

# Der Stellenwert der intermittierenden Kompression bei der Behandlung des chronischen Ödems unterschiedlicher Genese

J. Pflug  
Swollen Leg Clinic  
Hammersmith Hospital  
Royal Postgraduate Medical School  
Ducane Road  
GB London W 12

Die intermittierende Kompression ist eine der vielen Formen der Kompressionstherapie. Ihr Prinzip besteht in der intermittierenden Unterbrechung des auf die Körperoberfläche einwirkenden Drucks. Höhe, Form und Bereich der Druckwelle können je nach Bedarf oder Auffassung des Therapeuten verändert werden. Bei der Extremität umfaßt die Wirkung den gesamten Weichteilmantel. Dabei kommt es zu hämodynamischen Veränderungen auf der einen und metabolischen Auswirkungen auf der anderen Seite, die in engen wechselseitigen Beziehungen zueinander stehen. Terminologisch wird die Bezeichnung Massage angewandt, wenn die Druckeinwirkung manuell erfolgt, und die Bezeichnung intermittierende Kompression, wenn sie apparativ angewandt wird. Im Wirkprinzip besteht zwischen den beiden Modalitäten kein Unterschied (Hamann et al., 1980).

Die apparative Druckanwendung hat in der Medizin eine lange Geschichte (Tab. I), wahrscheinlich aus zwei gewichtigen Gründen: Sie hat eine große Indikationsbreite und ist praktisch durch keine Nebenwirkungen oder Komplikationen belastet. So wurde schon 1843 die Kompressionstherapie apparativ vorgenommen.

I. K. - Literaturübersicht.	
Sir James Murray V.T. Junod	1834
K.G. Bier, T. Lewis & R. Grant, W.S. Collins & N.D. Wilenski, R.R. Linton et al.	1903 - 1941
J.P. Henry et al., S. Rastgeldi J.J. Pflug, E.H. Strehler	1955 -

**Tabelle I:**

Literaturübersicht: Grob vereinfachte Zusammenfassung der Entwicklung der apparativen Druckbehandlung. Die gesamte Periode läßt sich in drei Etappen einteilen, in denen die Drucktherapie jeweils eine besonders starke Beachtung der Mediziner erfuhr.

Nachstehend sollen Wirkung und Bestimmung der Wirksamkeit intermittierender Kompression in ihrer einfachsten, aber dafür preiswertesten Form – dem Hydroven-Einkammersystem – dargestellt werden.

M. E. kann man den Effekt einer Therapiemaßnahme um so gründlicher und objektiver beurteilen, je mehr man über das Wirkungsprinzip dieser Maßnahme auf der einen Seite und über die Pathognese des damit behandelten Leidens auf der anderen weiß. Deswegen erfolgt eine Einteilung des Themas in fünf Bereiche, zu denen kurz Stellung genommen wird.

Es sind:

1. Die Implikation der Chronizität.
2. Pathophysiologie des chronischen Ödems.
3. Der Unterschied zwischen dem venösen und lymphatischen Ödem.
4. Das Wirkprinzip der intermittierenden Kompression.
5. Bestimmung der therapeutischen Wirksamkeit der intermittierenden Kompression.

### **1. Die Implikation der Chronizität**

In erster Linie ist es der permanente, je nach Schweregrad des Leidens in seiner Tiefe variierende Einschnitt in die Lebensweise des Patienten. Eine chronische Krankheit bedeutet einen über Jahre bis Jahrzehnte gehenden regelmäßigen Kontakt mit dem behandelnden Arzt. Sie bedeutet weiter eine dauernde Einnahme von Medikamenten oder/und eine permanente Abhängigkeit von mechanischen Behandlungsmaßnahmen, die den durch die chronische Erkrankung verursachten Funktionsausfall kompensieren. Die für das therapeutische Resultat wichtigste Implikation – sie resultiert mehr oder weniger aus den drei eben genannten Maßnahmen – besteht darin, daß der Behandlungserfolg nicht, wie wir es von den Akutkrankheiten gewöhnt sind, vom Arzt, sondern vom Patienten abhängt. Der Arzt muß die Diagnose stellen und die Therapie bestimmen, er soll sie auch überwachen und mit einer geeigneten psychologischen Führung des Patienten kombinieren. Das Resultat kann er jedoch mit all diesen Maßnahmen nur wenig beeinflussen. Der Grund liegt in der Applikationsmodalität der Therapie. Sie muß tagtäglich und im Fall der physikalischen Verfahren, zu denen auch die intermittierende Kompression zählt, für eine beträchtliche Zeitdauer angewandt werden.

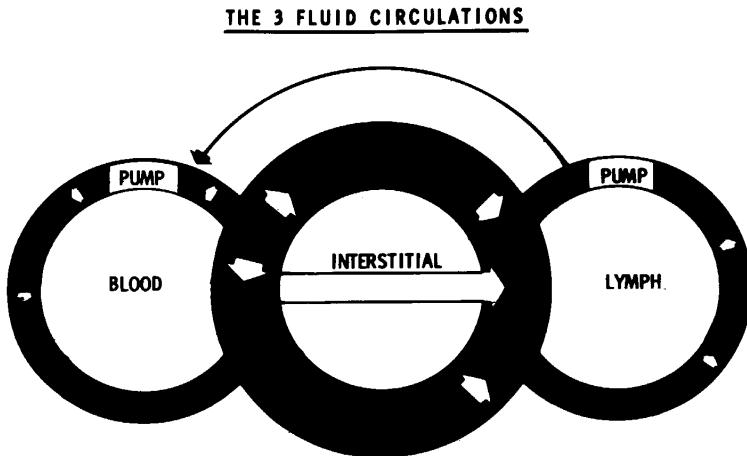
Die Durchführung kann nur der Patient selbst übernehmen. Für seinen persönlichen Einsatz und sein Engagement (auch Compliance genannt) gibt es keinen Ersatz.

Die wichtigste Konsequenz der Chronizität ist aus all diesen Gründen ohne Zweifel eine patientenorientierte Heimbehandlung, d. h. eine Behandlungsmethode, die so einfach, so billig und so komplikationslos ist, daß sie von jedem Patienten selbst beurteilt, erworben und appliziert werden kann.

## 2. Pathophysiologie des Ödems

Das Ödem stellt nach der Definition eine pathologische Ansammlung der interstitiellen Flüssigkeit dar, deren unmittelbare Ursache eine Störung des transkapillaren Flüssigkeitsaustauschs ist.

Unser Verständnis eines Ödemzustands wird durch die Tatsache behindert, daß für jeden von uns der Begriff Flüssigkeit untrennbar mit der Vorstellung verbunden ist, diese Flüssigkeit kann jeden Zwischenraum des Körpers im freien Fluß passieren. Im Interstitium, dem Zielorgan des Ödems, existiert jedoch im Unterschied zu allen anderen Organen und Systemen kein freier Durchfluß der Gewebsflüssigkeit. Wir können einen Schwellungszustand am besten analysieren, wenn wir davon ausgehen, daß sämtliche der Zirkulation dienenden Flüssigkeiten, nämlich die Gewebsflüssigkeit, Lymphe und Blut, sich in drei Kompartimenten bewegen – dem interstitiellen, lymphatischen und dem Blutkompartiment (Abb. 1). Der Erkenntnisgewinn über diese drei Systeme ging in praktisch genau hundertjährigen Abständen vom Blut- (William Harvey – 17. Jahrhundert) über das Lymph- (Olof Rudbeh – 18. Jahrhundert) zum interstitiellen Kompartiment (Claude Bernard – 19. Jahrhundert).



**Abb. 1:**

Kompartiment-Konzept. Zum Überleben der Zellen notwendige Flüssigkeitsbewegungen werden von drei Systemen gewährleistet, die in engen Wechselbeziehungen zueinander stehen und als Kompartimente aufgefaßt werden. Dazu gehört das pumpabhängige Blutgefäßsystem (links), das pumpabhängige lymphatische System (jedes mit einer proximalen und distalen Klappe versehene lymphovaskuläre Segment wirkt analog dem Herzen wie eine Pumpe) und das pumpenlose Interstitium.

Man ging dabei fast automatisch und unbewußt so vor, daß das Konzept des schon analysierten Kompartiments, hinsichtlich der Klassifizierung und Terminologie, zur Bezugsebene für das später Entdeckte wurde. Beim Übergang von der Blut- auf die Lymphzirkulation war die Analogie auf praktisch allen Ebenen offensichtlich und in vollem Umfang gegeben.

Das trifft aber nicht auf das interstitielle Kompartiment zu.

Das interstitielle Kompartiment besitzt drei Eigenschaften, die es einem Mediziner sehr schwer machen, die physikalischen und biochemischen Grundlagen der Ödementstehung und Ödemregression zu begreifen.

Es ist erstens die morphologische Beschaffenheit des interstitiellen Kompartiments – es hat keine anatomisch definierbaren Grenzen. Zweitens ist es sein physikalischer Zustand – es stellt ein Kolloid dar, das heißt, es besitzt gleichzeitig Eigenschaften des Festkörpers und der Flüssigkeit. Ein Kolloid besteht aus zwei Phasen, dem Gel, das für die Festkörpereigenschaften verantwortlich ist, und dem Sol, das die Flüssigkeitseigenschaften repräsentiert. Drittens ist es das Verhältnis der Flüssigkeit zum Interstitium: Das Wasser kann in das kolloidartige Interstitium leicht eindringen und es auch verlassen, wenn es aber eingedrungen ist, wird es dispergiert und gebunden, so daß es sich nicht im freien Fluß bewegen kann.

Die gesamte Wasserbewegung hängt wie bei allen anderen nicht fixierten Elementen des Interstitiums von hydrostatischen, osmotischen und mechanischen Kräften ab, die von innen und außen her auf das Interstitium einwirken (Abb. 2). Das Ödem ist demnach nicht eine Ansammlung einer freien Flüssigkeit (Starling 1909), wie aus der herkömmlichen Definition hervorgeht, sondern eine Vermehrung der Solphase (Zweifach, Silberberg 1979).

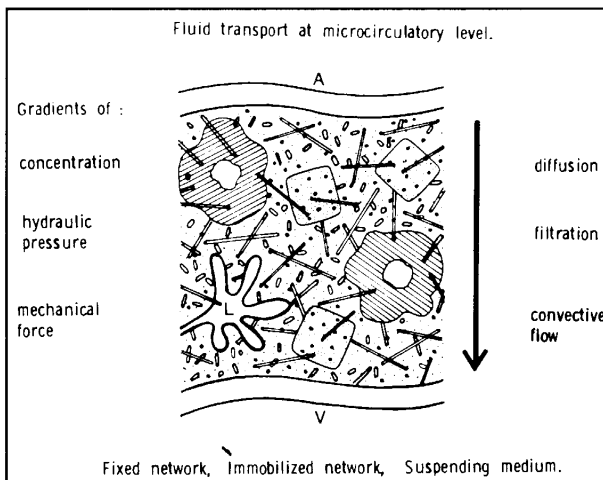


Abb. 2:

Extravaskuläre Flüssigkeitsbewegung (transkapillärer Flüssigkeitsaustausch). Das morphologische Substrat des kolloidalen Interstitiums wird in bezug auf dessen Transportfähigkeit in fixierte Elemente (Fibrillen), immobilisierte Elemente (Mukopolysaccharide) – früher unter dem Begriff Grundsubstanz zusammengefaßt – und in suspendierte Elemente (Gewebsflüssigkeit mit klein- und großmolekularen Partikeln) eingeteilt. Nach dem von E. Starling um die Jahrhundertwende ausgearbeiteten und im großen und ganzen bis jetzt gültigen Konzept geht die, allerdings auf molekularer Ebene stattfindende, transinterstitielle Bewegung des Wassers und darin aufgelöster Partikel auf drei Kräfte zurück: den osmotischen, hydrostatischen und mechanischen Druck (modifiziert nach Starling [1909] und Zweifach, Silberberg [1979]).

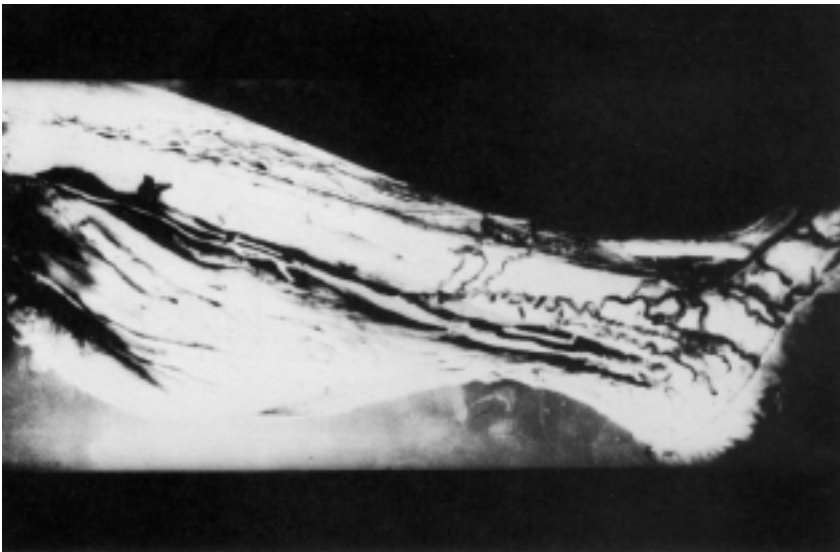
### 3. Der Unterschied zwischen venösem und lymphatischem Ödem

Die Flüssigkeit erreicht das Interstitium durch den arteriellen Schenkel der Blutkapillare, verläßt es aber auf zweierlei Wegen – durch den venösen Schenkel der Blutkapillaren und durch die initialen Lymphgefäße. Es genügt, wenn wir uns bewußt machen, daß bei der Außenfiltration mit dem Wasser kleinmolekulare und großmolekulare Substanzen des Plasmas das Interstitium erreichen.

Die Wassermoleküle und die kleinmolekularen Substanzen können durch den venösen Schenkel der Blutkapillare zurückresorbiert werden, für die großmolekularen Substanzen (meistens Plasmaproteine) ist die Blutkapillarwand eine Einbahnstraße – sie werden nur von den Lymphkapillaren resorbiert.

Die Ursache des venösen Ödems ist die Erhöhung des intrakapillaren hydrostatischen Drucks. Daraus resultiert die Überschwemmung des Interstitiums mit dem Kapillarfiltrat, bestehend aus den oben genannten drei Substanzen: Wasser, klein- und großmolekulare Partikel.

Wenn der intrakapillare Druck sinkt, steht zum Rücktransport des Ödems die sehr effiziente Blutzirkulation und das intakte Lymphsystem zur Verfügung (Abb. 3). Wenn man davon ausgeht, daß jede Kapillare wenigstens 4mal in der Minute perfundiert wird, ist es klar, daß auch das größte venöse Ödem innerhalb kurzer Zeit (2–3 Stunden) resorbiert wird.

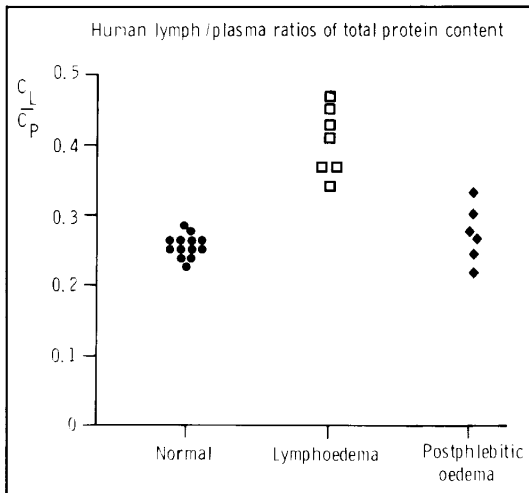


**Abb. 3**

Dissektionspräparat des Unterschenkels, das die Topographie und den Verlauf der mit weißem Neopren-Latex injizierten oberflächlichen medialen (über dem Schienbein, entlang der V. saphena magna) und der tiefen Lymphbahnen (im engen Kontakt zu den Vasa tibialia posteriora) zeigt.

Deswegen steht jeder Patient mit venösem Ödem ohne Ausnahme in der Frühe mit einem total abgeschwollenen Bein auf. Das ist beim Lymphödem nicht der Fall. Hier wird der Überschuß an Flüssigkeit im Interstitium (also die Schwellung) durch eine höhere Konzentration der Proteine verursacht, die durch das defekte Lymphsystem nicht abtransportiert werden kann.

Wir haben die Lymphe bei einigen Patienten mit Lymphödem analysieren können und dabei gefunden, daß die Konzentration der Proteine etwa doppelt so hoch ist wie bei Gesunden (Tab. II). Die Relation der einzelnen Proteine zueinander bleibt jedoch unverändert. Wir haben daraus geschlossen, daß die unmittelbare Ursache des Lymphödems nicht ein Defekt der Lymphproduktion, sondern des Lymphtransports ist. Da dieser Transport von den hydrostatischen Kräften ziemlich unabhängig ist, wird beim Abfall des hydrostatischen Drucks im Liegen die Filtration der Proteine von den Blutgefäßkapillaren in das Interstitium zwar abgeschwächt, der Lymphtransport jedoch nicht vergrößert. Ein Patient mit Lymphödem steht vereinfacht ausgedrückt mit derselben Schwellung auf, mit der er sich hinlegte.



**Tabelle II:**

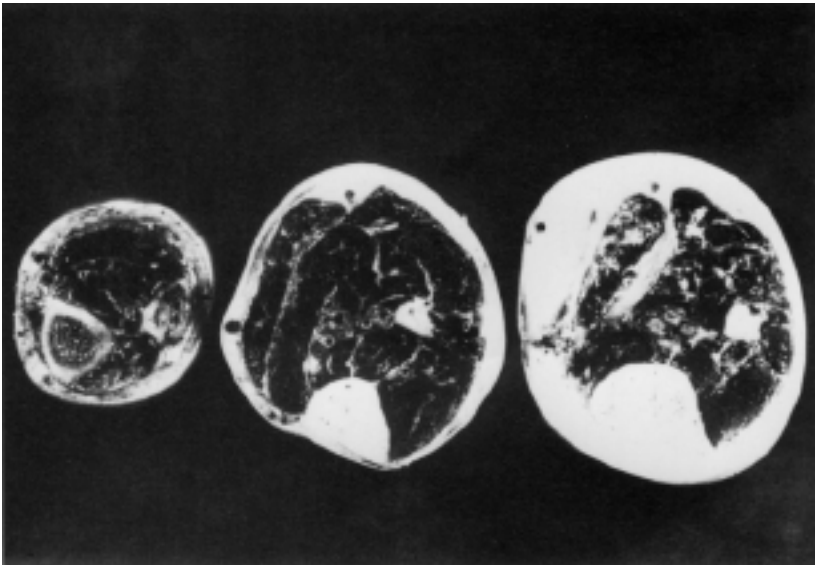
Konzentrationsunterschiede des Gesamtproteins in pränodaler Lymphe des Fußrückens: links – normale Werte, Mitte – Patienten mit primärem Lymphödem, rechts – Patienten mit postphlebotischem Ödem.

#### 4. Der Wirkmechanismus der intermittierenden Kompression

Bei liegenden Patienten hängt die interstitielle Zirkulation vorwiegend von osmotischen Kräften, d. h. von Konzentrationsdifferenzen ab. Die dominierende Bewegungsmodalität ist die Diffusion. Die intermittierende Kompression fügt hydrostatische und mechanische Kraft inzu. Dadurch wird die Diffusion infolge der wesentlich effektiveren Filtration und konsekutiven Strömung ersetzt und der transkapillare Flüssigkeitsaustausch nachhaltig gesteigert.

Der Druck wirkt auf eine biologisch sehr komplizierte Struktur, die wir als Weichmantel der Extremität bezeichnen (Abb. 4). Physikalisch besteht dieser Weichteilmantel aus:

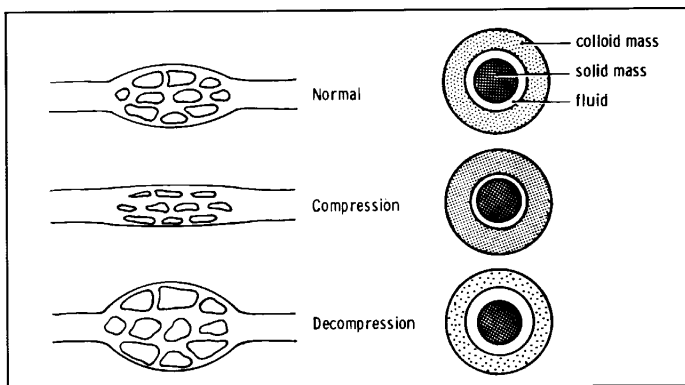
1. Flüssigkeit, die im Röhrensystem der Blut- und Lymphgefäße aufgrund der mehr oder weniger festprogrammierten hydrostatischen Druckdifferenz in einer anatomisch vorgegebenen Richtung zirkuliert.
2. Festkörpersubstanz.
3. Kolloidmasse des Interstitiums, in der die Flüssigkeitsbewegung von zwei Druckgradienten bestimmt wird, dem osmotischen und mechanischen.



**Abb. 4:**

Drei transversale Ebenen des Weichteilmantels des Unterschenkels: von links nach rechts – proximales, mittleres und distales Drittel.

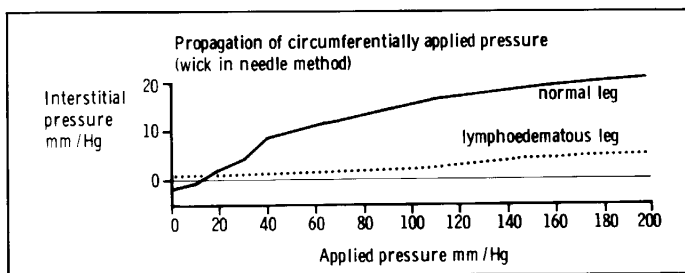
Grob vereinfacht und rein qualitativ ausgedrückt kommt es in der Druckaufbauphase zur Entleerung der Niederdruckkanäle des Drainagesystems in die herzwärts gelegenen Abschnitte mit Übertritt der Plasmaflüssigkeit und in ihr gelöster Partikel durch die Kapillarwand in das Interstitium. Dadurch steigt der interstitielle Gesamtdruck, so daß in der Druckabbauphase die interstitielle Flüssigkeit in die entleerten Initialabschnitte des venösen und lymphatischen Drainagesystems hineingetrieben wird (Abb. 5).



**Abb. 5:**

Wirkmechanismus der intermittierenden Kompression. Oben – Ruhepause. Mitte – Druckaufbauphase: druckbedingte Entleerung der Drainagekanäle und Füllung des Interstitiums. Unten – Druckabbauphase: Entleerung des Interstitiums und Füllung der Drainagekanäle.

Unsere Analysen der pränodalen Lymphe zeigen, daß der Effekt der intermittierenden Kompression sowohl in bezug auf die Zusammensetzung als auch auf das Volumen der interstitiellen Flüssigkeit nicht so sehr von der Form der Druckwelle als vor allem von der Druckhöhe abhängt (Knox et al. 1981). Weiter ist zu beachten, daß die Verdickung des Unterhautgewebes durch das Ödem, insbesondere die Fibrosierung, die Druckübertragung von der Oberfläche in die Tiefe um ein Vielfaches verringern kann (Abb. 6), wie Messungen mit der Dochtmethode zeigten (Bell, Pflug 1981).



**Abb. 6:**

Propagation des auf die Oberfläche zirkumferent applizierten Drucks in der Subkutis. Normale Extremität: volle Linie (oben). Lymphoedematöse Extremität: gestrichelte Linie (unten).

## 5. Beurteilung der Wirksamkeit intermittierender Kompression

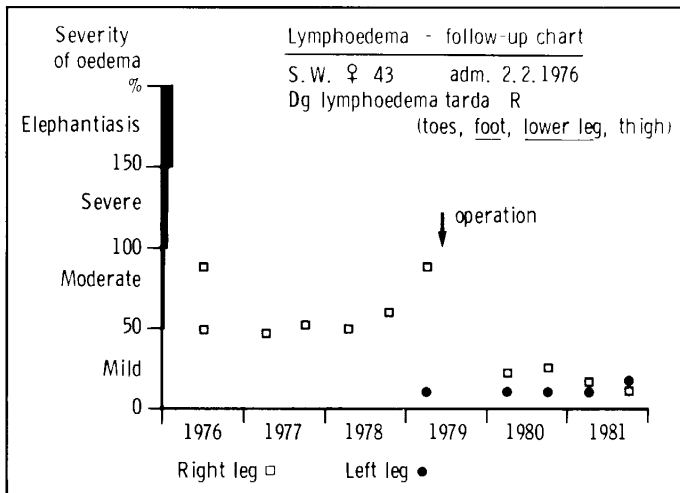
In seinem 1972 veröffentlichten und jetzt häufig zitierten Buch über Effektivität und Effizienz in der Medizin weist Cochrane darauf hin, wie schwierig es ist – auch unter Heranziehung der modernen statistischen Methoden –, die Wirksamkeit einer Behandlung nachzuweisen.



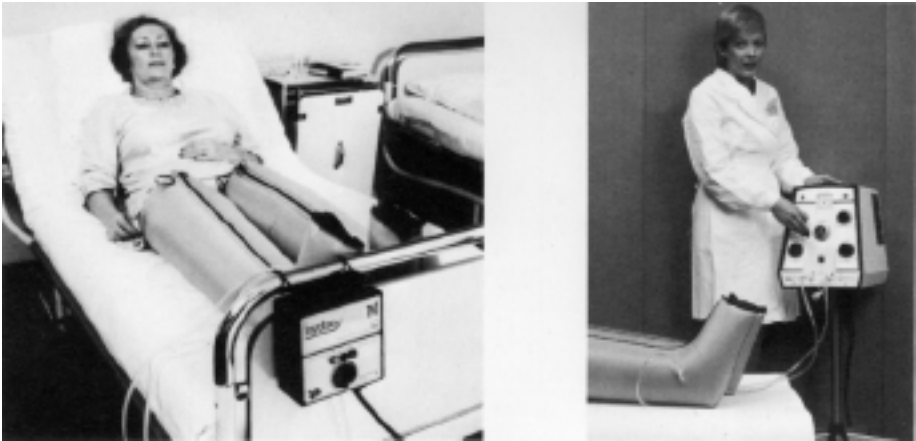
Die Statistiker unterteilen Beobachtungen, die sie von uns zur Beurteilung bekommen, in data und non data informations. (Die Amerikaner sprechen von harten und weichen Fakten.) Die einen sind meßbare, quantifizierbare Beobachtungen, die anderen intuitiv gezogene Schlußfolgerungen bzw. Beobachtungen, die schlecht oder überhaupt nicht meßbar sind.

Unsere Erkenntnisse über die Ätiopathogenese, Diagnostik und Therapie des chronischen, venösen und lymphatischen Ödems gehören leider in die zweite Kategorie. Pathologische Veränderungen und therapeutische Beeinflussung sind größtenteils nur qualitativ erfassbar. Deswegen ist die rein deskriptive Beurteilung des Therapieeffekts, wie wesentliche, leichte und keine Besserung, eine auch für ein spezialisiertes Zentrum akzeptable Lösung. Im Hinblick auf diese Tatsachen muß man sich damit abfinden, daß es immer sehr schwierig und unter gewissen Umständen sogar unmöglich ist, den objektiven Wert einer bestimmten therapeutischen Methode zu bestimmen.

Ich habe dieses Dilemma mit Hilfe der in Abbildung 7 dargestellten Verlaufskurve zu lösen versucht, die vor allem der Chronizität und durch den natürlichen Verlauf auftretenden Schwankungen des Ödems Rechnung trägt. Wenn die eingesetzte Therapiemaßnahme eine anhaltende Besserung des bisherigen Verlaufs herbeigeführt hat, wurde sie als klinisch wirksam bezeichnet. Auch die intermittierende Kompression mit dem Hydroven M- und S-Gerät (Abb. 8 und 9) wurde nach diesen Kriterien bewertet. Sie wurde fast ausschließlich als zusätzliche Maßnahme zu den elastischen Strümpfen in Ansatz gebracht.

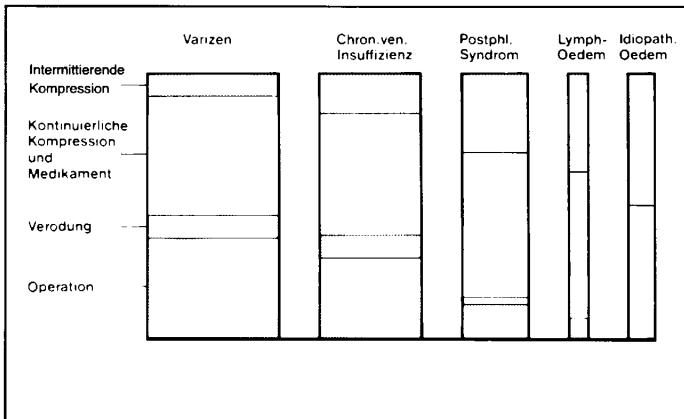


**Abb. 7:** Verlaufskurve zur Registrierung des Langzeiteffekts der angewandten Therapie beim chronischen Lymphödem des Beins.



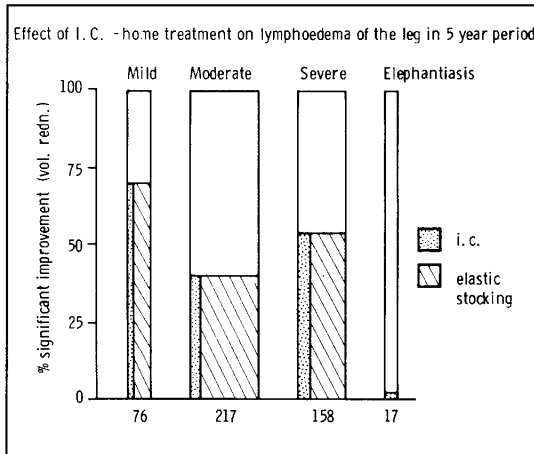
**Abb. 8 und 9:**  
Das Hydroven M- und S-System zur Initial- und Erhaltungstherapie des chronischen Ödems.

Ihren relativen Stellenwert in der Palette der Therapiemöglichkeiten bei den verschiedenen Formen des chronischen Ödems zeigt Abbildung 10.



**Abb. 10:**  
Approximative Erfassung des Stellenwerts der intermittierenden Kompression im Verhältnis zu anderen Behandlungsmaßnahmen des chronischen Beinödems.

Die quantitative Erfassung des Effekts der intermittierenden Kompression mit dem Hydroven M-Gerät nahm ich beim Lymphödem vor. Die Resultate sind in Abbildung 11 zusammengefasst. Die intermittierende Kompression wurde mit wenigen Ausnahmen als zusätzliche Kompression zur kontinuierlichen Kompression (Strumpf, Druckverband) appliziert. Je nach Schweregrad des Ödems trat in etwa einem bis zwei Drittel des Patientenguts eine Reduktion des Ödems bis zu 70% ein.



**Abb. 11:**

Effekt des zusätzlichen Ansatzes der intermittierenden Kompression bei verschiedenen Formen des Lymphödems des Beins in einer Zeitspanne von 5 Jahren.

(Gestrichelt: elastischer Strumpf. Punktiert: intermittierende Kompression. Gesamtfläche der Felder: Verhältnis der Applikationsdauer beider Kompressionsarten zueinander während eines Tages. Reduktion des Ödems: in % (0 = Zustand vor der Behandlung).

### Zusammenfassung:

1. Das chronische Extremitätenödem ist ein unspezifisches Symptom vieler Erkrankungen, das seit jeher durch eine sinnvolle Kombination mehrerer Maßnahmen behandelt wird. Die intermittierende Kompression nimmt seit beinahe 150 Jahren einen wichtigen Platz unter diesen Maßnahmen ein.
2. Der vielseitige und allgemein akzeptierte Effekt der intermittierenden Kompression bei der Behandlung des chronischen Ödems ist eng an die Applikationsdauer dieser Methode gebunden.
3. Der Stellenwert dieses Verfahrens ist in den letzten 15 Jahren beträchtlich gestiegen. Nicht so sehr wegen der Einführung der neuen Modalitäten der Druckerwendung, sondern vor allem durch die Bereitstellung von Heimgeräten, mit denen individuell eine optimale und ausreichend lange Anwendung möglich ist.

### Literatur

- Bell, S. N., und Pflug, J. J.: Tissue Pressure Changes in the Epifascial Compartment of the Bandaged Leg. *Vasa*, 10, 199 (1981).
- Cochrane, A. L.: Effectiveness and Efficiency. The Nuffield Provincial Hospitals Trust. London 1972.
- Hamann, A., Haschke, W., Krug, H., Leutert, G., Lindemann, M., Zett, L.: *Massage in Bild und Wort. Volk und Gesundheit*, VEB Verlag. Berlin 1980.
- Knox, P., Hadjis, N., Pflug, J. J.: The effect of intermittent compression on the composition of lymph in experimental lymphoedema. 8th International Congress of Lymphology, Montreal/Canada. September 20–25, 1981.
- Zweifach, B. W., Silberberg, A.: The Interstitial Lymphatic Flow System. *International Review of Physiology*, Vol. 18, 215 (1979).