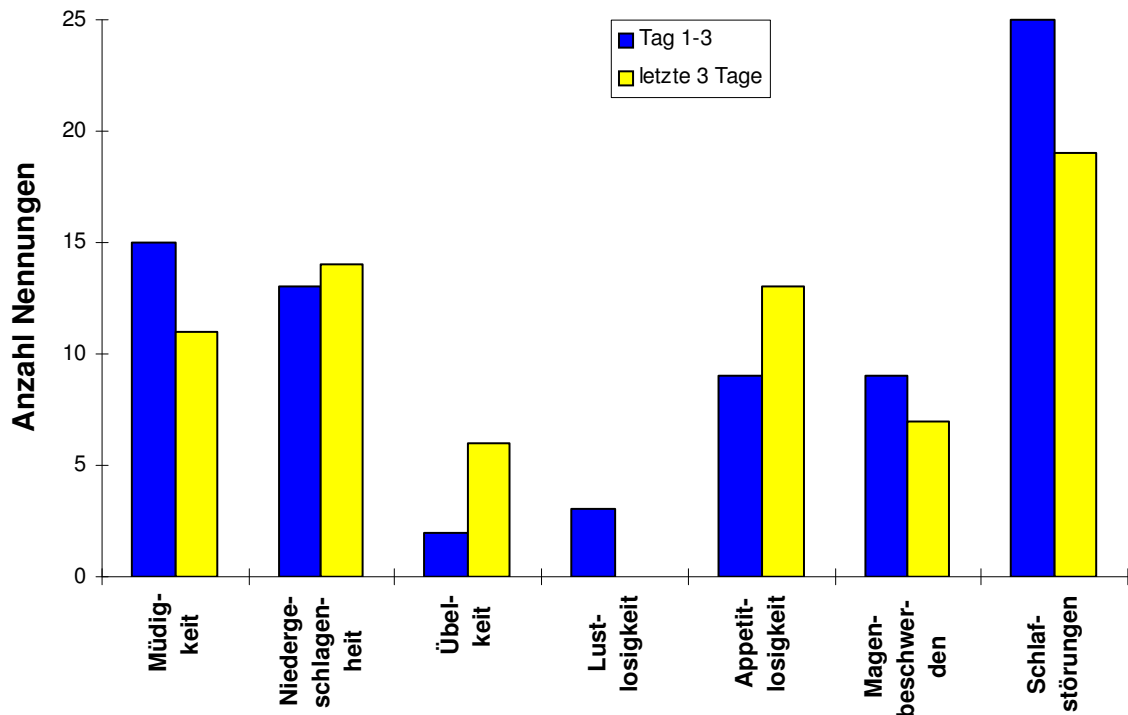


Abb. 4.29: Häufigkeit der Nennungen sonstiger Beschwerden am Anfang (Tag 1-3) und am Ende der TENS-Behandlung (letzte drei Tage).

Die Häufigkeit der Nennungen sonstiger Beschwerden war zu Beginn der Behandlung (Tag 1-3) nicht korreliert mit der mittleren Schmerzintensität ($r_s = 0,2160$, $p = 0,175$; Spearman's Rank Correlation Test). Eine schwache, jedoch signifikante Korrelation ergab sich zwischen der mittleren Schmerzintensität und der Häufigkeit sonstiger Beschwerden am Ende der TENS-Behandlung ($r_s = 0,4163$, $p \leq 0,01$; Spearman's Rank Correlation Test). Ein ebenfalls nur mäßiger, aber signifikanter Zusammenhang der Beschwerdeshäufigkeit mit der maximalen Schmerzstärke fand sich sowohl zu Beginn als auch am Ende der TENS-Behandlung (Tag 1-3: $r_s = 0,3607$, $p \leq 0,05$; letzte 3 Tage: $r_s = 0,4357$, $p \leq 0,01$; Spearman's Rank Correlation Test).

4.11.2 Einschränkung von Tätigkeiten und Bedürfnissen

Der Grad der Einschränkung von Tätigkeiten und Bedürfnissen des täglichen Lebens stand in einem starken Zusammenhang mit der mittleren Schmerzintensität. Dies galt sowohl zu Beginn der Behandlung (Tag 1-3) als auch nach mehrwöchiger TENS-Behandlung (Tag 1-3: $r_s = 0,7301$, $p \leq 0,0001$; letzte 3 Tage: $r_s = 0,7154$, $p \leq 0,0001$; Spearman's Rank Correlation Test). Die Korrelationskoeffizienten der Korrelation zwischen maximaler Schmerzstärke und dem Grad der Behinderung im täglichen Leben lagen in derselben Größenordnung (Tag 1-3: $r_s = 0,7333$, $p \leq 0,0001$; letzte 3 Tage: $r_s = 0,7095$, $p \leq 0,0001$; Spearman's Rank Correlation Test).

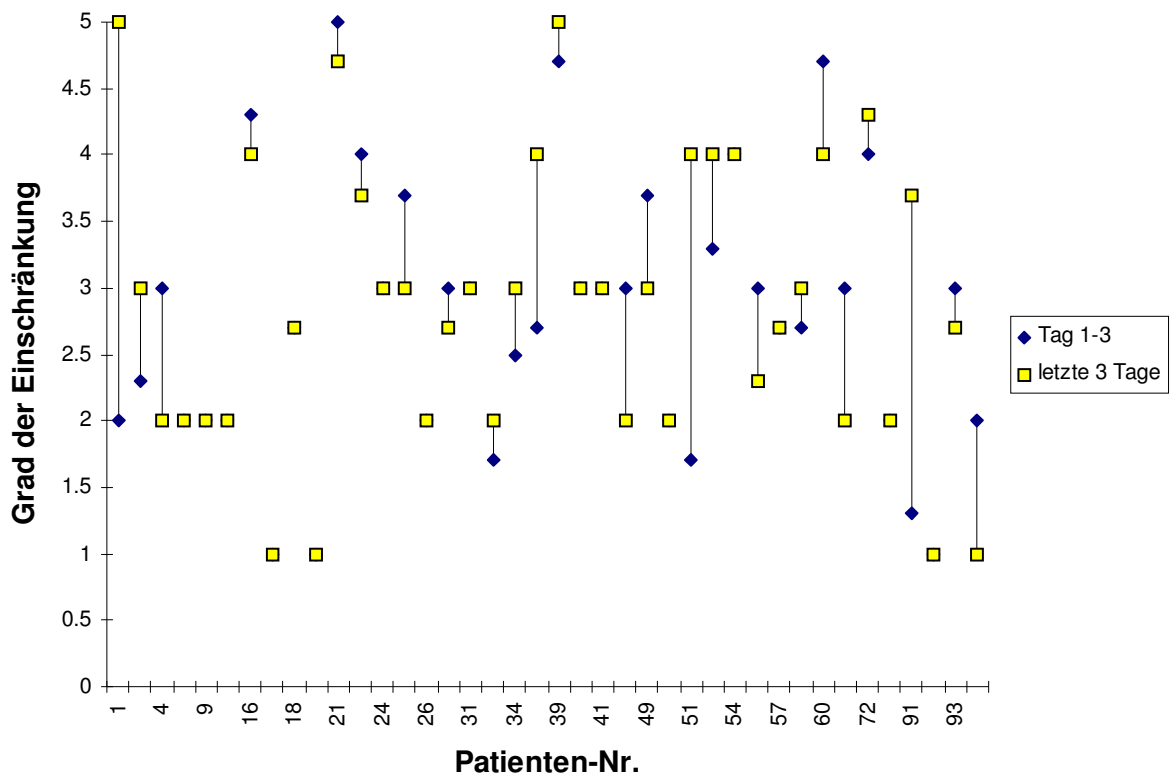


Abb. 4.30: Grad der Einschränkung von Tätigkeiten und Bedürfnissen zu Beginn der TENS-Behandlung (Tag 1-3) und an deren Ende (letzte 3 Tage). Die Verbindungslinie zwischen den jeweiligen Punkten ergibt die Differenz, um die die Einschränkung zu bzw. abgenommen hat. Grad 1 = keine Einschränkung, Grad 2 = geringe Einschränkung, Grad 3 = deutliche Einschränkung, Grad 4 = starke Einschränkung, Grad 5 = fast völlige Einschränkung

In Abb. 4.30 sind die Veränderungen im Behinderungsgrad der einzelnen Patienten vom Beginn der Behandlung (Tag 1-3) bis zum Behandlungsende dargestellt. Die Abbildung zeigt, daß sich individuell starke Veränderungen sowohl zum Besseren als auch zum Schlechteren ergaben. Von den 40 Patienten, die im STB Angaben zum Grad ihrer Einschränkung durch den Schmerz machten, erreichten 13 (32 %) eine geringergradige Behinderung, bei elf Patienten (28 %) verschlechterte sich die Situation und 16 Patienten (40 %) stellten keine Veränderung im Grad ihrer Einschränkung fest.

Von 33 Patienten wurden im Schmerzanamnesebogen Angaben zum Grad ihrer Einschränkung bei Verrichtungen des täglichen Lebens gemacht. Diese erlauben einen Vergleich der Häufigkeiten der verschiedenen Einschränkungsgrade vor, während und am Ende der TENS-Behandlung.

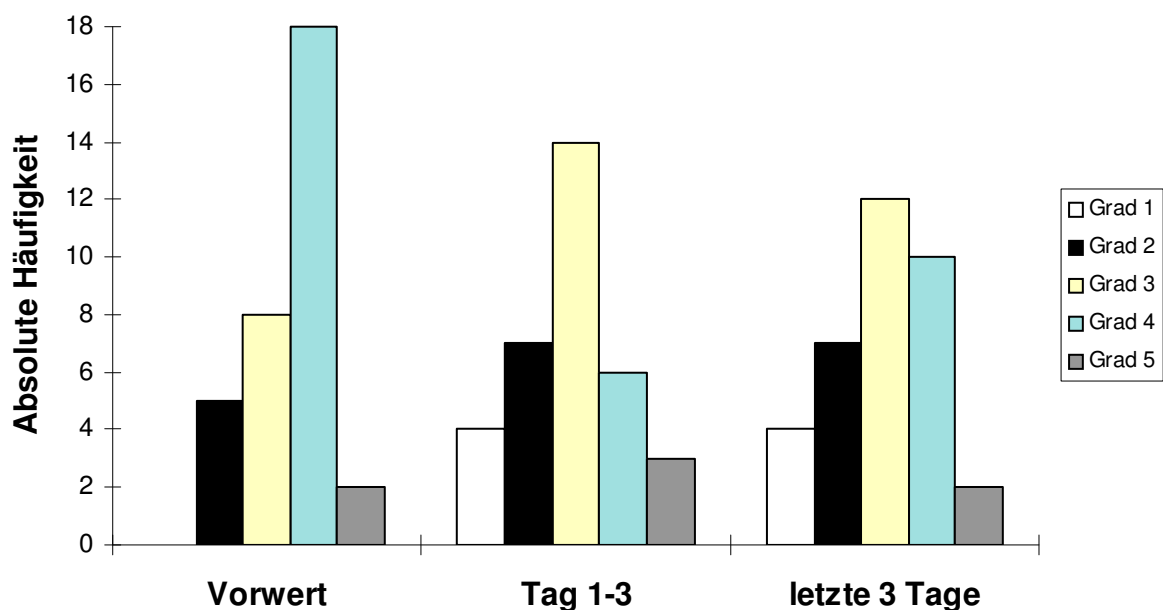


Abb. 4.31: Häufigkeit der Grade 1-5 der Einschränkung von Tätigkeiten und Bedürfnissen des täglichen Lebens vor der TENS-Behandlung, während der ersten drei Tage und am Ende der TENS-Behandlung (letzte drei Tage).

Grad 1 = keine Einschränkung, Grad 2 = geringe Einschränkung,
 Grad 3 = deutliche Einschränkung, Grad 4 = starke Einschränkung,
 Grad 5 = fast völlige Einschränkung

Wie aus Abb. 4.31 ersichtlich ist, dominierte vor der TENS-Behandlung im vorliegenden Kollektiv der Grad 4, d.h. die meisten Patienten waren stark in ihren täglichen Verrichtungen eingeschränkt. Kein Patient gab an, keinerlei Einschränkungen zu unterliegen. Bereits nach den ersten drei Behandlungstagen wurde Grad 3 am häufigsten benannt, während die Anzahl der Nennungen von Grad 4 abnahm. Einige wenige Patienten verspürten keine Einschränkung ihrer täglichen Tätigkeiten und Bedürfnisse mehr. Am Behandlungsende war immer noch Grad 3 am häufigsten vertreten, Grad 4 hatte jedoch wieder zugenommen. Nahezu keine Änderung in der Häufigkeit ergab sich für Grad 2 (geringe Einschränkung) und Grad 5 (fast völlige Einschränkung), die nur für wenige Patienten zutrafen (Abb. 4.32).

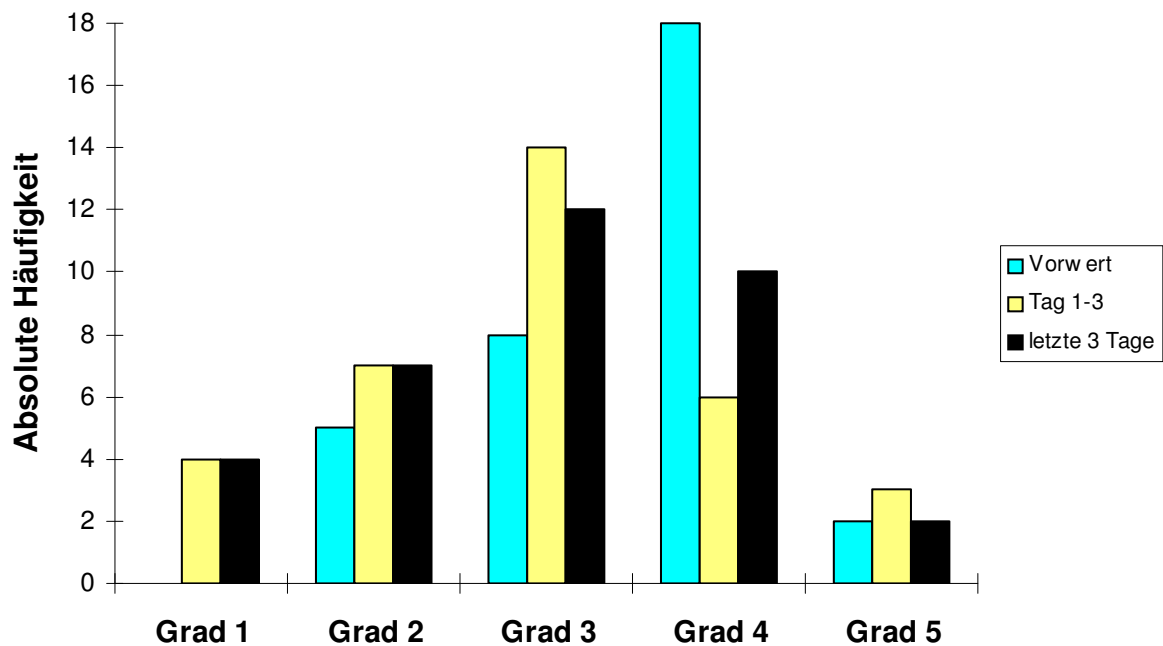


Abb. 4.32: Verteilung der Häufigkeit der Grade 1-5 der Einschränkung von Tätigkeiten und Bedürfnissen des täglichen Lebens an den drei Zeitpunkten: vor TENS-Behandlung, während der ersten drei Tage und am Ende der TENS-Behandlung (letzte drei Tage).

Grad 1 = keine Einschränkung, Grad 2 = geringe Einschränkung,
 Grad 3 = deutliche Einschränkung, Grad 4 = starke Einschränkung,
 Grad 5 = fast völlige Einschränkung

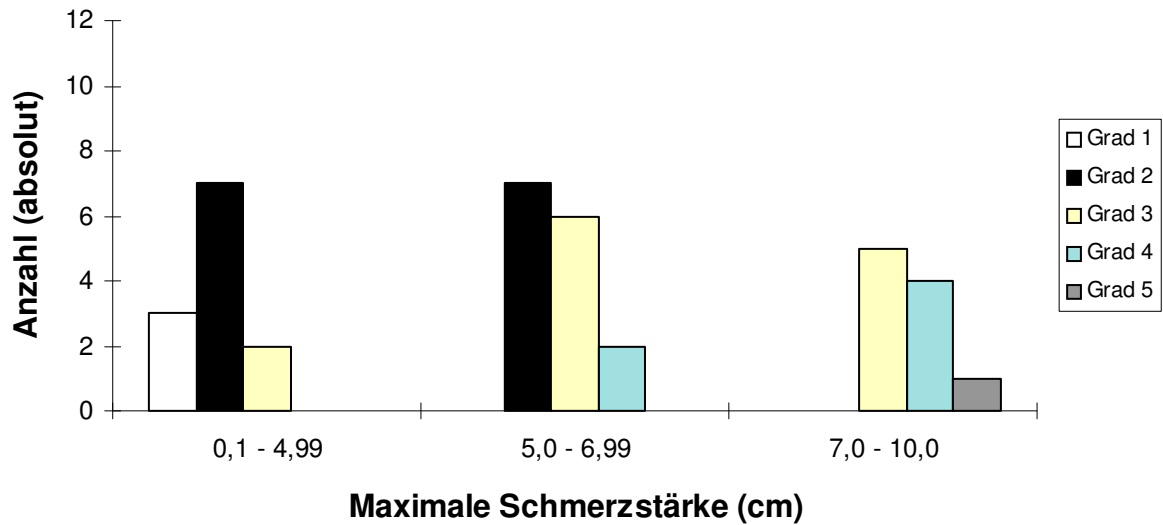
Nach SERLIN et al. (1995) ist die Beziehung zwischen maximalen Schmerzen und Funktionalität des Patienten nicht linear. Wenn der Schmerz auf einer 0-10 Numerical Rating Scale gemessen und in Beziehung gesetzt wird zu bestimmten Faktoren wie Aktivität, Stimmung, Beweglichkeit etc., gibt es Schmerzintensitäten, die sensibler als andere einen Benefit für den Patienten qualifizieren können. Diese Punkte lagen in der zitierten Arbeit bei den Schmerzintensitätspunkten 4 und 5 sowie 6 und 7. Daher wurde untersucht, wie häufig im vorliegenden Patientenkollektiv die TENS-Therapie zu einem Übergang von der Schmerzkategorie „mäßig“ (5,0 - 6,99 cm auf der VAS) nach „schwach“ bzw. von der Schmerzkategorie „stark“ (7,0 - 10,0) nach „mäßig“ führte. Die Ergebnisse sind Tabelle 4.20 zu entnehmen. Schmerzkategorien nach SERLIN et al. (1995).

Tab. 4.20: Häufigkeit der Übergänge in eine andere Schmerzkategorie unter TENS-Behandlung. Angaben der maximalen Schmerzintensität in cm auf der VAS. Tritt in den Spalten 1 und 2 dieselbe Zahl auf, bedeutet dies, daß keine Änderung unter TENS-Therapie stattfand.

Tage 1-3 (cm)	Letzte 3 Tage (cm)	Anzahl	
		n	%
I (0,1-4,99)	I (0,1-4,99)	13 von 15	87
I (0,1-4,99)	II (5,0-6,99)	2 von 15	13
II (5,0-6,99)	II (5,0-6,99)	8 von 15	53
II (5,0-6,99)	I (0,1-4,99)	6 von 15	40
II (5,0-6,99)	III (7,0-10,0)	1 von 15	7
III (7,0-10,0)	III (7,0-10,0)	7 von 10	70
III (7,0-10,0)	II (5,0-6,99)	2 von 10	20
III (7,0-10,0)	I (0,1-4,99)	1 von 10	10

In Abbildung 4.33 wird die Abhängigkeit der Funktionalität der Patienten von ihrer maximalen Schmerzintensität, unterteilt in leicht, mäßig und stark, für die ersten drei sowie die letzten drei Tage der TENS-Behandlung verglichen. Die Zunahme höherer Behinderungsgrade mit zunehmender Schmerzstärke ist offensichtlich. Bei milden Schmerzen sind die Behinderungsgrade 4 und 5 nicht vorhanden, während bei starken Schmerzen Grad 1 und 2 nicht mehr auftritt.

Tage 1-3



Letzte 3 Tage

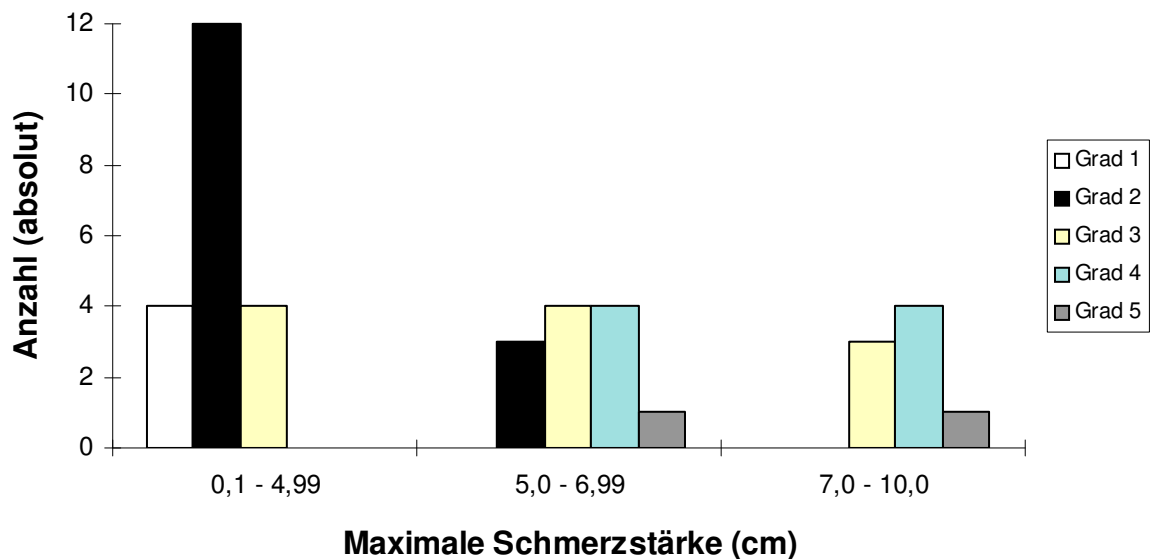


Abb. 4.33: Verteilung der Häufigkeit der Grade 1-5 der Einschränkung von Tätigkeiten und Bedürfnissen des täglichen Lebens in Abhängigkeit von der maximalen Schmerzstärke. Die maximale Schmerzstärke wurde in drei Kategorien eingeteilt: leicht = 0,1-4,99; mäßig = 5,0-6,99; stark = 7,0-10,0 (nach SERLIN et al., 1995).

Grad 1 = keine Einschränkung, Grad 2 = geringe Einschränkung,
 Grad 3 = deutliche Einschränkung, Grad 4 = starke Einschränkung,
 Grad 5 = fast völlige Einschränkung

4.12 Konstanz der Erträglichkeitswerte

Sowohl im Schmerzanamnesebogen als auch im Schmerztagebuch sollten die Patienten angeben, welche Schmerzintensität für sie noch erträglich ist. Dieser Wert wird als Erträglichkeitswert bezeichnet.

In unserem Kollektiv lagen von 42 Patienten (95 %) Erträglichkeitswerte vor. Fünfunddreißig Patienten (80 %) hatten im Schmerzanamnesebogen einen Erträglichkeitswert markiert, aus den Schmerztagebüchern ließ sich bei 40 Patienten (91 %) mindestens ein Erträglichkeitswert entnehmen. Für 33 Patienten (75 %) lagen sowohl der Erträglichkeitswert aus dem Schmerzanamnesebogen als auch mindestens ein Erträglichkeitswert aus dem Schmerztagebuch vor. Neunzehn Patienten hatten mehrere Erträglichkeitswerte im Verlauf ihrer TENS-Therapie notiert.

Beim Vergleich der Erträglichkeitswerte aus dem Schmerzanamnesebogen mit denen des Schmerztagebuches ($n = 33$) ergaben sich für 21 Patienten (64 %) Unterschiede von mehr als einer VAS-Einheit (1 cm) (Spannbreite: 1 - 8,6 cm). In elf Fällen lag der Erträglichkeitswert im Schmerzanamnesebogen unter dem im Schmerztagebuch, in sechs Fällen verhielten sich die Erträglichkeitswerte umgekehrt ($SAB > STB$) und in vier Fällen schwankten die Werte im Schmerztagebuch um den Wert im Schmerzanamnesebogen. Bei 12 Patienten (36 %) betrug die Differenzen weniger als 1 cm auf der VAS.

Bei den 19 Patienten, die im STB mehrere Erträglichkeitswerte aufgeführt hatten, variierten bei 12 Patienten die Werte um weniger als eine VAS-Einheit. Bei sieben Patienten ergab sich eine Differenz zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Wert um mindestens 1 VAS-Einheit (Spannbreite: 1,4 - 5 cm). Bei sechs Patienten nahmen die Erträglichkeitswerte im Verlauf der Therapie stetig ab, bei einem Patienten schwankten sie.

5. DISKUSSION

Die hier berichtete Studie ist eine offene (nicht-randomisierte, nicht-verblindete, nicht-placebokontrollierte) Therapiestudie mit 63 Patienten, die mit transkutaner elektrischer Nervenstimulation (TENS) von Januar 1990 bis Juli 1990 in der Schmerzambulanz der Orthopädischen Universitätsklinik Heidelberg-Schlierbach behandelt wurden. Da die Studie den Umfang und den Charakter einer Pilotstudie hat, können anhand ihres Designs Schwierigkeiten und Probleme einer Therapiestudie mit einem Therapeutikum, dessen Wirkung mit einer sensorischen Empfindung des Patienten gekoppelt ist, dargelegt und diskutiert werden (Methodenkritik). Im Anschluß daran wird der therapeutische Effekt der TENS-Behandlung sowie einige Einflußfaktoren, wie Behandlungsdauer, Schmerzdauer, Schmerzintensität, Patientengeschlecht etc., anhand ausgewählter Originalarbeiten aus der mittlerweile sehr umfangreichen Literatur zur TENS (1410 Artikel zwischen 1984 bis 1999, erfaßt in Medline) diskutiert.

5.1 Methodenkritik

Um die Wirksamkeit eines Therapieprinzips möglichst objektiv nachzuweisen, werden im allgemeinen Placebo-kontrollierte, doppelverblindete Studien durchgeführt. Als wichtiger Kritikpunkt der vorliegenden Studie kann daher das offene Studiendesign genannt werden. Dabei schlägt besonders negativ zu Buche, daß die Studie keine Vorlaufphase ohne TENS-Behandlung zur Erfassung von stabilen Ausgangswerten enthielt, auf die die nachfolgend unter TENS-Therapie erhobenen Werte bezogen werden konnten. Dies liegt darin begründet, daß die Studie den Routinebetrieb der Schmerzambulanz nicht stören durfte. Als Ersatz für die fehlende Vorlaufphase wurde der Mittelwert aus der im "Fragebogen für Schmerzpatienten" (Schmerzanamnesebogen) angegebenen Schmerzintensität und dem ersten Wert, der vom Patienten vor dem Einschalten des Gerätes am Tag 1 der TENS-Applikation notiert wurde, verwendet. Die mäßige Korrelation zwischen diesen beiden Einzelpunkten zeigt, daß die Konstanz der Erfassung des subjektiven Parameters "Schmerz" nicht immer gegeben ist. Da aber auch die Werte des Schmerzanamnesebogens ad hoc erhoben und nicht nur erinnert wurden, muß davon ausgegangen werden, daß die gefundenen Unterschiede innerhalb der Streubreite liegen,

die für den individuellen Patienten über einen gewissen Zeitraum hinweg Gültigkeit besitzt. Dennoch wäre eine Vorlaufzeit von einer Woche, in der mehrere Werte erhoben werden, für zukünftige Studien sinnvoll (BRYANT, 1993).

Ein weiterer Schwachpunkt der Studie könnte die fehlende Placebokontrolle sein. Prinzipiell ist es schwierig, bei einem Therapieverfahren, dessen Wirkung mit einer sensorischen Empfindung einhergeht, eine geeignete Form der Placebokontrolle zu finden. Zwar gibt es eine ganze Anzahl Placebo-kontrollierter Studien zu TENS, die unterschiedliche Verfahren nutzen: Elektroden ohne elektrischen Output (SMITH et al., 1986; MARCHAND et al., 1993; VAN DER PLOEG et al., 1996) mit dem Hinweis an die Patienten, daß sie die Stimulation fühlen könnten oder nicht, dies aber für die Therapie unerheblich sei (DEYO et al., 1990), Elektrodenplatzierung an nicht-relevanten Stellen (BÖRJESSON et al., 1998) oder Austausch der Experimentatoren während der Stimulation (GRAFF-RADFORD et al., 1989). Jedes dieser Verfahren weist jedoch gewisse Mängel auf und kann unter Anwendung strenger Kriterien für ein Placebo nicht immer als echte Placebokontrolle gelten. So ist z.B. ein Effekt von Elektroden, die weit von der Schmerzlokalisierung entfernt sind und somit keinen unmittelbaren Einfluß haben sollten, nicht vollständig auszuschließen. Auch kann nicht vollständig sicher gestellt werden, daß alle Patienten, die mit einem Placebo-Gerät behandelt werden, dieses als Verum-Gerät akzeptieren. In der Studie von DEYO et al. (1990) waren nicht alle Patientinnen der Placebo-Gruppe der Meinung, daß ihr Gerät funktioniert hätte.

Der größte Nachteil einer fehlenden Placebokontrolle ist darin zu sehen, daß sich ein Verum-Effekt nicht von einem Placebo-Effekt differenzieren läßt. Gerade bei der Schmerzbehandlung sind Placebo-Effekte von großer Bedeutung, da ein stark subjektiver Parameter beurteilt werden soll.

Alle Placebo-kontrollierten TENS-Studien fanden einen mehr oder weniger starken Placebo-Effekt. Dieser stellte in einigen Studien den Gesamteffekt dar (EKBLUM und HANSSON, 1985; DEYO et al., 1990; HERMAN et al., 1994; VAN DER PLOEG et al., 1996), in anderen Studien war er ein Teil des Gesamteffektes (ROCHE et al., 1985; WILDER-SMITH und ZIMMERMANN, 1989; MARCHAND et al., 1993; KUMAR und MARSHALL, 1997). Obwohl TENS gerade auch bei chronischen Rückenschmerzen häufig eingesetzt wird (HILDEBRANDT et al., 1993), erwies es sich in einigen diesbezüglichen Studien der Placebo-TENS als nicht überlegen (LEHMANN

et al., 1986; DEYO et al., 1990; HERMAN et al., 1994). Allerdings wiesen die meisten dieser Studien bei näherer Betrachtung erhebliche Mängel auf. So betrug die Stimulationsdauer bei DEYO et al. (1990) dreimal täglich 45 Minuten für vier Wochen, wobei nach zwei Wochen die Frequenz von 80-100 Hz versuchsweise auf 2-4 Hz (Akupunktur-TENS) verändert wurde. Die Patienten konnten wählen, mit welcher Frequenz sie die übrigen zwei Wochen behandelt werden wollten. Beurteilt wurde jedoch der Gesamteffekt der vierwöchigen Behandlung. Auch in der Studie von GHONAME et al. (1999) wurde nur sehr kurz behandelt (30 Minuten an drei Tagen pro Woche über drei Wochen). Die mittlere Schmerzreduktion betrug 11 %, gemessen mittels VAS, während die Alternativtherapie (perkutane elektrische Nervenstimulation) einen Effekt von 43 % erzielte. SCHLAPBACH (1991), der die bis 1990 publizierten Placebo-kontrollierten Therapiestudien mit TENS beurteilte, benannte als Hauptprobleme dieser Studien neben dem unvermeidlichen und aufgrund häufig fehlender unbehandelter Kontrollen nicht zu quantifizierenden Placebo-Effekt u.a. die unterschiedliche Schmerzätiologie, die unterschiedliche Erfassung der Schmerzintensitätsveränderungen, unterschiedliche Indikationen zur TENS-Therapie und die unterschiedlichen Stimulationsmodi, die eine Vergleichbarkeit dieser Studien miteinander unmöglich machen.

Es sollte jedoch die Frage erlaubt sein, ob es für den Patienten letztendlich entscheidend ist, woher die von ihm empfundene Schmerzlinderung rührt. In der Studie von DEYO et al. (1990) entschieden sich mehr als die Hälfte der Patienten sowohl aus der Placebo- als auch aus der Verum-Gruppe für eine Fortführung der TENS-Therapie. In der Langzeituntersuchung von JOHNSON et al. (1991a) führten auch diejenigen Patienten die TENS-Applikation weiter fort, die auf der VAS keine Schmerzreduktion angegeben hatten. In einer Placebo-kontrollierten Studie mit unbehandelter Kontrolle, in der Patienten nach einem zahnchirurgischen Eingriff mit Ultraschall bzw. Placebo-Ultraschall (Gerät nicht eingeschaltet) zur Reduktion der Schwellung und Schmerzen behandelt wurden, waren im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle neben dem Schmerz auch objektivierbare Parameter wie C-reaktives Protein und die Gesichtsschwellung reduziert. Der Effekt war in der Placebogruppe ausgeprägter als in der Verumgruppe (HASHISH et al., 1988). Die Autoren führten die Resultate ihrer Studie auf einen Anstieg von endogenen Opiaten zurück, der zu einer Hemmung der Freisetzung von Substanz P und dadurch zu einer Reduktion der Vasopermeabilität und der Leukozytenaktivierung führt. Gerade mit Ultraschall-

therapie zur Unterstützung der Wundheilung und zur Behandlung von Entzündungen sind in der Literatur starke Placebo-Effekte beschrieben (ROMAN, 1960; FLAX, 1964). LEVINE et al. (1978) konnten in einem zahnchirurgischen Kollektiv zeigen, daß der Opiatantagonist Naloxon die durch den Placebo-Effekt hervorgerufene Analgesie aufhebt. Die Autoren schlossen daraus, daß der Placebo-Effekt bei Analgetika auf einer Aktivierung endogener Opiate beruht. Hier stellt sich besonders die Frage, ob es einen Unterschied macht, wenn die beobachteten Effekte endogen vom Patienten selbst hervorgebracht werden statt exogen bewirkt zu werden, solange sie physiologisch wirksam sind.

Ein Problem bei der Quantifizierung von therapeutischen Effekten auf Schmerzintensitäten besteht in der Festlegung des cut-off-Wertes. Ab welcher Differenz zum Ausgangswert ist eine Schmerzreduktion klinisch relevant? Bedeutet für den Patienten z.B. eine absolute Abnahme der auf der VAS notierten Schmerzstärke um eine VAS-Einheit (1 cm) bereits eine Besserung seines subjektiven Zustandes? In vielen klinischen Studien werden prozentuale Reduktionen angegeben, z.B. eine 30%ige oder 50%ige Schmerzreduktion bezogen auf den Ausgangswert. Solche prozentualen Angaben bevorzugen jedoch die niedrigen Schmerzwerte und sind somit stark abhängig vom Ausgangswert. In der vorliegenden Studie wurden daher absolute Differenzen verwendet und in Anlehnung an die Arbeit von SCHÜLIN et al. (1989) eine VAS-Einheit (1 cm) als cut-off-Wert gewählt.

Bei Patienten, bei denen keine vollständige Schmerzreduktion unter TENS-Behandlung zu erwarten ist, kann der sogenannte Erträglichkeitswert, d.h. diejenige Schmerzintensität, die vom Patienten als gerade noch erträglich empfunden wird, als Therapieziel verwendet werden (SEEMANN, 1987; SCHÜLIN et al., 1989). Sowohl im Schmerzanamnesebogen als auch im Schmerztagebuch sollten von den Patienten Erträglichkeitswerte markiert werden. Der Vergleich dieser Werte zeigte bei mehr als der Hälfte der Patienten (64 %) Unterschiede von mehr als einer VAS-Einheit. Lediglich 36 % der Patienten schätzten ihren Erträglichkeitswert konstant, d.h. mit Schwankungen von weniger als einer VAS-Einheit ein. Damit lag dieser Prozentsatz unter demjenigen der Studie von SCHÜLIN et al. (1989), die immerhin bei etwa der Hälfte ihrer Patienten Konstanz beobachtet hatten. Vergleichbar ist in beiden Studien der Anteil der Patienten, bei denen der Erträglichkeitswert im Verlauf der Behandlung stetig abnahm. Aufgrund der Inkonstanz des Erträglichkeitswertes bei den meisten Patienten wurde auf dessen Einbeziehung in die Bewertung des Therapieerfolges

verzichtet. Dennoch hat der Erträglichkeitswert in der täglichen Schmerzpraxis seine Berechtigung. Denn er gibt dem Therapeuten einen Anhaltspunkt, wie der Patient seinen Schmerz bewertet und wie er diesen in sein Leben integriert (SCHÜLIN et al., 1989).

Ein unerwartetes Ergebnis der vorliegenden Studie war, daß offenbar nur 44 von 63 Patienten aufgrund ihres Intellekts und/oder ihrer Motivation in der Lage waren, das Schmerztagebuch (STB) qualitativ so auszufüllen, daß eine statistische Analyse der Daten möglich war. Eine eindeutige Zuordnung von notierten VAS-Werten und TENS-Behandlung war nur bei 24 Patienten möglich. Hier stellt sich die Frage, ob die fehlende Compliance auf mangelnde Instruktion, mangelnde Motivation oder mangelnde individuelle Fähigkeiten der Patienten zurückzuführen war. Die Bereitschaft der Patienten, ein Schmerztagebuch zu führen, war in der vorliegenden Studie, ähnlich wie bei SCHÜLIN et al. (1989), sehr hoch (DUNCKELMANN, 1995), so daß zumindest zu Beginn der Studie nicht von mangelnder Motivation ausgegangen werden kann. Zwar würde eine stärkere Einbringung des Untersuchers in die Datendokumentation zu einer höheren Ausbeute an brauchbaren Daten führen, diese würde jedoch mit einem möglicherweise stärkeren Einfluß des Untersuchers auf die Studienergebnisse erkaufte (FORDYCE et al., 1981; GRACEY et al., 1985).

Trotz der augenscheinlichen Einfachheit der VAS gibt es erhebliche Unterschiede in der Fähigkeit von Patienten, mit einer absoluten VAS umzugehen (CARLSSON, 1983). Nach KREMER et al. (1981) ist die Handhabung einer VAS für viele Patienten auch nach sorgfältiger Instruktion und Einübung schwierig. Die Benutzung einer VAS setzt voraus, daß der Patient fähig ist, die Mehrdimensionalität von Schmerzen in eine eindimensionale Skala, d.h. in eine mathematische Dimension umzusetzen (DUNCAN et al., 1989). Er muß weiter in der Lage sein, Unterschiede in der Schmerzintensität zu diskriminieren. Auch muß eine ausreichende Zuverlässigkeit in der Abschätzung von Längen gegeben sein, d.h. der Patient muß einer bestimmten Schmerzintensität eine bestimmte Länge auf der VAS zuverlässig zuweisen können. Gerade diese Aufgabe fällt dem chronisch schmerzkranken Patienten schwer (URBAN et al., 1984).

Ein weiterer Kritikpunkt könnte die Heterogenität des Patientengutes in bezug auf die Schmerzursachen sein. Wie die langjährige Erfahrung mit TENS zeigt, sprechen nicht alle Schmerzen vergleichbar gut auf eine TENS-Behandlung an. Besonders

gute Effekte fanden sich bei Patienten mit peripheren Nervenschädigungen, mit Angina pectoris-Schmerzen und mit durch degenerative Veränderungen bedingten Schmerzen des Bewegungsapparates (MEYLER et al., 1994; MENG, 1998). Bei Zosterneuralgien wird TENS mit wechselndem Erfolg eingesetzt (MENG, 1998).

5.2 Effekt der TENS-Behandlung

In der vorliegenden Studie wurden Veränderungen in den Schmerzintensitäten individuell für jeden Patienten untersucht. Die Untersuchung von Einzelergebnissen ergibt zum einen einen Hinweis auf das Responder/Nonresponder-Verhältnis des Kollektivs, zum anderen differenziert diese Methode zwischen positiven und negativen Behandlungsergebnissen. Da gute Behandlungsergebnisse durch negative Resultate in der Mittelwertbildung ausgeglichen werden können, ist die alleinige Mittelwertsbetrachtung für diese Art von Therapiestudien, von denen Responder und Nonresponder bekannt sind (WIDERSTRÖM et al., 1992; CASSUTO et al., 1993), nicht ausreichend. Leider finden sich in den meisten Studien in der Literatur lediglich Mittelwertsangaben, so daß ein Vergleich der Ergebnisse der vorliegenden Studie mit Literaturdaten nur begrenzt möglich ist.

Eine schmerzsenkende Wirkung kurz nach dem Einschalten des TENS-Gerätes ergab sich beim Kollektiv der vorliegenden Studie nur für vier Patienten (20 %). Fünf Patienten (25 %) notierten höhere Schmerzwerte auf der VAS, für die übrigen elf Patienten ergab sich keine Änderung (55 %). Diese Verteilung änderte sich auch nicht, wenn die Mittelwerte der über den gesamten Tag notierten Schmerzintensitäten mit dem ersten nicht unter TENS-Behandlung erhobenen Tageswert verglichen wurden.

Bei einer TENS-Behandlung über drei Tage ergab sich für 14 Patienten (33 %) eine Schmerzreduktion von einer VAS-Einheit oder mehr. Die Mehrzahl der Patienten (51 %) profitierte nicht von der Behandlung und bei sieben Patienten (16 %) verschlechterte sich die Schmerzsituation. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß jeweils für jeden Patienten die Mittelwerte der an diesen drei Tagen notierten Schmerzintensitäten mit dem Vorwert verglichen wurden. Daher wäre es durchaus möglich, daß sich zeitweise schmerzlindernde Effekte unter TENS-Behandlung ergaben, die nach Beendigung der TENS-Behandlung wieder verschwanden. Da es jedoch nur bei wenigen Patienten möglich war, unter TENS-Behandlung notierte Werte und solche nach TENS-Behandlung zu differenzieren, erlaubte die Datenerhebung keine

detailliertere Auswertung. Auch ist zu berücksichtigen, daß die Datenerhebung über den gesamten Tagesverlauf erfolgte, so daß in einigen Fällen durchaus angenommen werden kann, daß es allein schon durch die Belastung durch Alltagstätigkeiten im Verlauf des Tages zu einem Anstieg der Schmerzintensität kam.

Ähnlich stellte sich der Therapieerfolg einer dreitägigen TENS-Behandlung dar, wenn man die maximalen Schmerzwerte betrachtet. 16 % der Patienten notierten niedrigere Maximalwerte, bei 68 % veränderten sich die Maximalwerte nicht und ebenfalls 16 % verzeichneten höhere Maximalwerte unter TENS.

Wurde die TENS-Behandlung über drei Tage hinaus fortgeführt, ergab sich für 50 % der Patienten eine Verbesserung ihrer mittleren Schmerzintensität im Vergleich zum Vorwert von mindestens 1 VAS-Einheit. Bei 36 % der Patienten veränderte sich der Schmerzzustand nicht und bei 14 % waren die Schmerzen stärker als vor Beginn der Behandlung. Ein Vergleich der mittleren Schmerzintensitäten der ersten drei Tage mit denjenigen der letzten drei Behandlungstage zeigt, daß lediglich acht von 42 Patienten (19 %), für die alle Werte vorlagen, von einer Weiterführung der TENS-Behandlung über die ersten drei Tage hinaus dahingehend profitierten, daß sich ihre Schmerzen um mindestens eine weitere VAS-Einheit reduzierten. Bei 69 % der Patienten blieben die Behandlungsergebnisse gleich und 12 % hatten am Behandlungsende größere Schmerzen als zu Beginn. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, daß sich eine Verschlechterung im Zustand des Patienten ergab, die sich negativ auf das Behandlungsergebnis auswirkte.

Etwas schlechter waren die Behandlungsergebnisse, wenn man die Schmerzmaxima zur Bewertung heranzieht. Bei 42 % der Patienten wurden die Schmerzmaxima um mindestens eine VAS-Einheit reduziert, bei 47 % blieben sie auf dem selben Niveau und für 12 % der Patienten stiegen sie um mehr als eine VAS-Einheit an.

Die vergleichsweise nur mäßigen Behandlungsergebnisse könnten auch darin begründet sein, daß die Patienten die TENS-Behandlung zuhause eigenverantwortlich durchführten, wodurch eine Therapiekontrolle durch den Untersucher ausgeschlossen war. In Anbetracht der Qualität, in der viele Schmerztagebücher geführt wurden, ist nicht auszuschließen, daß bei therapieresistenten Patienten Diskrepanzen zwischen vermerkter Behandlungszeit und tatsächlich durchgeführter Behandlungsdauer vorhanden sind. DUNCKELMANN (1995), der das Patientenkollektiv der vorliegenden Studie bezüglich der Compliance der Patienten untersuchte, stellte in

einigen Fällen erhebliche Diskrepanzen zwischen behaupteter und im STB notierter Betriebszeit fest. FLÖTER (1986) untersuchte in einer unserem Patientenkollektiv vergleichbaren Patientengruppe die Wirksamkeit der Heimanwendung von TENS und stellte ebenfalls eine beträchtliche Diskrepanz zwischen den von den Patienten angegebenen Behandlungszeiten und den von einem Zeitzähler im Gerät gemessenen Behandlungszeiten fest. Nur etwas mehr als die Hälfte seiner Patienten (57 %), an die ein TENS-Gerät ausgegeben wurde, behandelten damit ausreichend lange. Diese Patienten verzeichneten einen positiven Effekt der TENS-Behandlung. Von den Therapieversagern (43 %) hatten nur 15 % TENS ausreichend lange angewendet. Bei den übrigen 85 % bewies der Zeitzähler, daß die angegebenen Stimulationszeiten nicht eingehalten worden waren. Auch JOHNSON et al. (1991a) berichteten, daß manche ihrer Patienten dazu neigten, den Gebrauch ihres TENS-Gerätes zu überschätzen und längere Behandlungszeiten anzugeben, als tatsächlich erfolgt sind. Dagegen fanden KUMAR und MARSHALL (1997) bei Heimanwendung von TENS bei Patienten mit diabetischer peripherer Neuropathie eine Erfolgsrate von 85 %, bei 17 % führte die Behandlung sogar zu vollständiger Asymptomatik. Lediglich bei 13 % der Patienten dieser Studie war TENS wirkungslos.

In der Literatur werden Schmerzen, die länger als sechs Monate dauern, als chronisch bezeichnet (MARGOLIS et al., 1984; MAGNANI et al., 1989). Nimmt man diese Zeitdauer als Definition für chronische Schmerzen, kann davon ausgegangen werden, daß die meisten der Patienten der vorliegenden Studie als chronische Schmerzpatienten zu betrachten sind. Solche Patienten haben oft schon zahlreiche Therapieversuche hinter sich und sehen jedem neuen Therapieprinzip bewußt oder unbewußt mit einer gewissen Skepsis entgegen. Die Wirksamkeit einer Behandlung wird jedoch in großem Maße von den Erwartungen des Patienten und seinem Glauben an diese Wirkung bestimmt (SIMMONDS und KUMAR, 1994). Bei akuten Schmerzen ist häufig eine Aussage des Therapeuten über die Intensität der zu erwartenden Schmerzen möglich, die beim Patienten zu einer Reduktion der Schmerzwahrnehmung führt, da das Vertrauen des Patienten in die Vorhersage des Therapeuten zu dessen Schmerzmanagement beiträgt (SIMMONDS und KUMAR, 1994). Die genaue Information des Patienten bezüglich der zu erwartenden Schmerzen und Symptome sowie Hinweise des Arztes oder Pflegepersonals zum positiven Umgang mit Schmerzen vermindern bei Patienten mit akuten Schmerzen den durch den Schmerz hervorgerufenen Stress und in dessen Folge die Schmerzwahrneh-

mung (WALLACE, 1985). Bei chronischen Patienten ist dem Therapeuten diese Möglichkeit versagt. Chronisch schmerzkrankte Patienten sind durch die fehlende Erfahrung eines Therapieerfolges häufig von Mißtrauen gegen den Therapeuten und das von ihm angebotene Therapieprinzip erfüllt. Dieses Mißtrauen verhindert die Entstehung selbst eines Placebo-Effektes, der in der Therapie chronisch Schmerzkranker oft der einzige Effekt ist. LAMPL et al. (1997) fanden in ihrer, der hier vorliegenden im Design ähnlichen Therapiestudie, daß die Erfolgchancen einer TENS-Therapie mit steigender Anzahl erfolgloser Therapieversuche abnahm. Hinzu kommt, daß chronisch schmerzkrankte Patienten auf eine medikamentöse Therapie fixiert sein können, so daß jede andere Therapieform abgelehnt wird bzw. unwirksam ist (FLÖTER, 1986).

In der Studie von MARGOLIS et al. (1984), in der 407 Internisten bezüglich ihrer Behandlungsmethoden und ihres Behandlungserfolges bei chronischen Schmerzpatienten befragt wurden, erfuhren nur 31 % aller behandelten Patienten mit chronischen Schmerzen eine Besserung ihrer Beschwerden. Bei 51 % ergab sich keine Änderung und bei 18 % trat eine Verschlechterung ihres Zustandes unter den diversen Behandlungen ein. Ganz ähnliche Ergebnisse ergaben sich in unserer Studie für die dreitägige TENS-Behandlung. Auch in der Studie von HÄRKÄPÄÄ et al. (1991) betrug die Erfolgsrate einer dreimonatigen, physikalischen Rehabilitationsmaßnahme bei Patienten mit chronischen Rückenschmerzen lediglich 40 %. Die Übereinstimmung läßt den Schluß zu, daß diese Erfolgsrate ein für chronische Patienten übliches Behandlungsergebnis darstellt.

Die Betrachtung des TENS-Effektes bei jedem einzelnen Patienten zeigt, daß sich bei einigen Patienten sehr gute Ergebnisse einstellten, während andere wiederum sogar über mehr Schmerzen unter TENS-Therapie berichteten. Der Umgang mit Schmerzen ist in starkem Maße abhängig von der Persönlichkeit des Patienten. Die Health Locus of Control-Theorie besagt, daß die Einstellung des Patienten zu seinem Leiden bzw. zu seinen Schmerzen wesentlich über den Erfolg oder Mißerfolg einer Therapie entscheidet (HÄRKÄPÄÄ et al., 1991). Patienten, die davon überzeugt waren, daß sie mit ihrem Verhalten ihre Schmerzen beeinflussen könnten, hatten in einer Studie mit selbstkontrollierter Opiatversorgung postoperativ weniger Schmerzen, bewiesen einen effektiveren Umgang mit der Medikation und erreichten eine zufriedenstellende Schmerzlinderung durch die selbstapplizierten Opiate, während Patienten, die davon ausgingen, daß ihre Schmerzen von außen beeinflußt

würden (Schicksal, Glück, machtvolle andere Personen (powerful others)), mehr Schmerzen hatten und einen wenig effektiven Umgang mit der Medikation zeigten (JOHNSON et al., 1989). Dies galt auch für chronisch Schmerzkranken (MAGNANI et al., 1989). WIDERSTRÖM et al. (1992) stellten bei Nonrespondern auf TENS-Therapie verstärkt Ängstlichkeit und Depressionen, eine stärkere 'powerful other'-Orientierung und eine Absenkung der Schmerzschwelle nach TENS-Applikation im Vergleich zu Respondern fest.

DWORKIN und Mitarbeiter (1986) fanden bei ihrem Vergleich depressiver und nicht-depressiver chronischer Schmerzpatienten, daß für die beiden Gruppen unterschiedliche Prädiktoren für einen Therapieerfolg gelten. Bei depressiven Patienten war vor allem von Bedeutung, daß sie einer Beschäftigung nachgingen und sie frühzeitig einer Therapie zugeführt wurden. Auch die aktive Einbindung in die Therapie wirkte einem Therapieversagen entgegen. Gerade dieser Aspekt kann als besondere Chance der TENS gewertet werden.

Nicht berücksichtigt wurde in der vorliegenden Studie der Verbrauch von Schmerzmedikamenten. Eine eventuelle Reduktion der Medikamenteneinnahme würde einen unerfaßten, positiven Effekt darstellen.

5.2.1 Einfluß der Behandlungsdauer auf den schmerzlindernden Effekt von TENS

In unserer Studie waren nur relativ wenige Patienten bereit, TENS über eine Dauer von fünf Wochen hinaus anzuwenden. Sowohl in bezug auf die mittleren Schmerzintensitäten als auch in bezug auf die Schmerzmaxima ergab sich jedoch ein positiver Effekt der Behandlungsdauer. Je länger mit TENS behandelt wurde, umso deutlicher war der schmerzlindernde Effekt. Da die Gruppe, die TENS länger als fünf Wochen einsetzte, bereits nach den ersten drei Behandlungstagen einen deutlicheren positiven Effekt verzeichnete als die anderen beiden Gruppen, stellt sich hier die Frage, ob ein starker positiver Therapieeffekt bereits zu Beginn der Behandlung eine sich mit zunehmender Therapiedauer verstärkende TENS-Wirkung mit sich bringt. Der Vergleich der individuellen VAS-Werte der mittleren Schmerzintensität am Tag 1-3 mit denjenigen der letzten drei Behandlungstage legt eine solche Vermutung zumindest für diejenigen Patienten nahe, die TENS länger als fünf Wochen anwendeten. Eine andere Erklärung wäre, daß Patienten, die in den ersten

Behandlungstagen bereits einen Effekt der Behandlung verspüren, motivierter sind, die Behandlung fortzusetzen.

Auch in bezug auf die maximalen Schmerzwerte trat der Effekt einer längeren Behandlungsdauer deutlich zutage. Alle fünf Patienten verzeichneten eine Abnahme ihrer maximalen Schmerzen von mindestens einer VAS-Einheit. Wie die Betrachtung der maximalen Schmerzwerte nach zwei Wochen TENS-Behandlung jedoch zeigt, folgt die Schmerzreduktion keinem linearen Verlauf. Die maximalen Schmerzwerte nach zwei Wochen TENS-Behandlung lagen zum Teil über, zum Teil unter denjenigen der ersten drei Behandlungstage. Die Vermutung, die erreichte Schmerzreduktion könnte das Ergebnis einer bis zu zweiwöchigen Behandlung sein, ergab sich aus dem Resultat, daß auch die Gruppe mit der kurzen Behandlungszeit von 1-2 Wochen eine signifikante Reduktion ihrer maximalen Schmerzen zeigte. In Anbetracht der heterogenen 2-Wochen-Ergebnisse der beiden anderen Gruppen mit 3-5 Wochen und > 5 Wochen Behandlungsdauer ist diese Signifikanz wohl eher auf multiples Testen zurückzuführen und daher mit Vorsicht zu bewerten.

Möglicherweise ist der bessere Effekt bei längerer Behandlungsdauer darauf zurückzuführen, daß diese Patienten TENS täglich länger anwendeten. Die tägliche Anwendungsdauer wurde in dieser Studie nicht individuell ermittelt, da vielfach keine konkreten Angaben der Betriebsdauer des Gerätes vorlagen. In den Tagebüchern wurde zwar häufig der Zeitpunkt des Anschaltens und manchmal auch des Abschaltens vermerkt, es wurde jedoch nur selten angegeben, ob das Gerät auch zwischendurch an- und abgeschaltet wurde. Wenn ein durchgehender Betrieb vermerkt war und in dieser Zeit geduscht oder gebadet wurde, sind die angegebenen Betriebszeiten zumindest fraglich.

Aus der Literatur ist bisher wenig darüber bekannt, welchen Einfluß die Behandlungsdauer auf die Wirksamkeit einer TENS-Behandlung hat. Dies mag zum einen daran liegen, daß die Mehrzahl der klinischen Studien nur von begrenzter Dauer waren. Zum anderen wurde spekuliert, daß längerfristige Anwendung von TENS zur Entwicklung einer Toleranz führen könnte. Eine solche Toleranzentwicklung war weder in der vorliegenden Studie noch in derjenigen von TULGAR et al. (1991b) oder MEYLER et al. (1994), die Patienten mit TENS über drei bzw. sechs Monate behandelten, zu beobachten. TULGAR et al. (1991b) fanden eine Erfolgsrate von 66 % in ihrem Patientenkollektiv, das dem hier vorliegenden bezüglich demographi-

scher Daten und Schmerzursachen vergleichbar war. In unserer Studie lag die Erfolgsquote nach einer TENS-Behandlung von mehr als fünf Wochen bei 100 %, während lediglich 40 % dieses kleinen Subkollektivs auf eine dreitägige TENS-Applikation positiv angesprochen hatten.

LAMPL et al. (1997) kamen in ihrer Studie mit 482 bezüglich ihrer Schmerzursache heterogenen Patienten zu dem Ergebnis, daß das Therapieresultat durch eine Vorbereitungsphase der Patienten von mindestens 3-5 Wochen verbessert werden kann und sich mehr Patienten für eine Weiterführung der Therapie über diese Vorbereitungsphase hinaus entschließen, als wenn ein geringerer Aufwand mit der Einführung der Patienten in die Therapieform TENS betrieben wird. In der Studie von LAMPL et al. (1997) führten 270 von 482 Patienten (56 %) die TENS-Behandlung nach der 3-5wöchigen Vorbereitungsphase weiter, nach drei Monaten waren aber nur noch 166 Patienten (34 %) zur Weiterbehandlung bereit. Die Hauptgründe für einen Therapieabbruch waren aus Sicht der Patienten fehlende Wirksamkeit, z.T. aufgrund zu hoher Erwartungen der Patienten an die Therapie, und ein Mißverhältnis zwischen Aufwand und Erfolg. Bei einer über drei Monate hinausgehenden Therapie traten diese Gründe in den Hintergrund und Probleme wie die Exazerbation der Erkrankung oder das Hinzutreten anderer Erkrankungen gewannen als Abbruchgrund an Bedeutung. Eine Toleranzentwicklung wurde auch in dieser Studie nicht beobachtet. Der wichtigste Einflußfaktor für ein Therapieversagen war in der Praxis das Auftreten depressiver Zustände beim Patienten.

5.2.2 Einfluß der Schmerzdauer auf die Behandlungsergebnisse mit TENS

Die von den Patienten im Schmerzfragebogen gemachten Angaben, wie lange die Schmerzen schon bestanden, waren zum Teil wenig konkret. Daher wurde in der Datenerhebung und Auswertung nur zwischen Patienten unterschieden, deren Schmerzdauer ein Jahr oder weniger betrug und solchen, die bereits länger als ein Jahr Schmerzen hatten.

In ihrer Ansprechbarkeit auf eine dreitägige TENS-Behandlung unterschieden sich die beiden Gruppen nicht voneinander. Ungefähr ein Drittel der Patienten beider Gruppen verzeichnete eine kurzfristige Verbesserung ihrer mittleren Schmerzintensitäten. Jedoch war der Prozentsatz der Patienten, die eine Zunahme ihrer Schmerzen unter TENS verspürten, in der Gruppe mit der kürzeren Schmerzdauer höher (25 % vs. 6 %). Die Ergebnisse nach einer längerdauernden Behandlung mit TENS waren in der Gruppe mit einer Schmerzdauer von mehr als einem Jahr etwas besser als in der Gruppe mit kürzerer Schmerzdauer. 63 % der Patienten mit einer Schmerzdauer von mehr als einem Jahr profitierten von einer TENS-Behandlung, während in der Gruppe mit der kürzeren Schmerzdauer nur 35 % eine Reduktion ihrer mittleren Schmerzintensitäten von mindestens einer VAS-Einheit erfuhren. Auch erfuhren in der Gruppe mit der längeren Schmerzdauer erheblich mehr Patienten (25 %) eine weitere Reduktion ihrer Schmerzen durch eine Weiterführung der TENS-Behandlung über drei Tage hinaus als dies in der Vergleichsgruppe der Fall war (5 %). Eine ähnliche Erfolgsbilanz ergibt sich auch bei Betrachtung der maximalen Schmerzwerte. Auch hier zeigt die Gruppe mit der längeren Schmerzdauer die besseren Ergebnisse. Dieses Ergebnis stimmt überein mit den Resultaten von MEYLER et al. (1994), in deren Kollektiv 52 % der Patienten mit einer Schmerzdauer von mehr als zwei Jahren nach TENS-Behandlung über 2-4 Wochen ein positives Behandlungsergebnis aufwiesen, im Gegensatz zu nur 39 % derjenigen Patienten, deren Schmerzen weniger als zwei Jahre dauerten. Keinen Zusammenhang zwischen Schmerzdauer und Schmerzintensität fanden BREMERICH et al. (1988).

5.2.3 Einfluß der Schmerzstärke auf die Behandlungsergebnisse mit TENS

Obwohl sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang ergab zwischen den Schmerzintensitäten vor TENS-Behandlung und denjenigen während der Behand-

lung, so zeigt die Betrachtung sowohl der Mittelwertsdifferenzen als auch der Einzelergebnisse dennoch einen gewissen Einfluß der Schmerzstärke auf das Behandlungsergebnis. Die Mittelwertsdifferenzen stiegen mit zunehmender Schmerzstärke an und waren in der Gruppe mit den stärksten Schmerzen (VAS-Wert 7,0-10,0 cm) signifikant unterschiedlich. In dieser Gruppe verzeichneten 60 % der Patienten in den ersten drei Behandlungstagen eine Schmerzreduktion um mindestens eine VAS-Einheit, während die Schmerzen bei 40 % der Patienten gleich blieben. Kein Patient dieser Gruppe gab eine Verschlechterung seines Schmerzzustandes an. Jedoch verbesserte sich von diesen Patienten nur einer weiter durch einer Weiterführung der Therapie über die ersten drei Tage hinaus, während in den beiden anderen Gruppen einige Patienten nach Fortführung der Therapie nochmals eine Reduktion ihrer Schmerzen verspürten.

Die fehlende Korrelation zwischen Schmerzintensität vor Behandlung und Schmerzreduktion während der Behandlung steht in Einklang mit dem Ergebnis von BREMERICH et al. (1988), die ebenfalls keinen Zusammenhang zwischen diesen beiden Größen fanden. Unser Ergebnis zeigt aber auch, daß solche Korrelationen keine ausreichende Aussage über Therapieerfolge liefern. In der Gruppe mit den stärksten Schmerzen verzeichneten sechs von zehn Patienten eine Schmerzreduktion von 1,5 bis 4,5 VAS-Einheiten, was für diese Patienten eine Zunahme an Lebensqualität bedeuten kann.

Die Wahl der Grenzen, innerhalb welcher Schmerzen als leicht, mäßig oder stark bezeichnet wurden, bereitete einige Schwierigkeiten. Wir definierten Schmerzstärken innerhalb der Grenzen 0,1 - 3,99 als "mild", innerhalb 4,0 - 6,99 als "mäßig" und innerhalb 7,0 - 10,0 als "starke" Schmerzen. Damit wichen wir etwas von der Graduierung von SERLIN et al. (1995) ab, die maximale Schmerzintensitäten von 1897 Krebspatienten aus vier Nationen in Beziehung setzten zu von Schmerzen beeinflussten Faktoren wie Aktivität, Schlaf, Freude, Stimmung, Arbeit oder die Fähigkeit zu gehen. SERLIN et al. (1995) ermittelten die Abstufung 1-4 für milde, 5-6 für mäßige und 7-10 für starke Schmerzen als die aussagefähigste bezüglich der Interferenz zwischen Schmerzen und Funktion des Patienten.

Bei akuten Schmerzen scheint eine ausgeprägtere Abhängigkeit der schmerzmindernden Wirkung von TENS von der Schmerzintensität vorhanden zu sein. So ist

TENS bei einer geringeren Schmerzintensität wirksamer als bei starken Schmerzen (WILDER-SMITH und ZIMMERMANN, 1985; SIMMONDS und KUMAR, 1994).

5.2.4 Einfluß des Patientengeschlechts auf die Behandlungsergebnisse mit TENS

In unserer Studie sprachen die Männer erheblich besser auf eine Kurzzeitbehandlung (drei Tage) mit TENS an als die Frauen. Noch stärker differierten die Geschlechter im Behandlungserfolg nach mehreren Wochen Behandlung. Während mehr als die Hälfte der Männer eine Schmerzreduktion von einer oder mehr VAS-Einheiten im Vergleich zum Vorwert erreichte, trat dieser Erfolg nur bei einem Drittel der Frauen ein. Zwar hatten Frauen im Mittel vergleichbare Ausgangswerte vor der TENS-Behandlung wie die Männer, die selteneren Einzelerfolge (5 von 16 Frauen) waren jedoch nicht so ausgeprägt in ihrer Schmerzreduktion wie diejenigen der Männer, so daß sich der Mittelwert der mittleren Schmerzintensität am Behandlungsende in der Gruppe der Patientinnen nicht änderte, während er bei den männlichen Patienten signifikant niedriger lag. In bezug auf die Schmerzmaxima notierten Frauen sowohl zu Beginn der Behandlung als auch am Behandlungsende höhere Werte als die Männer. Der Behandlungserfolg war jedoch für beide Geschlechter vergleichbar und nur gering.

Die zahlreichen Studien, in denen Geschlechtsunterschiede bezüglich Häufigkeit, Intensität und Dauer von Schmerzen untersucht wurde, zeigten in der Mehrzahl, daß Frauen häufiger, stärker und länger unter Schmerzen leiden (CROOK et al., 1984; UNRUH, 1996). Auch bezüglich der Schmerzlokalisierung gab es deutliche Geschlechtsunterschiede. So klagten Frauen häufiger über Kopf- und Nackenschmerzen, orofaziale Schmerzen sowie über muskuloskelettale Schmerzen, während Männer zumindest in einigen Studien häufiger von Rückenschmerzen betroffen waren (UNRUH, 1996, RILEY et al., 1998a). In einem sehr großen Kollektiv von Herzinfarktpatienten berichteten Frauen signifikant häufiger über Rückenschmerzen sowie Kiefer- und Nackenschmerzen als Männer, während bei diesen Brustschmerzen vorrangig waren (GOLDBERG et al., 1998). HANSSON et al. (1989) hingegen fanden keinen Unterschied zwischen den Geschlechtern bezüglich akuter postoperativer Schmerzen oder der Häufigkeit einer Analgetikaeinnahme. Auch PIGUET et al. (1998) zogen echte Geschlechtsunterschiede in Intensität und Umgang mit Schmerzen in Zweifel. Nachdem sie in ihrer Studie die Schmerzintensität und

Schmerzkontrolle bei Männern und Frauen auf die Ätiologie des Schmerzes bezogen hatten, glichen sich die zuvor im gesamten Kollektiv beobachteten Unterschiede aus. Frauen und Männer unterscheiden sich sowohl in der Art ihrer Wahrnehmung von Schmerzen als auch in ihrer Strategie, mit Schmerzen umzugehen (BERKLEY, 1997). Während Männer eher dazu neigen, Schmerzen zu banalisieren und zu negieren, entwickeln Frauen komplexere Strategien, mit Schmerzen fertig zu werden. In einer schwedischen Studie mit Patienten beiderlei Geschlechts mit Nacken-, Schulter- und Rückenschmerzen fanden JENSEN et al. (1994), daß Frauen häufiger als Männer ihr Leiden als Katastrophe empfinden und sich in ihrem täglichen Leben stärker eingeschränkt fühlen.

In experimentellen Studien wurde mehrfach versucht, den immer wieder behaupteten Unterschied in der Schmerzwahrnehmung zwischen Männern und Frauen zu objektivieren (LAUTENBACHER und ROLLMAN, 1993; RILEY et al., 1998b; FRANCE und SUCHOWIECKI, 1999). Diese Studien ergaben, daß die Geschlechtsunterschiede nicht bei jeder Noxe vorhanden waren, sondern besonders dann hervortraten, wenn mechanischer Druck als Schmerzreiz verwendet wurde (JENSEN et al., 1992; RILEY et al., 1998b). Auch bei Verwendung von fokalen elektrischen Reizen ergab die Mehrzahl der Studien, daß Frauen sowohl eine niedrigere Schmerzschwelle als auch eine geringere Schmerztoleranz als Männer besitzen. Hingegen ließ sich ein geschlechtsbedingter Unterschied beim Einsatz von Hitze- reizen nicht zweifelsfrei feststellen (RILEY et al., 1998b). LAUTENBACHER und ROLLMAN (1993) fanden keinen Unterschied zwischen den Geschlechtern, während FEINE et al. (1991) eine niedrigere Schmerzschwelle bei Frauen beschrieben. Auch in der Studie von FILLINGIM et al. (1998) wiesen die Frauen niedrigere Schmerzschwellen für thermale Reize auf. Die Diskriminierungsfähigkeit bezüglich der Intensität der applizierten Reize war jedoch bei beiden Geschlechtern gleich. Bei mehrfacher, aufeinanderfolgender Applikation von ansteigenden Hitzereizen (temporale Summation) gaben die Frauen hingegen signifikant höhere Schmerzwerte an als die Männer. Die Autoren schlossen daraus, daß die Geschlechtsunterschiede in der Wahrnehmung von Hitzereizen abhängig vom definierten Endpunkt sind.

FRANCE und SUCHOWIECK (1999) untersuchten, ob der auch von ihnen beobachtete Geschlechtsunterschied in der Schmerzwahrnehmung auf Unterschiede in der supraspinalen Modulation der absteigenden Hemmung von Schmerzsignalen beruht.

Sie fanden jedoch keinen Unterschied zwischen Männern und Frauen und schlossen daraus, daß die Geschlechtsunterschiede in der Schmerzwahrnehmung in der unterschiedlichen zentralen Verarbeitung von nociceptiven Reizen liegen müßten. Tatsächlich zeigten PAULSON et al. (1998), daß bei Frauen, die auf einen Wärmereiz von 50 °C stärkere Schmerzen als Männer verspürten, im Vergleich zu Männern eine erhöhte Aktivierung des kontralateralen präfrontalen Kortex, des kontralateralen Thalamus und der kontralateralen Insula anterior auftrat.

Im Tierexperiment war die Wirksamkeit von Analgetika des Opiattyps in einigen Studien (CICERO et al., 1996) bei männlichen Tieren stärker ausgeprägt als bei weiblichen, während in anderen Studien die weiblichen Tiere schneller und stärker auf Opiate reagierten (BARTOK und CRAFT, 1997). Die Ergebnisse von CICERO et al. (1996) sprechen für Unterschiede in der Opiatantwort sowohl auf spinaler als auch auf supraspinaler Ebene. Die Studie von ROBINSON et al. (1998) zeigt, daß sich Geschlechtsunterschiede in der Ansprechbarkeit auf Analgetika nicht auf Opiate beschränken. Trotz kutaner Lidocain-Analgesie werteten die Frauen den durch Druck erzeugten experimentellen Schmerz höher als Männer. Kein Unterschied zwischen den Geschlechtern fand sich in der Placebogruppe. Die Studienergebnisse sprachen eher dafür, daß Frauen Stimuli gleicher Intensität als stärker schmerzhaft angaben als Männer (response bias), und gegen Unterschiede in der sensorischen Diskriminierungsfähigkeit. Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen auch FILLINGIM et al. (1998).

Die höhere Schmerzempfindlichkeit von Frauen könnte ein Grund für den in unserer Studie beobachteten geringeren Behandlungserfolg bei Frauen sein. Ähnliche Unterschiede in der Ansprechbarkeit von Männern und Frauen fanden LINDSTRÖM et al. (1992), deren männliches Kollektiv einen größeren Benefit von einem Aktivitätsprogramm für Rückenschmerzen hatte als das weibliche. Ein weiterer Grund könnte sein, daß sich die Frauen möglicherweise häufiger in einem depressiven Zustand befanden als die Männer. Nach HALEY et al. (1985) waren Depressionen bei Frauen stärker mit Schmerzen korreliert, während bei Männern eher die Einschränkung ihrer Aktivität mit Depressionen verbunden war. Niedergeschlagenheit wurde in unserem Patientenkollektiv unter der Rubrik "Sonstige Beschwerden" häufig angegeben.

5.2.5 Einfluß des Patientenalters auf den Behandlungserfolg mit TENS

Bezüglich der mittleren Schmerzintensitäten vor Behandlungsbeginn ergab sich kein Zusammenhang mit dem Patientenalter. Jedoch zeigte die mittlere Altersgruppe (40-59 Jahre) die schlechtesten Behandlungsergebnisse. Die besten Resultate erzielte die älteste Patientengruppe, in der am Ende der Behandlung sieben von acht Patienten eine Schmerzreduktion von einer oder mehr VAS-Einheiten erreichten und deren mittlere Schmerzintensitäten sich signifikant vom Vorwert unterschieden. Auch in bezug auf die Schmerzmaxima erfuhr die älteste Patientengruppe die stärkste Reduktion ihrer Schmerzen, obwohl in dieser Gruppe die höchsten Schmerzmaxima zu Behandlungsbeginn vorlagen. Der beobachtete Effekt ist weder mit einer längeren Behandlungsdauer (Wochen) noch mit einer vergleichsweise längeren Krankheitsdauer zu erklären. Bei beiden Parametern unterschied sich die Gruppe der ältesten Patienten nicht von den beiden anderen Altersgruppen.

Auch in der Studie von FLÖTER (1986) zeigten Patienten zwischen 60 und 89 Jahren die besten Therapieergebnisse (62 % der Patienten dieser Altersgruppe erreichten ein positives Therapieergebnis), während jüngere Patienten weniger von einer zu Hause durchgeführten TENS-Therapie profitierten. FLÖTER führte diese Unterschiede darauf zurück, daß jüngere, berufstätige Patienten mittleren Alters eine TENS-Therapie nicht zuverlässig durchführen.

Nach der Erfahrung von HELME und KATZ (1993) werden bei älteren Patienten oftmals gute Resultate mit TENS erzielt, wenn mehrere Stunden am Tag behandelt wird. Diese Erfolge können auch dann erreicht werden, wenn sich eine Kurzzeitbehandlung als erfolglos erwiesen hat.

5.2.6 Abhängigkeit des Behandlungserfolgs mit TENS von der verwendeten Frequenz

Die Wirkung von TENS auf den individuellen Patienten ist u.a. abhängig von den verschiedenen Formen der Stimulation (Frequenz, Modus, Wellenform), d.h. von verschiedenen Patienten werden unterschiedliche Frequenzbereiche als optimal wirksam empfunden (KATIM et al., 1986; KRUPPA und BERNAU, 1988; TULGAR et al., 1991a, b). Dabei scheint die Wahl der Frequenz weniger von der Ätiologie des Schmerzes oder vom Mechanismus der Analgesie abzuhängen, als vielmehr davon, was der Patient als angenehm empfindet (JOHNSON et al., 1991b). Daher wurden

die Patienten der vorliegenden Studie mit unterschiedlichen Frequenzen behandelt, deren Wahl sich nach den Aussagen der Patienten nach einer gewissen Anwendungszeit von TENS richtete.

Die meisten Patienten (n = 28) wurden mit einer Frequenz von 85-100 Hz behandelt, einige wenige (n = 6) mit verschiedenen Frequenzen, fünf Patienten mit 30-60 Hz und nur drei Patienten mit der niedrigen Frequenz von 2 Hz. Die besten Behandlungsergebnisse wurden in der mit 30-60 Hz behandelten Gruppe erzielt, in der 60 % der Patienten eine Schmerzreduktion von einer VAS-Einheit oder mehr erfuhren. Das schlechteste Behandlungsergebnis fand sich bei den drei Patienten, die mit 2 Hz behandelt worden waren. Bezüglich der Schmerzwertmaxima ergaben sich keine Unterschiede, die auf die verschiedenen angewandten Frequenzen zurückzuführen waren. Interessanterweise war der Erfolg auf die Schmerzwertmaxima in der Gruppe der mit 30-60 Hz behandelten Patienten geringer als auf die mittleren Schmerzintensitäten.

Die schlechten Ergebnisse bei Verwendung einer Frequenz von 2 Hz stehen in Einklang mit anderen Studien. GRAFF-RADFORD et al. (1983) fanden in ihrer Studie mit Patienten mit myofaszialen Schmerzen keinen Effekt der TENS-Applikation mit 2 Hz, während die Schmerzreduktion mit 100 Hz ca. 30 % betrug. Die übrigen Stimulationsbedingungen waren identisch für die beiden Gruppen, mit der Ausnahme, daß bei Verwendung der Frequenz 2 Hz Muskelkontraktionen hervorgerufen wurden, während die Intensität bei 100 Hz unterhalb der Schwelle der Muskelkontraktionen lag. Auch ANDERSSON et al. (1976) sowie MANNHEIMER und CARLSSON (1979) berichten über bessere Effekte mit hohen Frequenzen als mit niedrigen. Im Gegensatz hierzu fanden WALSH et al. (1995) in einer experimentellen Doppelblindstudie unter Anwendung der Tourniquet-Technik die beste schmerzreduzierende Wirkung mit niederfrequenter TENS (4 Hz). Die nächstbeste Wirkung wurde mit Placebo erreicht. Die Frequenz von 110 Hz hatte keine Wirkung.

In einer tierexperimentellen Studie, in der unterschiedliche Frequenzen im Tiermodell der Carrageenan-induzierten Arthritis der Ratte untersucht wurden, waren beide Frequenzen analgetisch wirksam (SLUKA et al., 1998). Jedoch hielt der Effekt bei Verwendung von 100 Hz länger an. Ähnliches beobachteten MANNHEIMER und CARLSSON bei Patienten mit Rheumatoider Arthritis. Auch in ihrer Studie war der

Effekt, der durch 3 Hz-TENS hervorgerufen wurde, von kürzerer Dauer als derjenige mit 70 Hz.

Vermutlich wirkt die TENS bei niedrigen und hohen Frequenzen über verschiedene Mechanismen (LAPEER, 1986). Bei Frequenzen ab 10 Hz wird angenommen, daß sie auf der spinalen Ebene durch das Schließen der Tore (Gate-Control Theorie, MELZACK und WALL, 1965) im dorsalen Horn wirken. Werden zu hohe Frequenzen eingesetzt, kommt es zur Ermüdung der Synapsen und dadurch zu einem abnehmenden Effekt. JOHNSON et al. (1989) konnten in einer experimentellen Studie mit Kältereizen zeigen, daß die Frequenz-Response-Kurve der TENS glockenförmig verläuft, mit den besten Effekten zwischen 20 und 80 Hz. Sie fanden eine hohe interindividuelle Varianz, die mit 80 Hz am geringsten war, was auf den besten Effekt mit dieser Frequenz hindeutet. Frequenzen unter 10 Hz sollen einen akupunkturähnlichen Effekt produzieren, indem endogene Opiate freigesetzt werden. Von diesen niedrigen Frequenzen nimmt man an, daß sie tief in der Muskulatur gelegene Rezeptoren erregen (KRUPPA und BERNAU, 1988).

LEIJON und BOIVIE hingegen fanden, bei einem insgesamt geringen Effekt der TENS-Behandlung, in ihrem Kollektiv von Schmerzpatienten nach Apoplex keinen Unterschied zwischen niederfrequenter (2 Hz) und konventioneller (10 Hz) TENS.

5.3 Zusammenhang zwischen Schmerzen und der Einschränkung im täglichen Leben

In unserem Patientenkollektiv ergab sich ein starker Zusammenhang zwischen dem von den Patienten berichteten Grad der Einschränkung von Tätigkeiten und Bedürfnissen des täglichen Lebens und sowohl den mittleren als auch den maximalen Schmerzintensitäten. Der Erfolg der TENS-Behandlung zeigte sich dadurch, daß der vor der Behandlung dominierende Grad 4 der Behinderung (starke Einschränkung) zugunsten von Grad 2 und 3 (geringe bzw. deutliche Einschränkung) in seiner Häufigkeit abnahm. Dieses Ergebnis steht im Einklang mit den Untersuchungen vieler anderer Autoren (FORDYCE et al., 1984; SERLIN et al., 1995; ARNSTEIN et al., 1999; PENNY et al., 1999).

Die Interferenz von Schmerzen mit Parametern wie Aktivität, Stimmung, Schlaf, Bewegung, etc. ist für maximale Schmerzen am stärksten ausgeprägt (SERLIN et al., 1995). Die Nicht-Linearität der Beziehung zwischen der maximalen Schmerzintensi-

tät und der Interferenz von Funktionen, die das tägliche Leben bzw. die Lebensqualität des Patienten determinieren, wies bei Verwendung einer numerischen Rating Scale mit den Endpunkten 0 und 10 als besonders sensible Punkte die Schritte von 4 nach 5 und von 6 nach 7 aus. Mit anderen Worten, eine durch eine wie auch immer geartete Therapie erreichte Reduktion der Schmerzen von der Intensität 5 nach 4 oder von 7 nach 6 bedeutet für den Patienten einen höheren Benefit als z.B. von 4 nach drei oder von 8 nach 7 (SERLIN et al., 1995).

Im vorliegenden Patientenkollektiv verbesserte die TENS-Therapie die Schmerzsituation bei sechs Patienten so weit, daß ihre mäßigen Schmerzen der Kategorie "mild" zugeordnet werden konnten. Insgesamt hatten 50 % des gesamten, diesbezüglich untersuchten Kollektivs am Ende der TENS-Behandlung maximale Schmerzintensitäten unter 5 cm auf der VAS.

FORDYCE et al. (1984) stellten erhebliche Diskrepanzen fest zwischen den von den Patienten angegebenen Schmerzintensitäten und dem Verhalten der Patienten. Die Schmerzintensitäten korrelierten zwar mit dem Grad der Behinderung durch den Schmerz, jedoch nicht mit dem Ausmaß der berichteten Aktivitäten oder der Medikamenteneinnahme.

PENNY et al. (1999) untersuchten in einer großen epidemiologischen Studie 5036 Patienten mit Schmerzen, wobei sie nicht nach Genese, Häufigkeit und Schmerzdauer unterschieden. Die Autoren konnten zeigen, daß sich Patienten mit chronischen Schmerzen vier Gruppen zuordnen lassen: niedrige Invalidität/niedrige Schmerzintensität, niedrige Invalidität/hohe Intensität, hohe Invalidität/mäßige Beschränkung, hohe Invalidität/starke Beschränkung. D.h. es gibt Patienten, die sich von ihren starken Schmerzen nur mäßig eingeschränkt fühlen (VON KORF et al., 1990).

Ein weiterer wichtiger Aspekt bei chronischen Schmerzen ist die Multidimensionalität der Schmerzen. Das Leiden chronischer Schmerzpatienten beschränkt sich nicht auf die Schmerzen allein, sondern umfaßt auch das soziale und psychische Wohlbefinden des Patienten. Patienten sind durch ihre Schmerzen um so stärker belastet, je stärker sie von diesen in ihren gewohnten Aktivitäten und sozialen Unternehmungen eingeschränkt werden (ARNSTEIN et al., 1999). Je stärker der Schmerz ist, desto mehr interferiert er mit familiären Anforderungen, sozialen Aktivitäten, Beschäftigung, etc. und um so stärker zieht er Veränderungen im kognitiven und affektiven Bereich

nach sich, was sich in der zunehmenden Unfähigkeit der Patienten, mit ihren Schmerzen adäquat umzugehen, und in Depressionen äußert. Nach ARNSTEIN et al. (1999) muß eine Therapie bei chronisch Schmerzkranken neben der Schmerzreduktion auch ein Training der Fähigkeiten des Patienten, mit seinen Schmerzen umzugehen, enthalten. Auch die Verbesserung der Mobilität des Patienten durch physikalische Maßnahmen führt zu einer Reduktion von Invalidität und Depression (PFINGSTEN et al., 1997).

Nach den Untersuchungen von CROMBEZ et al. (1999) ist nicht die Schmerzintensität selbst entscheidend für Invalidität und funktionelle Einschränkung, sondern die Angst vor dem Schmerz. Patienten schränken ihre physischen Möglichkeit selbst ein, da sie fürchten, ihren Schmerz zu verstärken. Solche Patienten weisen erhebliche Diskrepanzen zwischen tatsächlichem Schmerz und bei einer Aktivität erwartetem Schmerz auf, wobei der erwartete, nicht der erfahrene Schmerz das Verhalten des Patienten bestimmt (CROMBEZ et al., 1999). Auch in unserem Patientenkollektiv gab es Patienten, bei denen der im STB vermerkte Grad der Einschränkung höher war, als die mittlere oder maximale Schmerzintensität erwarten ließ. Umgekehrt fanden sich Patienten, die trotz starker Schmerzen nur mäßig in ihrer Funktionalität eingeschränkt waren.

Kein Einfluß der TENS-Behandlung zeigte sich auf die Häufigkeit der sonstigen Beschwerden wie Müdigkeit, Niedergeschlagenheit, Übelkeit etc. Diese sonstigen Beschwerden waren in ihrer Häufigkeit weder mit den mittleren noch mit den maximalen Schmerzintensitäten korreliert. Am Ende der Behandlung ergab sich ein schwacher Zusammenhang zwischen der Häufigkeit sonstiger Beschwerden und den mittleren sowie den maximalen Schmerzintensitäten. Das Auftreten dieser Korrelation könnte auf die gesteigerte Aufmerksamkeit des Patienten durch das Führen des STB zurückzuführen sein.

5.4 Fazit

Die Anwendung der TENS führte bei einigen Patienten zu guten bis sehr guten Erfolgen (Responder), während andere Patienten aus dieser Therapiemethode keinen Gewinn zogen (Nonresponder). Dieses Ergebnis steht im Einklang mit der Literatur und ist für eine Methode der Bekämpfung chronischer Schmerzen zu erwarten. Es wurden jedoch eine Reihe von Einflußfaktoren identifiziert, die die Chance eines positiven Behandlungseffektes zu vergrößern scheinen. So wirkten sich eine lange Behandlungsdauer, männliches Geschlecht, höheres Alter, höhere Schmerzintensität sowie eine Behandlungsfrequenz von 30-60 Hz positiv auf den Behandlungserfolg aus. Da 50 % der behandelten Patienten dieser Studie am Ende der Behandlung eine Schmerzreduktion von mindestens einer VAS-Einheit verzeichneten, lohnt sich der versuchsweise Einsatz von TENS bei jedem Patienten, zumal die TENS-Anwendung bei Beachtung der Kontraindikationen bis auf ein gelegentliches Auftreten von Hautirritationen weitgehend nebenwirkungsfrei ist. Die beeindruckende Verbesserung der Schmerzsituation einiger Patienten rechtfertigt den hohen Aufwand, den der Therapeut zumindest zu Beginn der Behandlung für Einweisung, Training und Motivationserhalt des Patienten aufbringen muß.

6. Zusammenfassung

In einer 63 Patienten umfassenden offenen, nicht-randomisierten Therapiestudie wurde untersucht, ob bei Patienten mit chronischen Schmerzen unterschiedlicher Ursache durch die Behandlung mit Transkutane Elektrische Nervenstimulation (TENS) kurzfristig (3 Tage Behandlung) und längerfristig (mehrere Wochen Behandlung) eine Besserung ihrer Schmerzsituation erreicht wird. Weiter war von Interesse, ob sich durch den Einfluß verschiedener patientenspezifischer Parameter wie Patientenalter, Patientengeschlecht, Behandlungsdauer, Schmerzdauer und Schmerzstärke und dem behandlungsspezifischen Parameter Frequenz Unterschiede im Behandlungserfolg mit TENS ergeben. Die Studie wurde 1990 in der Schlierbacher Schmerzambulanz durchgeführt.

Kriterien für die Aufnahme in die Studie waren für eine Selbsttherapie und Schmerzdokumentation ausreichende intellektuelle Fähigkeiten des Patienten und die Zustimmung zur Teilnahme. Die Allgemein- und Schmerzanamnese wurde mittels des Fragebogens für Schmerzpatienten erhoben. Nach gründlicher Einweisung in den Umgang mit TENS und ersten Anwendungen in Anwesenheit des Therapeuten wendete der Patient TENS zu Hause selbständig an. Der Verlauf der Therapie sowie zusätzliche Therapien und Aktivitäten des Patienten zur Schmerzreduktion wurde mittels Heidelberger Schmerztagebuch (STB) dokumentiert, das eine Visuelle Analogskala von 10 cm Länge zur Messung der Schmerzintensitäten verwendet. Als Behandlungserfolg wurde eine Reduktion der mittleren und/oder der maximalen Schmerzintensitäten um mindestens eine VAS-Einheit (= 1 cm) gegenüber dem Schmerzwert vor Behandlung gewertet.

Von den 63 Patienten führten nur 44 (70 %) ihr STB in einer für eine statistische Auswertung ausreichenden Qualität. Von diesen 44 Patienten erreichten 50 % am Ende der TENS-Behandlung ein positives Therapieresultat. Unmittelbar nach Einschalten des Gerätes verzeichneten 20 % der Behandelten eine Schmerzreduktion um mindestens 1 VAS-Einheit, bei dreitägiger Anwendung betrug der Prozentsatz der Patienten mit einem Behandlungserfolg 33 %. Die Anwendung der TENS führte bei einigen Patienten zu guten bis sehr guten Erfolgen (Responder), während andere Patienten aus dieser Therapiemethode keinen Gewinn zogen (Nonresponder).

Die Behandlungsdauer erwies sich als signifikanter Einflußfaktor auf den Behandlungserfolg. Von den Patienten, die fünf Wochen und länger behandelten, erfuhren alle eine Schmerzreduktion von mindestens einer VAS-Einheit, sowohl bezüglich ihrer mittleren als auch ihrer maximalen Schmerzintensitäten. Auch die Dauer der Schmerzen erwies sich in der vorliegenden Studie als eine wichtige Einflußgröße. Patienten mit einer Schmerzdauer von mehr als einem Jahr verzeichneten signifikant stärkere Schmerzreduktionen als solche mit kürzerer Schmerzdauer. Hingegen machte sich ein Einfluß der Schmerzstärke vor Beginn der Behandlung vor allem in den Kurzzeiterfolgen (nach drei Behandlungstagen) bemerkbar. Die Patienten mit starken Schmerzen erfuhren eine signifikante Reduktion ihrer Schmerzen, die jedoch bei Weiterführung der Behandlung auf ihrem Niveau verblieb, während die Behandlungserfolge in den Gruppen mit milden und mäßigen Schmerzen noch in Anzahl und Ausprägung zunahmen. Einen starken Einfluß auf das Behandlungsergebnis hatte das Patientengeschlecht. Die TENS-Therapie führte bei Männern zu einer signifikanten Schmerzreduktion, während nur wenige Frauen von der Behandlung profitierten. Neben dem Patientengeschlecht spielte auch das Patientenalter eine gewisse Rolle für den Therapieerfolg. Die meisten Patienten mit einer Schmerzreduktion von mindestens einer VAS-Einheit fanden sich in der ältesten Patientengruppe. Der Vergleich der unterschiedlichen Frequenzen als behandlungsspezifischer Parameter ergab keine eindeutigen Vorteile der Anwendung von TENS einer bestimmten Frequenz. Ein starker Zusammenhang ergab sich zwischen dem Grad der Behinderung des Patienten durch seine Schmerzen und der Schmerzintensität.

Das Ergebnis der vorliegenden Studie zeigt, daß sich der versuchsweise Einsatz von TENS bei jedem Patienten lohnt, zumal die TENS-Anwendung bei Beachtung der Kontraindikationen bis auf ein gelegentliches Auftreten von Hautirritationen weitgehend nebenwirkungsfrei ist. Die beeindruckende Verbesserung der Schmerzsituation einiger Patienten rechtfertigt den hohen Aufwand, den der Therapeut zumindest zu Beginn der Behandlung für Einweisung, Training und Motivationserhalt des Patienten aufbringen muß.

7. LITERATURVERZEICHNIS

Andersson, S.A., Hansson, G., Holmgren, E., Renberg, O. (1976):
Evaluation of the pain suppressive effect of different frequencies of peripheral electrical stimulation in chronic pain conditions.
Acta orthop scand 47:149-157.

Arnstein, P., Caudill, M., Mandle, C.L., Norris, A., Beasley, R. (1999):
Self efficacy as a mediator of the relationship between pain intensity, disability and depression in chronic pain patients.
Pain 80:483-491.

Bartok, R.E., Craft, R.M. (1997):
Sex differences in opioid antinociception.
J Pharmacol Exp Ther 282:769-778.

Berkley, K.J. (1997):
Sex differences in pain.
Behav Brain Sci 20:371-380.

Börjesson, M., Philhall, M., Eliasson, T., Norrsell, H., Mannheimer, C., Rolny, P. (1998):
Esophageal visceral pain sensitivity. Effects of TENS and correlation with manometric findings.
Dig Dis Sci 43:1621-1628.

Bremerich, A., Wiegel, W., Thein, T., Dietze, T. (1988):
Transcutaneous electric nerve stimulation (TENS) in the therapy of chronic facial pain.
J Cranio Max-Fac Surg 16:379-381.

Breivik, E.K., Skoglund, L.A. (1998):
Comparison of present pain intensity assessments on horizontally and vertically oriented visual analog scales.
Meth Find Exp Clin Pharmacol 20:719-724.

Bryant, R.A. (1993):
Memory for pain and affect in chronic pain patients.
Pain 54:347-351.

Cassuto, J., Liss, S., Bennett, A. (1993):
The use of modulated energy carried on a high frequency wave for the relief of intractable pain.
Int J Clin Pharm Res XIII:239-241.

Carlsson, A.M. (1983):
Assessment of chronic pain. I. Aspects of the reliability and validity of the Visual Analog Scale.
Pain 16:87-101.

Chan, C.W.Y., Tsang, H. (1987):
Inhibition of the human flexion reflex by low intensity, high frequency transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) has a gradual onset and offset.
Pain 28:239-253.

Chapman, S.L., Brena, S.F., Bradford, L.A. (1981):
Treatment outcome in a chronic pain rehabilitation program.
Pain 11:255-268.

Chauhan, A., Mullins, P.A., Thuraisingham, S.I., Taylor, G., Petch, M.C., Schofield, P.M. (1994):
Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation on coronary blood flow.
Circulation 89:694-702.

Cicero, T.J., Nock, B., Meyer, E.R. (1996):
Gender-related differences in the antinociceptive properties of morphine.
J Pharmacol Exp Ther 279:767-773.

Conno De, F., Caraceni, A., Gamba, A., Mariani, L., Abbattista, A., Brunelli, C., La Mura, A., Ventafridda, V. (1994):
Pain measurement in cancer patients: a comparison of six methods.
Pain 57:161-166.

Crombez, G., Vlaeyen, J.W.S., Heuts, P.H.T.G., Lysens, R. (1999):
Pain-related fear is more disabling than pain itself: evidence on the role of pain-related fear in chronic back pain disability.
Pain 80:329-339.

Crook, J., Rideout, E., Browne, G. (1984):
The prevalence of pain complaints in a general population.
Pain 18:299-314.

Deyo, R.A., Walsh, N.E., Martin, D.C., Schoenfeld, L.S., Ramamurthy, S. (1990):
A controlled trial of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) and exercise for chronic low back pain.
New Engl J 322:1627:1634.

Dickhaus, H., Pauser, G., Zimmermann, M. (1978):
Hemmung im Rückenmark, ein neurophysiologischer Wirkungsmechanismus bei der Hypalgesie durch Stimulationsakupunktur.
Wiener klinische Wochenschrift Jg. 90:59-64.

Duncan, G.H., Bushnell, M.C., Lavigne, G.J. (1989):
Comparison of verbal and visual analogue scales for measuring the intensity and unpleasantness of experimental pain.
Pain 37:295-303.

Dunckelmann, H.H. (1995):
Die Bedeutung der Mitarbeit des Schmerzpatienten für den Therapieerfolg unter
Transkutaner Elektrischer Nervenstimulation (TENS).
Med. Dissertation, Universität Heidelberg.

Dworkin, R.H., Richlin, D.M., Handlin, D.S., Brand, L. (1986):
Predicting treatment response in depressed and non-depressed chronic pain
patients.
Pain 24:343-353.

Eich, E., Reeves, J.L., Jaeger, B., Graff-Radford, S.B. (1985):
Memory for Pain: Relation between past and present pain intensity.
Pain 23:375-379.

Ekblom, A., Hansson, P. (1985):
Extrasegmental transcutaneous electrical nerve stimulation and mechanical vibratory
stimulation as compared to placebo for the relief of acute oro-facial pain.
Pain 23:223-229.

Emanuelsson, H., Mannheimer, C., Waagstein, F., Wilhelmsson, C. (1987):
Catecholamine metabolism during pacing-induced angina pectoris and the effect of
transcutaneous electrical nerve stimulation.
Am Heart J 114:1360-1366.

Erskine, A., Morley, S., Pearce, S. (1990):
Memory for pain: a review.
Pain 41:255-265.

Fargas-Babjak, A., Rooney, P., Gerecz, E. (1989):
Randomized trial of Codetron for pain control in osteoarthritis of the hip/knee.
Clin J Pain 5:137-141.

Feine, J.S., Bushnell, M.C., Miron, D., Duncan, G.H. (1991):
Sex differences in the perception of noxious heat stimuli.
Pain 44:255-262.

Fillingim, R.B., Maixner, W., Kincaid, S., Silva, S. (1998):
Sex differences in temporal summation but not sensory-discriminative processing of
thermal pain.
Pain 75:121-127.

Findley, I., Chamberlain, G. (1999):
ABC of labor care. Relief of pain.
Brit Med J 318:927-930.

Flax, H.J. (1964):
Ultrasound treatment of peritendinitis calcarea of the shoulder.
Am J Phys Med 43:117-124.

Flöter, Th. (1986):
Transkutane elektrische Nervenstimulation (TENS). Wirksamkeit der Heimtherapie in Abhängigkeit von der Anwendungshäufigkeit.
Therapiewoche 36:4456-4459.

Follick, M.J., Ahern, D.K., Laser-Wolston, N. (1984):
Evaluation of a daily activity diary for chronic pain patients.
Pain 19:373-382.

Fordyce, W., McMahon, R., Rainwater, G., Jackins, S., Questad, K., Murphy, T., de Lateur, B. (1981):
Pain complaint-exercise performance relationship in chronic pain.
Pain 10:311-321.

Fordyce, W.E., Lansky, D., Calsyn, D.A., Shelton, J.L., Stolov, W.C., Rock, D.L. (1984):
Pain measurement and pain behaviour.
Pain 18:53-69.

Forst, T., Pfützner, A., Bauersachs, R., Arin, M., Bach, B., Biehlmaier, H., Küstner, E., Beyer, J. (1997):
Comparison on the microvascular response of transcutaneous electrical nerve stimulation and postocclusive ischemia in the diabetic foot.
J Diab Comp 11:291-297.

Forster, E.L., Kramer, J.F., Lucy, S.D., Scudds, R.A., Novick, R.J. (1994):
Effect of TENS on pain, medications, and pulmonary function following coronary artery bypass graft surgery.
Chest 106:1343-1348.

Fracchinetti, F., Sandrini, G., Petraglia, F., Alfonsi, E., Nappi, G., Genazzani, A.R. (1984):
Concomitant increase in nociceptive flexion reflex threshold and plasma opioids following transcutaneous nerve stimulation.
Pain 19:295-303.

France, G.R., Suchowiecki, S. (1999):
A comparison of diffuse noxious inhibitory controls in men and women.
Pain 81:77-84.

Freeman, T.B., Campbell, J.N., Long, D.M. (1983):
Naloxone does not affect pain relief induced by electrical stimulation in man.
Pain 17:189-195.

Garrison, D.W., Foreman, R.D. (1994):
Decreased activity of spontaneous and noxiously evoked dorsal horn cells during transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS).
Pain 58:309-315.

Garrison, D.W., Foreman, R.D. (1996):

Effects of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) on spontaneous and noxiously evoked dorsal horn cell activity in cats with transected spinal cords.
Neuroscience Letters 216:125-128.

Ghanome, E.A., Craig, W.F., White, P.F., Ahmed, H.E., Hamza, M.A., Henderson, B.N., Gajraj, N.M., Huber, P.J., Gatchel, R.J. (1999):

Percutaneous electrical nerve stimulation for low back pain.
JAMA 281: 818-823.

Goldberg, R.J., O'Donnell, C., Yarzebski, J., Bigelow, C., Savageau, J., Gore, J.M. (1998):

Sex differences in symptom presentation associated with acute myocardial infarction: A population-based perspective.
Am Heart J 136:189-195.

Gracely, R.H., Dubner, R., Deeter, W.R., Wolskee, P.J. (1985):

Clinicians' expectations influence placebo analgesia.
The Lancet January 5:43.

Graff-Radford, S.B., Reeves, J.L., Baker, R.L., Chiu, D. (1989):

Effects of transcutaneous electrical nerve stimulation on myofascial pain and trigger point sensitivity.
Pain 37:1-5.

Guieu, R., Tardy-Gervet, M.F., Blin, O., Pouget, J. (1990):

Pain relief achieved by transcutaneous electrical nerve stimulation and/or vibratory stimulation in a case of painful legs and moving toes.
Pain 42:43-48.

Härkäpää, K., Järvikoski, A., Mellin, G., Hurri, H., Luoma, J. (1991):

Health locus of control beliefs and physiological distress as predictors for treatment outcome in low-back pain patients: results of a 3-month follow-up of a controlled intervention study.
Pain 46:35-41.

Haley, W.E., Turner, J.A., Romano, J.M. (1985):

Depression in chronic pain patients: relations to pain, activity, and sex differences.
Pain 23:337-343.

Hansson, P., Ekblom, A., Thomsson, M., Fjellner, B. (1986):

Influence of naloxone on relief of acute oro-facial pain by transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) or vibration.
Pain 24:323-329.

Hansson, P., Ekblom, A., Thomsson, M., Fjellner, B. (1989):

Pain development and consumption of analgesics after oral surgery in relation to personality characteristics.
Pain 37:271-277.

Hashish, I., Hai, H.K., Wilson, H., Feinmann, C., Harris, M. (1988):
Reduction of postoperative pain and swelling by ultrasound treatment: a placebo effect.
Pain 33:303-311.

Hautvast, R.W.M., DeJongste, M.J.L., Ter Horst, G.J., Blanksma, P.K., Lie, K.I. (1996):
Angina pectoris refractory for conventional therapy - is neurostimulation a possible alternative treatment?
Clin Cardiol 19:531-535.

Helme, R.D., Katz, B. (1993):
Management of chronic pain.
Med J Aust 158:478-481.

Herman, E., Williams, R., Stratford, P., Fargas-Babjak, A., Trott, M. (1994):
A randomized controlled trial of transcutaneous electrical nerve stimulation (CODETRON) to determine its benefits in a rehabilitation program for acute occupational low back pain.
Spine 19:561-568.

Hildebrandt, J., Pfingsten, M., Ensink, F.B. (1993):
Die Problematik der Therapie von Rückenschmerzen.
Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 28:148-155.

Jamison R.N., Brown, G.K. (1991):
Validation of hourly pain intensity profiles with chronic pain patients.
Pain 45:123-128.

Jamison, R.N., Sbrocco, T., Parris, W.C.V. (1989):
The influence of physical and psychosocial factors on accuracy of memory for pain in chronic pain patients.
Pain 37:289-294.

Jensen, M.P., Karoly, P., Braver, S. (1986):
The measurement of clinical pain intensity: a comparison of six methods.
Pain 27:117-126.

Jensen, R., Rasmussen, B.K., Pedersen, B., Lous, I., Olesen, J. (1992):
Cephalic muscle tenderness and pressure pain threshold in a general population.
Pain 48:197-203.

Jensen, I., Nygren, Å., Gamberale, F., Goldie, I., Westerholm, P. (1994):
Coping with long-term musculoskeletal pain and its consequences: is gender a factor?
Pain 57:167-172.

Jensen, M.P., Turner, L.R., Turner, J.A., Romano, J.M. (1996):
The use of multiple-item scales for pain intensity measurement in chronic pain patients.
Pain 67:35-40.

Johnson, L.R., Magnani, B., Chan, V., Ferrante, F.M. (1989):
Modifiers of patient-controlled analgesia efficacy. I. Locus of control.
Pain 39:17-22.

Johnson, M.I., Ashton, C.H., Bousfield, D.R., Thompson, J.W. (1989):
Analgesic effects of different frequencies of transcutaneous electrical nerve stimulation on cold-induced pain in normal subjects.
Pain 39:231-236.

Johnson, M.I., Ashton, C.H., Thompson, J.W. (1991a):
An in-depth study of long-term users of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS). Implications for clinical use of TENS.
Pain 44:221-229.

Johnson, M.I., Ashthon, C.H., Thompson, J.W. (1991b):
The consistency of pulse frequencies and pulse patterns of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) used by chronic pain patients.
Pain 44:231-235.

Kaada, B. (1982):
Vasodilation induced by transcutaneous nerve stimulation in peripheral ischemia (Raynaud's phenomenon and diabetic polyneuropathy).
Eur Heart J 3:303-314.

Kane, K., Taub, A. (1975):
A history of local electrical analgesia.
Pain 1:125-138.

Katims, J.J., Long, D.M., Ng, L.K.Y. (1986):
Transcutaneous nerve stimulation. Frequency and waveform specificity in humans.
Appl Neurophysiol 49:86-91.

Kiss, I., Müller, H., Abel, M. (1987):
The McGill Pain Questionnaire - German version. A study on cancer pain.
Pain 29:195-207.

Korff von, M., Dworkin, S.F., Le Resche, L. (1990):
Graded chronic pain status: an epidemiologic evaluation.
Pain 40:279-291.

Kremer, E., Atkinson, J.H., Ignelzi, R.J. (1981):
Measurement of pain patient preference does not confound pain measurement.
Pain 10:241-248.

Kruppa, G., Bernau A. (1988):

Transkutane elektrische Nervenstimulation (TENS) - Geräteübersicht und Anwendererfahrung.
orthop Praxis 3 (ohne Seitenzahlen).

Kumar, D., Marshall, H.J. (1997):

Diabetic peripheral neuropathy: Amelioration of pain with transcutaneous electrostimulation.
Diabetes Care 20:1702-1705.

Lampl, C., Kreczi, R., Klingler, D. (1998):

Transcutaneous electrical nerve stimulation in the treatment of chronic pain: Predictive factors and evaluation of the method.
Clin J Pain 14:134-142.

Lapeer, G.L. (1986):

High-intensity transcutaneous nerve stimulation at the Hoku acupuncture point for relief of muscular headache pain.
J Craniomandibular Pract 4:165-171.

Lautenbacher, S., Rollman, G.B. (1993):

Sex differences in responsiveness to painful and non-painful stimuli are dependent upon the stimulation method.
Pain 53:255-264.

Leem, H.W., Park, E.S., Paik, K.S. (1995):

Electrophysiological evidence for the antinociceptive effect of transcutaneous electrical stimulation on mechanically evoked responsiveness of dorsal horn neurons in neuropathic rats.
Neuroscience Letters 182:197-200.

Lehmann, T.R., Russell, D.W., Spratt, K.F., Colby, H., Liu, Y.K., Fairchild, M.L., Christensen, S. (1986):

Efficacy of electropuncture and TENS in the rehabilitation of chronic low back pain patients.
Pain 26:277-290.

Leijon, G., Boivie, J. (1989):

Central post-stroke pain - the effect of high and low frequency TENS.
Pain 38:187-191.

Levine, J.D., Gordon, N.C., Fields, H.L. (1978):

The mechanism of placebo analgesia.
The Lancet September 23:654-657.

Lewis, D., Lewis, B., Sturrock, RD (1984):

Transcutaneous electrical nerve stimulation in osteoarthritis: a therapeutic alternative?
Ann Rheum Dis 43:47-49.

Lim, A.T., Edis, G., Kranz, H., Mendelson, G., Selwood, T., Scott, D.F. (1983):
Postoperative pain control: Contribution of psychological factors and transcutaneous electrical stimulation.
Pain 17:179-188.

Lindström, I., Öhlund, C., Eek, C., Wallin, L., Peterson, L.E., Fordyce, W.E.,
Nachemson, A.L. (1992):
The effect of graded activity on patients with subacute low back pain: a randomized prospective clinical study with an operant-conditioning behavioural approach.
Phys Ther 72:279-293.

Linton, S.J., Melin, L. (1982):
The accuracy of remembering chronic pain.
Pain 13:281-285.

Mannheimer, C., Carlsson, C.A. (1979):
The analgesic effect of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) in patients with rheumatoid arthritis. A comparative study of different pulse patterns.
Pain 6:329-334.

Mannheimer, C., Carlsson, C.A., Emanuelsson, H., Vedin, A., Waagstein, F.,
Wilhelmsson, C. (1985):
The effects of transcutaneous electrical nerve stimulation in patients with severe angina pectoris.
Circulation 71:308-316.

Mannheimer, C., Carlsson, C.A., Vedin, A., Wilhelmsson, C. (1986):
Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) in angina pectoris.
Pain 26:291-300.

Mannheimer, C., Emanuelsson, H., Waagstein, F., Wilhelmsson, C. (1989):
Influence of naloxone on the effect of high frequency transcutaneous electrical nerve stimulation in angina pectoris induced by atrial pacing.
Br Heart J 62:36-42.

Marchand, S., Charest, J., Li, J., Chenard, J.R., Lavignolle, B. (1993):
Is TENS purely a placebo effect? A controlled study on chronic low back pain.
Pain 54:99-106.

Margolis, R.B., Zimny, G.H., Millier, D., Taylor, J.M. (1984):
Internists and the chronic pain patient.
Pain 20:151-156.

Magnani, B., Johnson, L.R., Ferrante, F.M. (1989):
Modifiers of patient-controlled analgesia efficacy. II. Chronic pain.
Pain 39:23-39.

Melzack, R., Wall, P.D. (1965):
Pain mechanisms: A new theory.
Science 150:971-979.

Meng, A. (1998):
Akupunkturtherapie mit TENS bei chronischen Schmerzen an der neurologischen Schmerz-Akupunkturambulanz im Krankenhaus der Stadt Wien Lainz.
Wien Med Wschr 148:443-446.

Meyler, W.J., de Jongste, M.J.L., Rolf, C.A.M. (1994):
Clinical evaluation of pain treatment with electrostimulation: A study on TENS in patients with different pain syndromes.
Clin J Pain 10:22-27.

Milsom, I., Hedner, N., Mannheimer, C. (1994):
A comparative study of the effect of high-intensity transcutaneous nerve stimulation and oral naproxen on intrauterine pressure and menstrual pain in patients with primary dysmenorrhea.
Am J Obstet Gynecol 170:123-129.

Olausson, B., Eriksson, E., Ellmarker, L., Rydenhag, B., Shyu, B.-C., Andersson, S.A. (1986):
Effects of naloxone on dental pain threshold following muscle exercise and low frequency transcutaneous nerve stimulation: a comparative study in man.
Acta Physiol Scand 126:299-305.

Paulson, P.E., Minoshima, S., Morrow, T.J., Casey, K.L. (1998):
Gender differences in pain perception and patterns of cerebral activation during noxious heat stimulation in humans.
Pain 76:223-229.

Penny, K.I., Purves, A.M., Smith, B.H., Chambers, W.A., Smith, W.C. (1999):
Relationship between the chronic pain grade and measures of physical, social and psychological well-being.
Pain 79:275-279.

Pfeifer, M.A., Ross, D.R., Schrage, J.P., Gelber, D.A., Schumer, M.P., Crain, G.M., Markwell, S.J., Jung, S. (1993):
A highly successful and novel model for treatment of chronic painful diabetic peripheral neuropathy.
Diabetes Care 16:1103-1115.

Pfingsten, M., Hildebrandt, J., Leibing, E., Franz, C., Saur, P. (1997):
Effectiveness of a multimodal treatment program for chronic low-back pain.
Pain 74:77-85.

Piguet, V., Desmeules, J., Allaz, A.F., Kondo-Oestreicher, M., Constantin, C., Schaerer, G., Cedraschi, C., Dayer, P. (1998):
Influence du sexe sur la plainte douloureuse.
Schweiz Med Wochenschr 128:1949-1952.

Ploeg van der, J.M., Vervest, H.A.M., Liem, A.L., Schagen van Leeuwen, J.H. (1996):
Transcutaneous nerve stimulation (TENS) during the first stage of labour: a
randomized clinical trial.
Pain 68: 75-78.

Radvila, A., Adler, R.H., Galeazzi, R.L., Vorkauf, H. (1987):
The development of a German language (Berne) pain questionnaire and its
application in a situation causing acute pain.
Pain 28:185-195.

Riley III, J.L., Gilberg, G.H., Heft, M.W. (1998a):
Orofacial pain symptom prevalence: selective sex differences in the elderly?
Pain 76:97-104.

Riley III, J.L., Robinson, M.E., Wise, E.A., Myers, C.D., Fillingim, R.B. (1998b):
Sex differences in the perception of noxious experimental stimuli: a meta-analysis.
Pain 74:181-187.

Robinson, M.E., Riley III, J.L., Brown, F.F., Gremillion, H. (1998):
Sex differences in response to cutaneous anesthesia: a double blind randomized
study.
Pain 77:143-149.

Roche, P.A., Gijsbers, K., Belch, J.J.F., Forbes, C.D. (1985):
Modification of haemophilic haemorrhage pain by transcutaneous electrical nerve
stimulation.
Pain 21:43-48.

Roman, M.P.A. (1960):
Clinical evaluation of ultrasound by use of a placebo technique.
Phys Ther Rev 40:649-652.

Rooney, S.-M., Jain, S., McCormack, P., Bains, M.S., Martini, N., Goldiner, P.L.
(1986):
A comparison of pulmonary function tests for postthoracotomy pain using
cryoanalgesia and transcutaneous nerve stimulation.
Ann Thorac Surg 41:204-207.

Sachs, L. (1992):
Angewandte Statistik.
Siebente, völlig neu bearbeitete Aufl. Springer, Berlin, Heidelberg, New York etc.

Salar, G., Job, I., Mingrino, S., Bosio, A., Trabucchi, M. (1981):
Effect of transcutaneous electrotherapy on CSF β -endorphin content in patients
without pain problems.
Pain 10:169-172.

Samanta, A., Beardsley, J. (1999):
Low back pain: which is the best way forward?
Brit Med J 318:1122-1123.

Schlapbach, P. (1991):
Transkutane Elektroneurostimulation (TENS) zur Behandlung akuter Schmerzen:
Placebo oder wirksames Analgetikum?
Extracta orthopaedica, Jg. 14, Heft 7/8:17-23.

Schoebel, F.C., Frazier, H., Jessurun, G.A.J., De Jongste, M.J.L., Kadipasaoglu,
K.A., Jax, T.W., Heintzen, M.P., Cooley, D.A., Strauer, B.E., Leschke, M. (1997):
Refractory angina pectoris in end-stage coronary artery disease: Evolving therapeutic
concepts.
Am Heart J 134:587-602.

Schülin, C., Seemann, H., Zimmermann, M. (1989):
Erfahrungen mit der Anwendung von Schmerztagebüchern in der ambulanten
Versorgung von Patienten mit chronischen Schmerzen.
Der Schmerz 3:133-139.

Scott, J., Huskisson, E.C. (1976):
Graphic representation of pain.
Pain 2:175-184.

Seemann, H. (1987):
Anamnesen und Verlaufsprotokolle chronischer Schmerzen für die Praxis - Ein
Überblick.
Der Schmerz 1:3-12.

Serlin, R.C., Mendoza, T.R., Nakamura, Y., Edwards, K.R., Cleeland, C.S. (1995):
When is cancer pain mild, moderate or severe? Grading pain severity by its
interference with function.
Pain 61:277-284.

Seymour, R.A., Simpson, J.M., Charlton, J.E., Phillips, M.E. (1985):
An evaluation of length and end-phrase of Visual Analog Scales in dental pain.
Pain 21:177-185.

Simmonds, M.J., Kumar, S. (1994):
Pain and the placebo in rehabilitation using TENS and laser.
Disability and Rehabilitation 16:13-20.

Sluka, K.A., Bailey, K., Bogush, J., Olson, R., Ricketts, A. (1998):
Treatment with either high or low frequency TENS reduces the secondary hyperalgesia observed after injection of kaolin and carrageenan into the knee joint.
Pain 77:97-102.

Sluka, K.A., Deacon, M., Stibal, A., Strissel, S., Terpstra, A. (1999):
Spinal blockade of opioid receptors prevents the analgesia produced by TENS in arthritic rats.
J Pharmacol Exp Ther 289:840-846.

Smith, C.M., Guralnick, M.S., Gelfand, M.M., Jeans, M.E. (1986):
The effects of transcutaneous electrical nerve stimulation on post-cesarean pain.
Pain 27: 181-193.

Smith, W.B., Safer, M.A. (1993):
Effects of present pain level on recall of chronic pain and medication use.
Pain 55:355-361.

Smith, W.B., Gracely, R.H., Safer, M.A. (1998):
The meaning of pain: cancer patients' rating and recall of pain intensity and affect.
Pain 78:123-129.

Taylor, P., Hallett, M. Flaherty, L. (1981):
Treatment of osteoarthritis of the knee with transcutaneous electrical nerve stimulation.
Pain 11:233-240.

Tulgar, M., McGlone, F., Bowsher, D., Miles, J.B. (1991a):
Comparative effectiveness of different stimulation modes in relieving pain. Part I. A pilot study.
Pain 47:151-155.

Tulgar, M., McGlone, F., Bowsher, D., Moles, J.B. (1991b):
Comparative effectiveness of different stimulation modes in relieving pain. Part II. A double-blind controlled long-term clinical trial.
Pain 47:157-162.

Turner Norvell, K., Gaston-Johansson, F., Fridh, G. (1987):
Remembrance of labor pain: how valid are retrospective pain measurements?
Pain 31:77-86.

Unruh, A.M. (1996):
Gender variations in clinical pain experience.
Pain 65:123-167.

Urasaki, E., Wasa, S.-I., Yasukouchi, H., Yokoto, A. (1998):
Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) on central nervous system amplification of somatosensory input.
J Neurol 245:143-148.

Urban, B.J., Keefe, F.J., France, R.D. (1984):
A study of psychophysical scaling in chronic pain patients.
Pain 20:157-168.

Wallace, L.M. (1985):
Surgical patients' expectations of pain and discomfort: Does accuracy of expectations minimize post-surgical pain and distress?
Pain 23:363-373.

Walsh, D.M., Liggett, C., Baxter, D., Allen, J.M. (1995):
A double-blind investigation of the hypoalgesic effects of transcutaneous electrical nerve stimulation upon experimentally induced ischaemic pain.
Pain 61:39-45.

Widerström, E.G., Åslund, P.G., Gustafsson, L.-E., Mannheimer, C., Carlsson, S.G., Andersson, S.A. (1992):
Relations between experimentally induced tooth pain threshold changes, psychometrics and clinical pain relief following TENS. A retrospective study in patients with long-lasting pain.
Pain 51:281-287.

Wilder-Smith, P., Zimmermann, M. (1989):
Analgesie mittels transkutaner elektrischer Nervenstimulation (TENS).
Schweiz Monatsschr Zahnmed 99:653-657.

Willer J.C. (1988):
Relieving effect of TENS on painful muscle contraction produced by an impairment of reciprocal innervation: an electrophysiological analysis.
Pain 32:271-274.

Wit de, R., van Dam, F., Hanneman, M., Zandbelt, L., van Buuren, A., van der Heijden, K., Leenhouts, G., Loonstra, S., Huijjer Abu-Saad, H. (1999):
Evaluation of the use of a pain diary in chronic cancer patients at home.
Pain 79:89-99.

Wood, M.R., Hunter, G.A., Millstein, S.G. (1987):
The value of revision surgery after initial amputation of an upper or lower limb.
Prosthetics and Orthotics International 11:17-20.

Zimmermann, M. (1979):
Neurophysiology of nociception, pain, and pain therapy.
Advances in Pain Research and Therapy 2:13-29.

Zhou, G.Z., Xi, G.-F. (1986):
Comparison between transcutaneous nerve stimulation analgesic effect and electropuncture analgesic effect in rabbits.
Acupuncture & Electro-Therapeutics Res Int J 11:119-125.

8. ANHANG

8.1 Fragebogen für Schmerzpatienten

Fragebogen für Schmerzpatienten

Schmerztherapeutische Einrichtung:

**Stiftung
Orthopädische Universitätsklinik
Heidelberg
Schmerzambulanz**

Patienten-Nr.:

Alter: Geschlecht: männlich; weiblich

1) Wegen welcher Schmerzen kommen Sie zur Behandlung?

2) Seit wann haben Sie diese Schmerzen?

- seit einigen Tagen seit einigen Wochen
 seit einigen Monaten seit Jahren, wie viele:

Falls bekannt, Monat und Jahr des Schmerzbeginns angeben:

3) Wie wurden Ihre Schmerzen bisher behandelt?

- Medikamente
- Operation
- Nervenblockaden
- Injektionen
- Infusionen
- lokale Einspritzungen in das Schmerzgebiet
- Akupunktur
- Psychotherapie
- Autogenes Training
- Biofeedback
- Elektische Nervensimulation
- Krankengymnastik
- Massage
- Bäder
- Packungen
- Mikrokamrenenzug
- Kuren
- Heilschlaf
- Chiropraktik
- Röntgenbestrahlung
- andere Bestrahlungen

Andere Therapien:

4) Von wem wurden Sie bisher wegen Ihrer Schmerzen untersucht und/oder behandelt?

- Praktischer Arzt
- Schmerztherapeutische Einrichtung
- Internist
- Orthopäde
- Chirurg
- Neurochirurg
- Andere:
- Anaesthetist
- Neurologe
- Psychiater
- Psychologe
- Zahnarzt
- Kieferchirurg
- Frauenarzt
- Augenarzt
- HNO-Arzt
- Hautarzt
- Urologe
- Radiologe
- Heilpraktiker

Wie viele Ärzte haben Sie bisher wegen Ihrer Schmerzen konsultiert?

5) Welche Krankenhaus- und Kuraufenthalte hatten Sie wegen Ihrer Schmerzen?

wo: wofür: wie lange:
wo: wann: wie lange:
wo: wann: wie lange:

Information zum Schmerzfragebogen

Sicher haben Sie selbst schon erlebt, wie schwierig es ist, Ihrem Arzt eine genaue Beschreibung Ihrer Schmerzen zu geben. Er ist jedoch darauf angewiesen, zu erfahren, wie Ihre Schmerzen beschaffen sind und wie sie auf Schmerzbehandlung ansprechen.

Ihre Angaben in diesem Fragebogen für Schmerzpatienten dienen der Vorbereitung des ersten ärztlichen Gesprächs und der Basisuntersuchung. In Ihrem eigenen Interesse möchten wir Sie deshalb bitten, alle Fragen in Ruhe und mit Sorgfalt zu beantworten.

Ihre Daten unterliegen der ärztlichen Schweigepflicht. Die Bearbeitung Ihrer Angaben in unserer schmerztherapeutischen Einrichtung entspricht den Bestimmungen des Bundesdatenschutzgesetzes.

Hinweis für den Arzt:

Die Schmerzfragebögen erhalten sie unter dem Stichwort "Anamnese" bei folgender Adresse:

SCHMERZtherapeutisches Kolloquium e.V.
Scheidtstraße 23
Postfach 10 08 34
D-6000 FRANKFURT/Main 1
Tel.: 069/299 88 077

Autoren: T. Flöter, D. Jungck, H. Seemann 1985

6) Welche Diagnosen wurden gestellt?

7) Wie lange sind Sie insgesamt wegen Ihrer Schmerzen arbeitsunfähig gewesen oder konnten Ihre Hausarbeit nicht voll ausführen?

8) Bekommen Sie wegen Ihrer Schmerzen eine Rente? ja nein
Läuft ein Rentenantrag? ja nein

9) Sind Sie schon einmal operiert worden?
 ja, welche Operation(en):

10) Haben Sie Unfälle erlitten?
 ja, welche Unfälle:

11) Haben Sie noch andere Krankheiten?
 ja, welche Krankheiten:

12) Haben sich Ihre Schmerzen im Laufe der Zeit verändert?
 sie sind gleich geblieben sie sind schwächer geworden
 sie sind stärker geworden sie sind häufiger geworden
 sie sind anders geworden sie sind seltener geworden

13) Wie oft treten Ihre Schmerzen zur Zeit auf?
 dauernd etwa 1 mal in der Woche
 anfallsweise etwa 1 mal im Monat
 täglich ab und zu

Zu welchen Tageszeiten sind Ihre Schmerzen besonders stark?
Bitte Uhrzeit(en) ankreuzen:
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

14) Nehmen Sie Medikamente gegen Ihre Schmerzen ein?
 immer oder fast immer, wenn sie auftreten überhaupt nicht
 in regelmäßigen Zeitabständen eher selten häufig

15) Welche Medikamente nehmen Sie gegen Ihre Schmerzen ein?
(Bei Bedarf Extrablatt benutzen)

Name des Medikamentes:	Dosis (Anzahl: Tropfen, Tabletten, Zäpfchen)
a)	pro Tag:
b)	pro Tag:
c)	pro Tag:

16) Welche Medikamente nehmen Sie aus anderen Gründen außerdem noch ein?
.....

17) Bestehen Allergien?
 ja, welche?:

Liegen besondere Risikofaktoren vor? nein

- Herz-Kreislauf-Erkrankung
- Erkrankung des Nervensystems
- Diabetes
- Andere Stoffwechsellörung
- HIV-positiv
- Hepatitis
- Blutgerinnungsstörung

18) Was tun Sie selbst, um Ihre Schmerzen günstig zu beeinflussen?
Bitte machen Sie genaue Angaben (z.B. spazierengehen, schlafen, Ablenkungen...):

19) Was löst nach Ihrer Erfahrung die Schmerzen aus oder verschlimmert sie?
.....

28) Welche der folgenden Beschwerden haben Sie außer den Schmerzen noch?

Bitte füllen Sie die Beschwerdenliste sorgfältig aus. Kreuzen Sie in jeder Zeile eines der vier Kästchen entsprechend der Stärke Ihrer Beschwerden an.

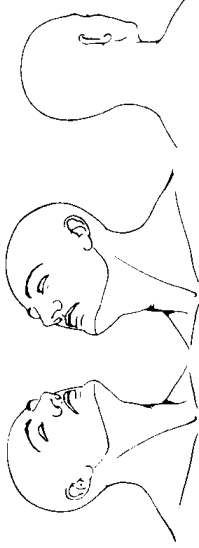
	stark (3)	mäßig (2)	kaum (1)	gar nicht (0)
Kloßgefühl, Enge oder Würgen im Hals	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kurzatmigkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Schwächegefühl	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Schluckbeschwerden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stiche, Schmerzen oder Ziehen in der Brust.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Druck oder Völlegefühl im Leib.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mattigkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Übelkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sodbrennen oder saures Aufstoßen.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Reizbarkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Grübeln	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Starkes Schwitzen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kreuz- oder Rückenschmerzen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Innere Unruhe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Schweregefühl bzw. Müdigkeit in den Beinen.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Unruhe in den Beinen.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Überempfindlichkeit gegen Wärme.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Überempfindlichkeit gegen Kälte.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Übermäßiges Schlafbedürfnis.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Schläfrigkeit.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Schwindelgefühl.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zittern.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nacken- oder Schulterschmerzen.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gewichtsabnahme.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

© Beltz 1976

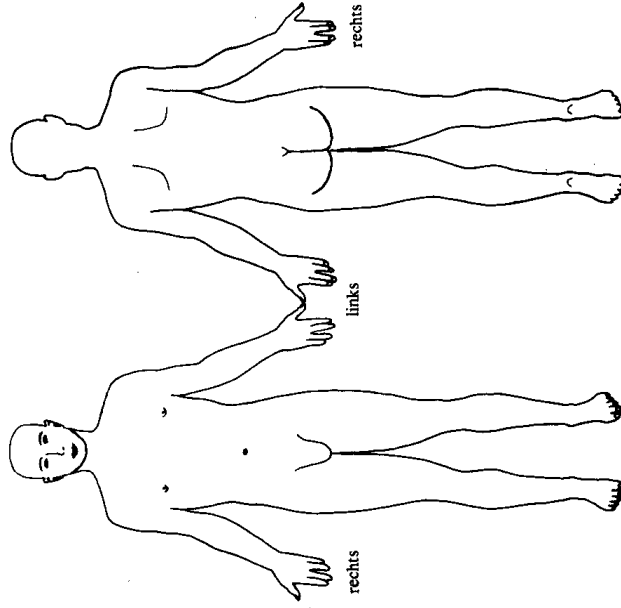
29) Bitte zeichnen Sie im Körperschema (nächste Seite) ein, an welchen Körperstellen Ihre Schmerzen auftreten

Machen Sie bitte ein Kreuz, wenn der Schmerz eher eingegrenzt oder punktförmig auftritt, wenn Sie also die Körperstelle ziemlich genau bezeichnen können.
Falls Ihre Schmerzen an diesem Punkt beginnen und in einen anderen Körperteil ausstrahlen, so zeichnen Sie dies bitte mit einem Pfeil ein.
Wenn Ihre Schmerzen eher diffus sind, also nicht genau lokalisiert werden können oder über eine größere Fläche ausstrahlen, so schraffieren Sie bitte die Schmerzzone.
Falls Sie mehrere schmerzende Körperstellen bezeichnet haben, markieren Sie bitte den Schmerz, der für Sie am stärksten ist, mit einer (1) (Hauptschmerz).

Für Kopf- und Gesichtsschmerzen



Für Körperschmerzen



DANKSAGUNG

Viele Menschen haben diese Arbeit mit getragen; erst mit ihrer Hilfe konnte sie zu dem wachsen, was nun vorliegt. Ihnen allen gebührt mein herzlicher Dank:

Prof. Dr. Manfred Zimmermann nahm das Thema an und betreute es als Doktorvater. Für die Zielsetzung und den Aufbau ließ er mir die größtmögliche Freiheit. Interessiert verfolgte er ihren Werdegang und half, aufkommende Probleme zu klären. Wesentliche Impulse kamen von ihm.

Für die praktische Durchführung fand ich große Unterstützung durch Dr. Klaus Sommer, Schwester Ursula Czierniak und alle Mitarbeiter der Schmerzambulanz der orthopädischen Universitätsklinik Heidelberg-Schlierbach.

Die Firmen Medicommerz und Krauth und Timmermann haben mir TENS-Geräte, Literatur, Computer-Auswerteprogramme und personelle Unterstützung gewährt.

Weiterhin bin ich meinem Kommilitonen und Freund Dr. Hans-Heinrich Dunkelmann für die gute und intensive Zusammenarbeit verbunden.

Nicht zuletzt meinen Vater Hans Engesser möchte ich in diesem Zusammenhang erwähnen, der mir nebst großzügiger finanzieller Unterstützung auch tatkräftig beim Korrekturlesen und bei der Lösung von aufgetretenen Problemen mit dem Computer-Schreibprogramm geholfen hat.

Lebenslauf

JOHANNES C. ENGESSER

Arzt für Allgemeinmedizin und Naturheilverfahren
Dammweg 2a, 69123 Heidelberg
Telefon +49(0)6221-8306 56, Telefax ..58, johannes.engesser@gmx.de

Personalien

Geburtsdatum: 20. Juli 1962
Geburtsort: Stuttgart
Eltern: Hans R. Engesser, Kaufmann
 Johanna Engesser, geb. Thiersch, Dolmetscherin
Verheiratet: 25. Juni 1997 mit Dr. med. Susanne Hofmeister
Kinder: 5 (Felix, Moritz, Oliver, Ioan, Adam)

Bildungsgang

Schule:

1969 - 1973 Pestalozzi-Grundschule in Gerlingen
1973 - 1982 Humanistisches Karls-Gymnasium in Stuttgart
1982 Abitur, Graecum, Großes Latinum

Militärdienst: 1982 - 1984 Panzeraufklärer

Medizinstudium:

1984 Fachliche und sprachliche Vorbereitung für italienische Universitäten
in Pisa
1984 - 1985 Nach Aufnahmeprüfung Studium
an der Fakultät für Medizin und Chirurgie der Universität Trieste
1986 Wechsel an die Ruperto-Carola-Universität in Heidelberg
1989 I. Staatsexamen
1991 II. Staatsexamen
1992 III. Staatsexamen

Praktika:

Pflegedienstpraktikum in der Filderklinik in Stuttgart (2 Monate)
Famulaturen - Radiologie in Eberbach/Neckar (4 Wochen)
- Innere Medizin und Endokrinologie am Universitäts-Hospital Trieste
(4 Wochen)
- Innere Medizin an der Klinik Bad Trissl im Tumorzentrum München
(medizinische Fakultäten der Ludwig-Maximilians- und der
Technischen Universität) (2 Monate)

Praktisches Jahr

- Psychiatrie an der Psychiatrischen Universitäts-Klinik in Bern (4 Monate)
- Chirurgie im Hammersmith Hospital, Royal Medical School of London (3 Monate)
- Innere Medizin im Theresienkrankenhaus Mannheim (4 Monate)

Sonstige Praxis: Intensivpflege, Klinik-Aushilfe im Pflegedienst, Nachtwachen

Beruf

Arzt im Praktikum (AIP):

1992 - 1993 Schmerzambulanz der Orthopädischen Universitätsklinik Heidelberg (1 Jahr)

Assistenzarzt:

1993 Pathologisches Institut des Kantonsspitals Luzern (6 Monate)

1994 - 1995 Abteilung für innere Medizin der Ita-Wegman-Klinik in Arlesheim, CH (13 Monate).

1995 Praxis für Allgemeinmedizin Dr. med. Claus Joachim von Langsdorff in Mühlacker (7 Monate)

1996 Praxis für Allgemeinmedizin Dr. med. Karl Buchleitner in Pforzheim (6 Monate)

Selbständigkeit:

Seit 1996 Niedergelassen in der eigenen Praxis
zusammen mit Dr. med. Susanne Hofmeister
Notdienste der Kassenärztlichen Vereinigung
Leitender Arzt des Privatärztlichen Akutdienstes Rhein-Neckar