

## Evaluation des Miethke-Dual-Switch-Ventils bei Patienten mit Normaldruckhydrozephalus

U. Meier<sup>1</sup>, M. Kiefer<sup>2</sup>, C. Sprung<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Klinik für Neurochirurgie des Unfallkrankenhauses Berlin (Direktor: Priv.-Doz. Dr. med. U. Meier)

<sup>2</sup> Neurochirurgische Universitätsklinik Homburg/Saar, (Direktor: Prof. Dr. med. W.-I. Steudel)

<sup>3</sup> Neurochirurgische Universitätsklinik der Charité, Humboldt-Universität zu Berlin (Direktor: Prof. Dr. med. W. R. Lanksch)

**Zusammenfassung:** Differenzialdruckventile haben bei Patienten mit einem Normaldruckhydrozephalus den Nachteil, dass sie sich bei ruckartigem Aufstehen schlagartig öffnen bzw. zu lange offen bleiben und dabei einen Sog auf den Liquorraum des bereits atrophisch vorgeschädigten Hirns ausüben. Können diese Nachteile und insbesondere Überdrainagekomplikationen durch hydrostatische Ventile verringert bzw. behoben werden? Bei insgesamt 128 Patienten mit einem Normaldruckhydrozephalus wird das Miethke-Dual-Switch-Ventil implantiert. Alle 128 Patienten nahmen an der Nachuntersuchung durchschnittlich 7 Monate postoperativ innerhalb dieser Multizenterstudie teil. Die Evaluation des Krankheitsverlaufes nach Shuntimplantation erbrachte 63% gute bis sehr gute Ergebnisse, 16% befriedigende und 21% schlechte. Dabei korrelierte das Outcome mit der präoperativen Schwere der Erkrankung, graduiert nach der Kiefer-Scale. Infektionsrate, Shuntinsuffizienz, Ventildislokation und -okklusion sowie die Auswahl der Ventildruckstufen werden diskutiert. Das Arbeitsprinzip dieses hydrostatischen Ventils wird vorgestellt. Mit einer Überdrainagerate von 2% und einer shunt-assoziierten Letalität von 0% liegen die Komplikationen beim Miethke-Dual-Switch-Ventil deutlich unter den internationalen Zahlenangaben. Der Krankheitsverlauf bei Patienten mit einem Normaldruckhydrozephalus wird vom Stadium der Erkrankung zum Zeitpunkt der Therapie und von der Art des implantierten Ventils bestimmt. Trotz der noch weltweit geringen Erfahrungen mit dem Miethke-Dual-Switch-Ventil sollten die Vorteile dieser hydrostatischen Ventilart bei Patienten mit einem Normaldruckhydrozephalus hervorgehoben werden.

**Clinical Experiences with the Miethke-Dual-Switch Valve in Patients with Normal Pressure Hydrocephalus:** In patients with normal pressure hydrocephalus (NPH) the conventional differential pressure valve has the disadvantage of opening abruptly when the patient moves into an upright position. A strong suction at the already atrophic brain could therefore result. Can this disadvantage and especially the complication of overdrainage be reduced or solved by a hydrostatic valve? In 128 patients diagnosed for NPH we implanted a Miethke Dual-Switch valve. All patients were reevaluated 7 months after surgical treatment in our multicentre study. The evaluation of the

course of disease showed in 63% of cases an excellent outcome, in 16% a satisfactory and in 21% of the patients a bad outcome. The patients' outcome correlated with the preoperative severity of the disease scored using the Kiefer scale. Complications as well as the valve pressure levels are discussed in the paper. We also present the technical principles of this new valve technology. With an overdrainage rate of 2% and a shunt-related lethality of 0% the rate of complications of the Miethke Dual-Switch valve is clearly lower than started in international literature. The clinical course of patients suffering from NPH is influenced by the stage of the disease, the beginning of therapy and the implanted valve type. Despite restricted clinical experience with the Miethke Dual-Switch valve we emphasise the advantages of this valve for patients with NPH.

### Einleitung

Nach der weltweit über 40-jährigen Erfahrung bei der ventilregulierten Shunttherapie des Hydrocephalus internus existieren noch erhebliche therapeutische Probleme, die durch unphysiologische Konstruktionsprinzipien der Ventile unterhalten werden. Die Schwierigkeiten spiegeln sich darin wider, dass zur Zeit mehr als 200 verschiedene Ventile auf dem Markt angeboten werden, welche man grob in drei Konstruktionsprinzipien unterteilen kann: Die erste Gruppe der „einfachen“ Differenzialdruckventile hat einen Öffnungsdruck, der ausschließlich auf die liegende Position des Patienten bezogen ist. Die zweite Gruppe der „verstellbaren“ Ventile bietet zwar die Möglichkeit, den Öffnungsdruck den individuellen Patientenbedürfnissen anzupassen, die vertikale Körperhaltung wird jedoch nicht in Rechnung gestellt. Erst die dritte Kategorie der so genannten „hydrostatischen“ Ventile zielt auf physiologischere ventrikuläre Druckverhältnisse in horizontaler und aufrechter Körperstellung [1–3].

Konventionelle Differenzialdruckventile haben insbesondere bei Patienten mit einem Normaldruckhydrozephalus (NPH) den Nachteil, dass sie sich beim Aufrichten in eine vertikale Stellung schlagartig öffnen, dann zu lange offen bleiben und dabei einen Sog auf den Liquorraum des bereits atrophisch vorgeschädigten Hirns ausüben. Grundsätzlich stellt sich hier die Frage, ob solche Sogphänomene mit daraus folgenden Überdrainagekomplikationen durch hydrostatische Ventile verringert bzw. vermieden werden können.

**Tab. 1** Klinisches Grading beim Normaldruckhydrozephalus nach Kiefer M et al. [4].

Symptom	Grad	Score	Beschreibung der Symptomatik
mental	0	0	keine klinisch apparente Beeinträchtigung
	1	1	Vergesslichkeit, Konzentrationsstörung
	2	3	Apathie, teilorientiert, und Symptome von Grad 1
	3	5	Werkzeugstörung, völlig desorientiert
	4	6	keine Gangstörungen vorhanden
Gangstörung	0	0	keine Gangstörungen vorhanden
	1	0	nur mit speziellen Tests Gangstörungen nachweisbar (z. B. Blindgang)
	2	2	breitbeinig, ataktisches, in sich aber sicheres Gangbild (ohne Gehhilfe)
	3	4	beschwerliches Gehen nur mit Gehhilfe möglich
	4	5	nur wenige Schritte mit Unterstützung einer Person möglich
Inkontinenz	0	0	keine Inkontinenz
	1	3	zeitweilige Inkontinenz (z. B. nachts)
	2	4	ständige Urininkontinenz
	3	6	Stuhl- und Urininkontinenz
Kopfschmerz	0	0	kein Kopfschmerz
	1	1	intermittierender Kopfschmerz (z. B. nach der Nachtruhe), dauerhaft geringer Kopfschmerz
	2	4	dauerhafter heftiger Kopfschmerz
Schwindel	0	0	kein Schwindel
	1	1	unter Belastungssituationen auftretender Schwindel
	2	3	intermittierender Schwindel
	3	4	dauerhafter Schwindel

**Material und Methodik**

Im Zeitraum vom Februar 1995 bis Oktober 1999 wurden in den Kliniken für Neurochirurgie des Universitätsklinikums der Charité 61 Patienten, der Universität Homburg/Saar 27 Patienten und ab September 1997 in der Klinik für Neurochirurgie des Unfallkrankenhauses Berlin 40 Patienten mit einem Normaldruckhydrozephalus mittels Miethke-Dual-Switch-Ventil therapiert. Die insgesamt 128 Patienten mit einem primären oder sekundären Normaldruckhydrozephalus nahmen an der Nachuntersuchung sieben Monate postoperativ teil. Die Symptome aller Patienten wurden dem klinischen Grading für den Normaldruckhydrozephalus von Kiefer und Steudel [4] prä- und postoperativ zugrunde gelegt (Tab. 1) und der postoperative Krankheitsverlauf nach durchschnittlich 7 Monaten mittels der eigenen NPH-Recovery-Rate [5] verglichen (Tab. 2).

$$\text{NPH-R-R} = \frac{\text{Kiefer-Scale präoperativ-postoperativ}}{\text{Kiefer-Scale präoperativ}} \times 10$$

Die Wichtung der Symptome erfolgte entsprechend einem für den Normaldruckhydrozephalus von Kiefer und Steudel [4] in Tab. 1 dargestellten Grading, welches folgende klinisch-neurologische Kategorien bewertet: mentaler Status, Gangstörung, Inkontinenz, Kopfschmerz und Schwindelsymptomatik. In der Tab. 2 werden vergleichend die international sehr bekannte Black Grading Scale for Shunt Assessment mit der eigenen NPH-Recovery-Rate nebst der jeweiligen Patientenzahl dargestellt.

Die Indikationsstellung zur Shuntoperation erfolgte aufgrund der klinischen Symptomatik, der Untersuchungsergebnisse von CT und/oder MRT sowie des Cerebrospinal fluid tap test und in zwei Kliniken zusätzlich aufgrund der Untersuchungsergebnisse des intrathekalen Infusionstestes [6]. Mathematische Grundlagen, standardisierte Untersuchungsbedingungen und Indikationen zum rechnergestützten Infusionstest sowie Pathophysiologie, klinische Symptomatik und Krankheitsverlauf des NPH wurden ausführlich an anderer Stelle beschrieben [5–12].

**Tab. 2** Black Grading Scale for Shunt Assessment versus NPH-Recovery-Rate.

Black grading scale for shunt assessment	NPH-Recovery-Rate	Kategorie	Einschätzung	Patientenzahl	Prozent
excellent	ab 7 Punkte	größer 5 Punkte	gut/sehr gut	50	63
		größer 2 Punkte	befriedigend	7	16
good	ab 5 Punkte			30	
fair	ab 3 Punkte			14	
transient	ab 2 Punkte			7	
poor	weniger 2 Punkte	kleiner 2 Punkte	schlecht	26	21
dead	entfällt			1	

### Funktionweise des Dual-Switch-Ventils

Das neue Ventil besteht aus zwei unabhängig voneinander arbeitenden Ventilstufen – einer für die liegende Körperhaltung des Patienten und einer für die stehende oder sitzende Körperhaltung. Hierdurch gelingt es, den intraventrikulären Druck (IVP) auch im Stehen im physiologischen Bereich zu halten und eine ungewollte Überdrainage systematisch zu vermeiden. Die Aktivierung der erforderlichen Druckstufe erfolgt über eine Tantalkugel, die beim Aufrichten des Patienten die Liquordrainage auf der Niederdruckseite des Ventils unterbindet. Erst wenn auch in der stehenden Körperhaltung ein kritischer IVP erreicht ist, öffnet die Hochdruckstufe des Ventils und verhindert auf diese Weise einen weiteren Anstieg des Druckes (Abb. 1).

**Liegender Patient:** Solange die Eigenresorption und die Liquorproduktion im Gleichgewicht bleiben, liegt der IVP im physiologischen Bereich und das Ventil bleibt verschlossen. Ist die natürliche Liquorzirkulation gestört, steigt der Druck. Da der Lageschalter (Tantalkugel) geöffnet ist, wird die Liquordrainage durch die Niederdruckkammer freigegeben (Abb. 1). **Stehender Patient:** Beim Aufrichten des Patienten schließt der Lageschalter (Tantalkugel) und verhindert die durch den zusätzlichen hydrostatischen Druck hervorgerufene Liquordrainage. Bleibt die Liquorzirkulation gestört, wird bei weiter ansteigendem IVP die Hochdruckkammer des Ventils geöffnet. Hierdurch wird der IVP auch im Stehen im physiologischen Bereich gehalten. Sowohl eine Hirndruckkrise als auch eine ungewollte Überdrainage werden systematisch verhindert (Abb. 1).

Das Dual-Switch-Ventil wird bislang in neun unterschiedlichen Druckstufen angeboten. Sowohl für die Niederdruckseite – aktiv in der Liegeposition – als auch für die Hochdruckseite – aktiv in der Stehendposition – werden je drei unterschiedliche Druckstufen von Hersteller angeboten. Die Auswahl der Niederdruckseite richtet sich nach der Eignung eines Nieder-, Mittel- oder Hochdruckventils und kann mit Hilfe des intratheka-

len Infusionstestes mit größter Sicherheit bereits präoperativ verifiziert werden [6]. Für die Stehendposition ist dagegen die Körpergröße der Patienten entscheidend. Die Wirkungsweise des Dual-Switch-Ventils ist unabhängig von der Einbauhöhe des Implantates. Es wird empfohlen, das Ventil unterhalb des Schlüsselbeins im Brustbereich zu implantieren. Die optimale Einbaulage richtet sich nach individuellen Patientenkriterien. Auf dem Ventilgehäuse sind die Druckstufen, und durch einen Pfeil die Flussrichtung angegeben. Diese Kodierung im Ventilgehäuse ermöglicht die postoperative Kontrolle der Druckstufen mittels Röntgentechnik. Des Weiteren kann durch Röntgenkontrolle im Stehen und Liegen die Funktionstüchtigkeit des Lageschalters (Tantalkugel) überprüft werden [13 – 15].

### Ergebnisse

In der Gesamtgruppe von 128 Patienten befinden sich 72 Frauen und 56 Männer. 70 Patienten wurden mit einem idiopathischen NPH und 58 mit einem sekundären NPH behandelt. Die Behandlungsergebnisse der 128 Patienten nach Implantation eines Dual-Switch-Ventils wegen eines Normaldruckhydrozephalus werden in Tab. 2 dargestellt. Dabei zeigen 39% ein sehr gutes, 24% ein gutes, 11% ein graduelles, 5% ein transientes und 21% ein schlechtes Behandlungsergebnis 7 Monate nach der Shuntimplantation. Zusammengefasst konnten wir in dieser Multizenterstudie bei 80 Patienten gute bis sehr gute, bei 21 Patienten befriedigende und bei 27 Patienten schlechte Therapieerfolge resümieren. Der durchschnittliche Wert auf der Homburg-Scale (Abb. 2) entsprechend der Schwere der durch den Normaldruckhydrozephalus verursachten Symptomatik sank von  $12 \pm 5$  Punkten präoperativ auf  $7 \pm 4$  Punkte postoperativ bzw.  $6 \pm 5$  Punkten bei der Nachuntersuchung auf die Hälfte. Da das klinische Grading für den Normaldruckhydrozephalus nach Kiefer M et al. [4] besser zur individuellen Verlaufbeobachtung als zum Gruppenvergleich geeignet ist [5], wurden die Werte der NPH-Recovery-Rate postoperativ mit denjenigen der Nachuntersuchung 7 Monate nach der Shuntimplantation verglichen (Abb. 3). Hierbei zeigte die durchschnittliche

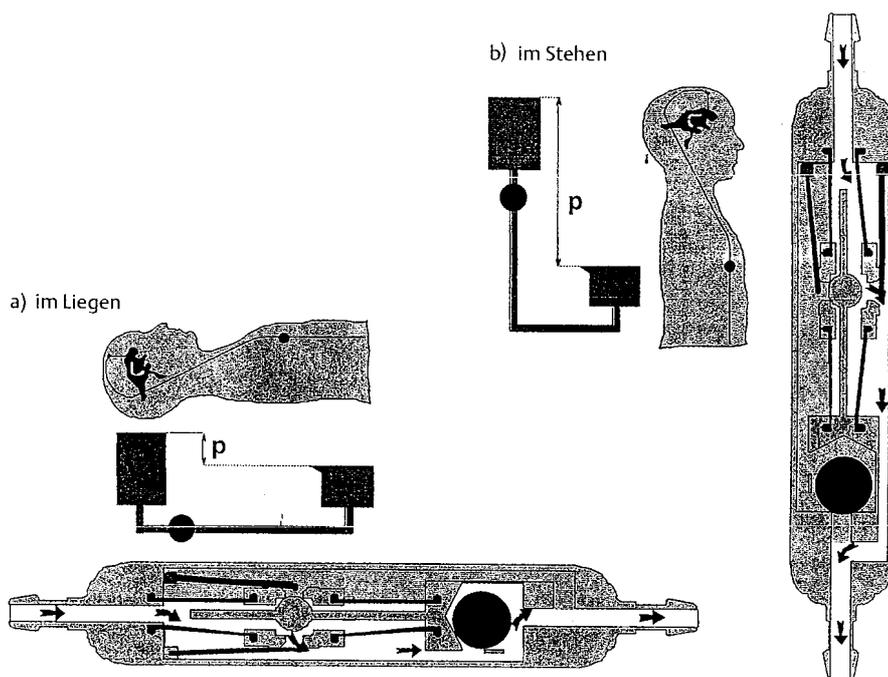
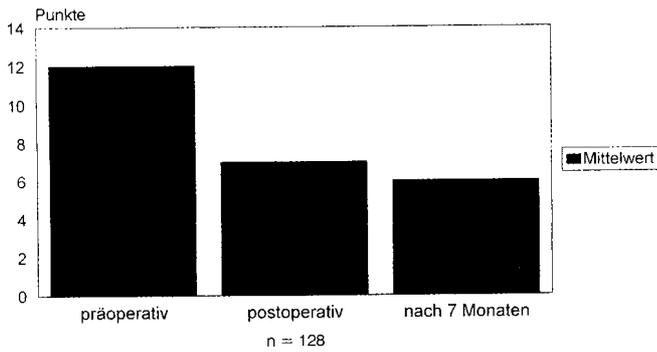


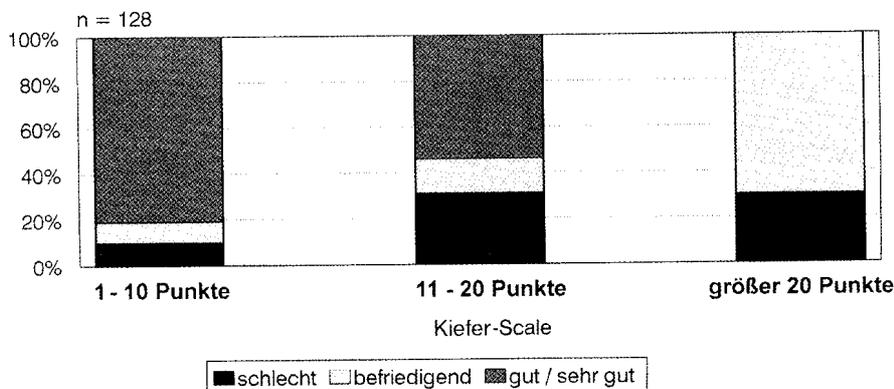
Abb. 1 Arbeitsprinzip des Miethke-Dual-Switch-Ventils.



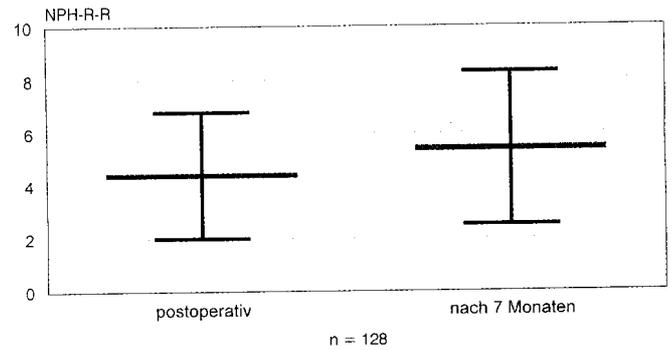
**Abb. 2** Homburg-Scale präoperativ, postoperativ und katamnestisch nach 7 Monaten.

Verhältniszahl postoperativ einen Wert von  $4,4 \pm 2,4$ , also ein Ergebnis im Übergangsbereich zwischen befriedigendem und gutem Behandlungserfolg, und nach 7 Monaten einen Wert von  $5,4 \pm 2,9$ , also ein durchschnittlich gutes Behandlungsergebnis.

Interessant gestaltet sich der Vergleich der präoperativen Schwere der Symptomatik des Normaldruckhydrozephalus, graduiert mittels der Homburg-Scale, mit dem Outcome nach 7 Monaten (Abb. 4). 48 Patienten (81%) mit einer vergleichsweise geringen Schwere der Symptomatik infolge des NPH und 1 bis 10 Punkten präoperativ auf der Homburg-Scale haben einen guten bis sehr guten Krankheitsverlauf. Fünf Patienten (9%) bzw. sechs Patienten (10%) dieser Gruppe weisen einen befriedigenden bzw. schlechten Krankheitsverlauf auf. Innerhalb der Patientengruppe mit einer stärkeren Ausprägung der präoperativen Symptomatik und dementsprechend 11 bis 20 Punkten auf der Homburg-Scale hatten 32 Patienten (54%) einen guten bis sehr guten Krankheitsverlauf, neun Patienten (15%) einen befriedigenden und 18 Patienten (31%) zeigten keine Besserung der Symptomatik sieben Monate postoperativ. Bei den 10 Patienten mit einer präoperativen Symptomatik schwerster Ausprägung und mehr als 20 Punkten auf der Homburg-Scale handelt es sich in toto um sekundäre NPH. In dieser Patientengruppe waren keiner (0%) mit einem guten bzw. sehr guten Krankheitsverlauf, sieben Patienten mit befriedigendem Krankheitsverlauf (70%) und drei Patienten (30%) ohne eine Besserung der präoperativen Symptomatik zu eruieren (Abb. 4).



**Abb. 4** Krankheitsverlauf versus präoperativer Symptomatik.



**Abb. 3** NPH-Recovery-Rate: NPH-R-R > 7 Punkte – sehr gutes Behandlungsergebnis, NPH-R-R > 5 Punkte – gutes Behandlungsergebnis, NPH-R-R > 2 Punkte – befriedigendes Behandlungsergebnis, NPH-R-R < 2 Punkte – schlechtes Behandlungsergebnis.

Mittels des Evans-Index prä- und postoperativ sowie katamnestisch nach sieben Monaten konnte die Ventrikelgröße bilanziert werden. Bei allen Patienten mit einem Miethke-Dual-Switch-Ventil betrug der Mittelwert des Evans-Index präoperativ  $0,41 \pm 0,06$ , postoperativ  $0,38 \pm 0,07$  und katamnestisch  $0,37 \pm 0,06$ . Somit konnte bei 90% der Patienten mit einem NPH trotz klinischer Besserung der Symptomatik und gutem bis sehr gutem Krankheitsverlauf nach Implantation dieses Ventiltyps keine statistisch signifikante Verringerung der Ventrikelgröße evaluiert werden.

Hinsichtlich der Komplikationen nach Shuntimplantation (Abb. 5) nimmt, wie auch bei anderen Ventilarten, die Infektionsrate mit sieben Patienten bzw. 5% die führende Stelle ein. Bei allen Patienten mit Shuntinfektionen wurde das Implantat entfernt. Nach Sanierung des Infektionsherdes erfolgte bei sechs Patienten eine erneute Ventilimplantation. Bei der Zweitimplantation wurde die Ventilstufe des Niederdruckbereiches in zwei Fällen entsprechend derjenigen der Erstimplantation gewählt. In vier Fällen entschied man sich für die jeweils niedrigere Ventilstufe im Niederdruckbereich des Dual-Switch-Ventils. Ein Patient lehnte die erneute Shuntoperation ab. Bei dem einen Patienten mit einer Shuntinsuffizienz (1%) wurde das Ventil durch ein neues ersetzt. 3-mal musste ein Ventrikelkatheter wegen Fehlplatzierung und 1-mal der proximale Ventrikelkatheter wegen Knickbildung – Dislokation/Okklusion proximal 3% – revidiert werden. Im distalen Ventilab-

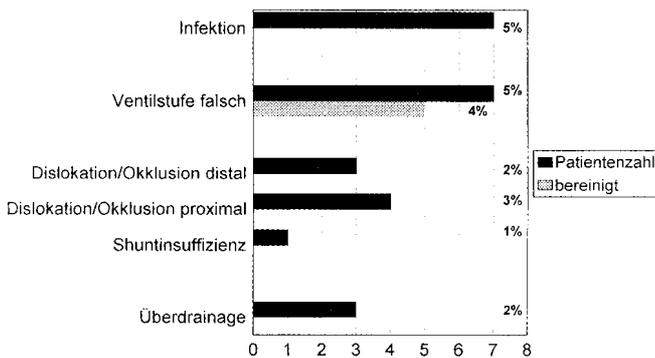


Abb. 5 Komplikationen nach Shuntimplantation.

schnitt (2%) erfolgten zwei Revisionen wegen Dislokation des Ableitschlauches in die Bauchdecke und eine Revision wegen Okklusion und Abflussbehinderung durch eine intraabdominale Zyste. Drei Patienten (2%) mit einem Miethke-Dual-Switch-Ventil zeigten in den bildgebenden Verfahren der Neuroradiologie eine augenscheinliche Abnahme der Ventrikelgröße als indirektes Zeichen der Überdrainage. Dabei wiesen zwei Patienten (2%) eine im Zusammenhang mit diesem neuroradiologischen Befund stehende Symptomatik wie Übelkeit, Erbrechen und Kopfschmerzen auf. Bei diesen beiden Patienten erfolgte eine Shuntrevision mit Implantation einer höheren Niederdruckstufe des Dual-Switch-Ventils.

Ebenfalls zwei Patienten (2%) mit einem Miethke-Dual-Switch-Ventil entwickelten im Krankheitsverlauf Subduralhämatome. Bei einem dieser Patienten resorbierte sich die intrakranielle Blutung ohne klinische Symptomatik innerhalb eines Monats; bei dem zweiten Patienten, welcher bereits im Zusammenhang mit der so genannten Überdrainagesymptomatik benannt wurde, musste der Shunt wieder entfernt und durch einen neuen mit höherer Nieder- und Hochdruckstufe ersetzt werden (Abb. 5). Die Morbidität betrug somit 19,5%. Ein Patient verstarb im Untersuchungszeitraum unabhängig von der Shuntimplantation an einem Herzinfarkt fünf Monate post operationem. Somit beträgt die shuntassoziierte Letalität innerhalb dieser Multizenterstudie 0%.

Insgesamt wurden die folgenden Ventilstufen bei der Erstoperation implantiert: 72-mal 130/400 mm H<sub>2</sub>O (56%), 23-mal 100/400 mm H<sub>2</sub>O (18%), 18-mal 130/500 mm H<sub>2</sub>O (14%), 5-mal 100/500 mm H<sub>2</sub>O (4%), 5-mal 160/500 mm H<sub>2</sub>O (4%), 4-mal 130/300 mm H<sub>2</sub>O (3%) und 1-mal 160/400 mm H<sub>2</sub>O (1%). Bei sieben Patienten (5%) erfolgte aufgrund der nur kurzzeitigen oder nicht erudierbaren Besserung der klinischen Symptomatik bzw. der Verschlechterung im Krankheitsverlauf nach deutlicher Regredienz der Symptomatik postoperativ die Neuimplantation einer niedrigeren Stufe des Dual-Switch-Ventils. Einmal wurde die Öffnungsdruckstufe von 130/400 mm H<sub>2</sub>O auf 80/400 mm H<sub>2</sub>O verändert und je 2-mal von 130/400 mm H<sub>2</sub>O auf 100/400 bzw. 100/500 mm H<sub>2</sub>O sowie von 160/500 mm H<sub>2</sub>O auf 140/400 mm H<sub>2</sub>O. Drei dieser Patienten hatten mit der neuen Ventilstufe einen guten bis sehr guten Krankheitsverlauf, zwei Patienten einen befriedigenden und bei den restlichen zwei Patienten änderte sich die klinische Symptomatik auch nicht nach der zweiten Shuntimplantation, so dass die bereinigte Angabe für die falsch gewählten Ventilstufen auf fünf Patienten bzw. 4% zu korrigieren ist (Abb. 5).

## Diskussion

Alle gebräuchlichen Ventile funktionierten nach dem Differenzialdruckprinzip. Das bedeutet, dass die Passage durch das Ventil freigegeben wird, wenn die Druckdifferenz zwischen dem Einlass und dem Auslass des Ventils den spezifischen Öffnungsdruck des Ventils übersteigt. Nach Aschoff u. Mitarb. [1] hat man die Wahl zwischen fünf technischen Möglichkeiten: Schlitz-, Kreuzschlitz-, Membran-, Lippen- und Kugel in Konusventil sowie Orbis-Sigma-Ventil als Kombination eines Nadel- und Membranventils. Durch 195 verschiedene Ventilkonstruktionen mit ungefähr 450 Druckstufen existieren rund 1200 verschiedene Möglichkeiten. Diese Shuntsysteme setzen sich in der Regel aus einem Schlauchsystem aus Silikonmaterial und einem Einwegventil zusammen. Zur Anpassung an die individuellen Erfordernisse der Patienten stehen Ventile mit verschiedenen Öffnungsdrücken zur Verfügung [14]. Zur Vermeidung des so genannten Siphoneffektes wurde das Anti-Siphon-Device entwickelt. Dabei handelt es sich um ein Zusatzventil, das eine Überdrainage in der vertikalen Körperposition verhindern soll.

Die allgemeinen Besserungsraten bei Patienten mit einem Normaldruckhydrozephalus variieren nach einer Shuntoperation in der Literatur zwischen 31 und 96% mit einem Durchschnittswert von 53% [16, 17]. Vanneste [19] gibt nach einer Metaanalyse Besserungsraten von 30–50% beim idiopathischen NPH und beim sekundären NPH 50–70% an. Die Ergebnisse unserer Multizenterstudie liegen mit 63% guten und sehr guten Behandlungsergebnissen sowie 16% befriedigendem Krankheitsverlauf (Tab. 2), also mit einer allgemeinen Besserungsrate von 79% deutlich über diesen internationalen Angaben. Dies spiegelt auch die durchschnittliche Halbierung der Schwere der Symptomatik des NPH, graduiert nach der Homburg-Scale (Abb. 2), nach Shuntimplantation in unserer Multizenterstudie wider. Die nach klinischen Kriterien der NPH-Recovery-Rate bei Patienten mit Miethke-Dual-Switch-Ventilen (Abb. 3) im Vergleich zur internationalen Literatur besseren Behandlungsergebnisse werden sicherlich durch die Erfahrung unserer drei Arbeitsgruppen in der Diagnostik und Therapie von Patienten mit einem Normaldruckhydrozephalus [3, 12, 14, 15] mitbestimmt, müssen aber im Wesentlichen dem Konstruktionsprinzip des Dual-Switch-Ventils, welches der variablen Körperstellung des Patienten Rechnung trägt, zugeschrieben werden [3, 20].

Die Korrelation des Krankheitsverlaufes nach Implantation eines Dual-Switch-Ventils mit dem Schweregrad der präoperativen Symptomatik (Abb. 4) skizziert einerseits die Eignung des klinischen Gradings für den Normaldruckhydrozephalus nach Kiefer und Steudel [4], auch Homburg-Scale genannt, und andererseits die Notwendigkeit der Diagnostik und Therapie des Normaldruckhydrozephalus im Frühstadium, da im Spätstadium bereits zerebrale Autoregulationsstörungen bestehen und dadurch die Therapieergebnisse nach einer Ventilimplantation schlechter sind. Somit bewirkt eine Diagnoseverschleppung im ungünstigen Fall für den Patienten eine irreversible Herabsetzung seines kognitiven Potenzials. Aus diesem Grunde ist eine sensitive Diagnostik und daraus resultierende Therapie für den weiteren Verlauf des NPH essenziell. Dies bestätigen die eigenen Untersuchungsergebnisse. 81% der NPH-Patienten mit einer geringen präoperativen Symptomatik und somit frühzeitiger Diagnosestellung und Therapie haben nach der

Shuntimplantation einen guten bis sehr guten Krankheitsverlauf. Demgegenüber erniedrigt sich deren Anteil bei mittlerer Schwere der durch den NPH verursachten Symptomatik auf 54% und bei schwersten Symptomen auf 0% (Abb. 4). Reziprok verhalten sich hierzu die befriedigenden und schlechten Krankheitsverläufe (Tab. 2).

Nach Shuntoperationen bei Patienten mit einem Normaldruckhydrozephalus gaben Grumme u. Mitarb. [21] eine Letalität von 0–6% und Überdrainagephänomene in einer Häufigkeit von 6–20% an. Vergleichsweise liegen in der eigenen Multizenterstudie die Letalität mit 0% und die Überdrainagerate mit 2% unter den internationalen Zahlenangaben [18, 22, 23]. Auch die eigenen Angaben zur peri- und postchirurgischen Komplikationsrate sind mit 19,5% im unteren Bereich derjenigen von Vanneste [19] mit 20–40% angesiedelt. Dieser Prozentsatz schließt sowohl die Infektionsrate [16] als auch die Über- und Unterdrainagen sowie die Shuntinsuffizienz nebst Dislokation und/oder Okklusion ein (Abb. 5). Insbesondere die geringe Überdrainagerate des Miethke-Dual-Switch-Ventils im Vergleich zu den Standardventilen muss an dieser Stelle hervorgehoben werden. Trost u. Mitarb. [24] bescheinigen Standardventilen stabile Kennlinien in der Langzeittestung. Eine niederländische Multizenterstudie [25, 26] erbrachte bei Patienten mit einem Normaldruckhydrozephalus einen signifikant besseren Krankheitsverlauf, wenn Standardventile im Niederdruckbereich implantiert worden waren, als nach Implantation von Standardventilen im Mitteldruckbereich, doch musste dieser Vorteil mit einer höheren Überdrainagerate von 73% versus 34% erkauft werden. Zur klinischen Relevanz dieser postoperativen Komplikation, welche als subdurale Hygrome beschrieben werden, wurde nicht Stellung genommen. Diese Komplikationsraten sind als außergewöhnlich hoch einzustufen. Einerseits sind Standardventile kostengünstig, andererseits würde auch nur eine Überdrainagekomplikation die Kostenrechnung zulasten von 30 und mehr Ventilen mit einem Negativsaldo belasten [27].

Die relativ beachtliche Anzahl von implantierten Dual-Switch-Ventilen mit zu hoher Druckstufe, insbesondere in der Niederdruckkammer des Dual-Switch-Ventils, ist teilweise durch die Nichtanwendung des intrathekalen Infusionstestes in einer der drei Kliniken zu erklären. In dieser Klinik trat doppelt so häufig die genannte Problematik auf im Vergleich zu den beiden anderen Kliniken und dem Einsatz des dynamischen Infusionstestes in Konstantflusstechnik und der damit möglichen Verifizierung der für den jeweiligen Patienten optimalen Ventilöffnungsdruckstufe mit Hilfe der spezifischen Patientenkenlinie für den Abflusswiderstand [6, 8]. Andererseits ist die hohe Zahl von Unterdrainagen in dieser Klinik auch dadurch zu erklären, dass aus Gründen der Homogenität und zur Vermeidung von Überdrainagen zu Beginn der Implantation des Dual-Switch-Ventils im Jahre 1995 ausschließlich Ventile mit einem Öffnungsdruck von 130 mm H<sub>2</sub>O für die liegende Patientenposition implantiert wurden, unabhängig von der Ätiologie des Hydrozephalus. Aufgrund der guten Erfahrungen mit dem Dual-Switch-Ventil bezüglich der Überdrainagekomplikation ist man auch in dieser Klinik nach Abschluss der Einführungsphase in eine differenzierte Druckstufenauswahl übergegangen.

Alternativ wäre für die Patienten mit einer Zweitoperation wegen vermeintlicher Ventilunterdrainage die Implantation ei-

nes verstellbaren Ventils mit nachgeschalteten Antisiphon-Device als Shuntassistenten für die aufrechte Körperhaltung des Patienten zu diskutieren. Selbige Ventile sind deutlich teurer und auch nicht unproblematisch. Beim Sophy- und Medos-Hakim-Ventil kann der Öffnungsdruck mit Hilfe eines Magneten perkutan reguliert und eingestellt werden. Auch bei Patienten mit einem Normaldruckhydrozephalus haben Medos-Hakim-Ventile eine positive Bewertung erfahren [2]. Nachteilig ist die externe Beeinflussung durch Magnetfelder wie MRT, Flughafenkontrollanlagen, Lautsprecher und Kopfhörer. Eine Überdrainage ist auch mit diesem Ventil nicht zu verhindern [16]. Bei den programmierbaren Ventilen ist insbesondere das Problem zu diskutieren, nach welchen Kriterien die Regulierung der Ventildruckstufe erfolgen soll. Eine kurzfristige Verschlechterung der Symptomatik kann ebenso wenig zur Veränderung der Öffnungsdruckstufe führen, wie auch eine Besserung beispielsweise der Kopfschmerzsymptomatik kein positives Kriterium für eine erfolgreiche Ventileinstellung sein kann. Auch muss eine Veränderung der Ventildruckstufe allein nach der Ventrikelgröße im Computertomogramm abgelehnt werden.

Konträr zu Tans und Poortvliet [28] haben wir nach Shuntimplantation zwischen der klinischen Besserung und der Abnahme der Ventrikelgröße keine Beziehung nachweisen können. Eine signifikante Abnahme der Ventrikelgröße wurde bei Patienten mit einem Normaldruckhydrozephalus nach Shuntimplantation meist nicht beobachtet. Dies verdeutlichen unsere Untersuchungsergebnisse bezüglich des Evans-Index bei 128 Patienten mit einem implantierten Miethke-Dual-Switch-Ventil. Aufgrund atrophischer Prozesse verliert das Gehirn eines älteren Menschen seine elastischen Eigenschaften [29]. Histologische Untersuchungen an Katzen zeigten, dass eine hydrozephalische Ventrikelvergrößerung zu einer Degeneration der Axone führt [30]. Nach Rubin u. Mitarb. [30] basiert eine Rekonstruktion des Hirnmantels nach erfolgreicher Ventilableitung nicht auf einer Regeneration des untergegangenen Gewebes, sondern auf einer kompensatorischen Verbreiterung der noch intakten weißen Substanz und der Glia sowie des vaskulären Kapillarnetzes. Die strukturellen Schädigungen bleiben bestehen. Die für die Restitution entscheidenden Faktoren bilden demnach die zerebralen Kompensationsmechanismen und die Quantität der nicht geschädigten Strukturen. Untersuchungen von Hakim [31] über die hydraulischen Eigenschaften des neuralen Gewebes stützen diese Annahme. Danach ist beim Normaldruckhydrozephalus des chronischen Stadiums eine Reduktion der Ventrikelweite kaum noch zu erwarten, da die lang dauernde bioplastische Deformierung zu einem Untergang des Hirngewebes geführt hat. Nur über einen Schalt- und Regelkreis sowie compliance- oder druckgesteuerte Ventile – intelligente Ventile – würden eine physiologische Liquordrainage erlauben. Derartige Ventile sind leider technisch nicht ausgereift und für den klinischen Einsatz noch nicht verfügbar [32].

Somit scheint der Krankheitsverlauf bei Patienten mit einem Normaldruckhydrozephalus von der Schwere der Erkrankung zum Zeitpunkt der Shuntimplantation und von der Art des implantierten Ventils bestimmt zu sein. Nach den Untersuchungen von Lee u. Mitarb. [33] zielt die Shuntoperation auf eine Verbesserung des zerebralen Blutflusses sowie der Vasomotorik ab. Im Hinblick auf diese Forderung ist nach den vorliegenden Erfahrungen die Auswahl eines Dual-Switch-

Ventil für Patienten mit einem Normaldruckhydrozephalus besonders zu empfehlen.

## Literatur

- 1 Aschoff A, Benesch C, Kremer P et al. Overdrainage and shunt-technology. A critical comparison of programmable, hydrostatic and variable-resistance-valve and flow-reducing devices. *Child's Nerv Syst* 1995; 11: 193–202
- 2 Reinprecht A, Czech T, Dietrich W. Clinical experience with a new pressure-adjustable shuntvalve. *Acta Neurochir* 1995; 134: 119–124
- 3 Sprung C, Miethke C, Trost HA, Lanksch WR. The dual-switch valve. *Child Nerv Syst* 1996; 12: 573–581
- 4 Kiefer MW-I, Steudel W. Moderne Diagnostik und Therapie des Hydrozephalus beim älteren Menschen. *Saarländ Ärzteblatt* 1994; 47: 498–505
- 5 Meier U. Zur klinischen Graduierung des Normaldruckhydrozephalus. *Akt Neurologie* 1999; 26: 127–132
- 6 Meier U. Der intrathekale Infusionstest als Entscheidungshilfe zur Shunt-Operation beim Normaldruckhydrozephalus. *Akt Neurologie* 1997; 24: 24–35
- 7 Meier U, Knopf W, Gärtner F et al. Indikationen zum intrathekalen Infusionstest bei Störungen der Liquordynamik. *Zentralbl Neurochir* 1990; 51: 107–111
- 8 Meier U, Reichmuth B, Knopf W, Riederer A. Intrathecal infusion test: An investigative method to treat malresorptive hydrocephalus by shunt operation. In: Lorenz R, Klinger M, Brock M (eds): *Advances in Neurosurgery* 21. Berlin: Springer, 1993: 125–129
- 9 Meier U, Reichmuth B, Zeilinger FS, Lehmann R. The importance of xenon-computed tomography in the diagnosis of normal pressure hydrocephalus. *Intern J Neuroradiology* 1996; 2: 153–160
- 10 Meier U, Zeilinger FS, Kintzel D. Diagnostic in normal pressure hydrocephalus: A mathematical model for determination of the ICP-dependent resistance and compliance. *Acta Neurochir* 1999; 141: 941–948
- 11 Meier U, Zeilinger FS, Kintzel D. Signs, symptoms and course of disease in normal pressure hydrocephalus in relation to cerebral atrophy. *Acta Neurochir* 1999; 141: 1039–1048
- 12 Meier U, Zeilinger FS, Kintzel D. Pathophysiologie, Klinik und Krankheitsverlauf beim Normaldruckhydrozephalus. *Fortschr Neurol Psychiatr* 1998; 66: 176–191
- 13 Miethke C, Affeld K. A new valve for the treatment of hydrocephalus. *Biomed Technik* 1994; 39: 181–187
- 14 Sprung C, Miethke C, Shaken K, Lanksch WR. The importance of the dual-switch valve for the treatment of adult normotensive or hypertensive hydrocephalus. *Eur J Pediatr Surg* 1997; 7, Suppl 1: 38–40
- 15 Sprung C, Miethke C, Shakeri K, Lanksch WR. Pitfalls in shunting of hydrocephalus – clinical reality and improvement by the hydrostatic dual-switch valve. *Eur J Pediatr Surg* 1998; 8, Suppl 1: 26–30
- 16 Pollack IF, Albright AL, Adelson PD, The Hakim-Medos Investigator Group. A randomized, controlled study of a programmable shunt valve versus a conventional valve for patients with hydrocephalus. *Neurosurgery* 1999; 45: 1399–1411
- 17 Aguas-Valiente J, Martinez-Manas R, Ferrer-Rodriguez E. Diagnostic and therapeutic criteria of adults normal-pressure hydrocephalus. Descriptive multicenter national study. *Rev Neurol* 1997; 25: 27–36
- 18 Sotelo J, Rubalcava MA, Gomez-Liata S. A new shunt for hydrocephalus that relies on CSF production rather than on ventricular pressure: initial clinical experiences. *Surg Neurol* 1995; 43: 324–331
- 19 Vanneste JAL. Diagnosis and management of normal-pressure hydrocephalus. *J Neurol* 2000; 247: 5–14
- 20 Trost HA, Sprung C, Lanksch W et al. Dual-Switch Valve: Clinical performance of a new hydrocephalus valve. *Acta Neurochir* 1998; 71, Suppl: 360–363
- 21 Grumme T, Kolodziejczyk D. *Komplikationen in der Neurochirurgie. Band 2: Kraniale, zerebrale und neuropädiatrische Chirurgie.* Berlin: Blackwell, 1995: 534–540
- 22 Czosnyka Z, Czosnyka M, Richards HK, Pickard JD. Posture-related overdrainage: Comparison of the performance of 10 hydrocephalus shunts in vitro. *Neurosurgery* 1998; 42: 327–334
- 23 Decq P, Barat JL, Duplessis E et al. Shunt failure in adult hydrocephalus: flow controlled shunt versus differential pressure shunts – A cooperative study in 289 patients. *Surg Neurol* 1995; 43: 333–339
- 24 Trost HA, Claussen G, Heissler HE, Gaab MR. Long term in vitro test results of various new and explanted hydrocephalus shunt valves. In: Avezaat CJJ, Eijndhoven JHM, van Maas AIR, Tans JTJ (eds): *Intracranial Pressure VIII.* Berlin: Springer, 1993: 901–904
- 25 Boon AJW, Thans JThJ, Delwel EJ et al. Dutch normal pressure hydrocephalus study. The role of cerebrovascular disease. *J Neurosurg* 1999; 90: 221–226
- 26 Jong de DA, Delwel EJ, Avezaat CJJ. Hydrostatic and hydrodynamic considerations in shunted normal pressure hydrocephalus. *Acta Neurochir* 2000; 142: 241–247
- 27 Weiner HL, Constantini S, Cohen H, Wisoff JH. Current treatment of normal-pressure hydrocephalus: Comparison of flow-regulated and differential-pressure shunt valves. *Neurosurgery* 1995; 37: 877–884
- 28 Tans JTJ, Poortvliet DCJ. Reduction of ventricular size after shunting for normal pressure hydrocephalus related to CSF dynamics before shunting. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1988; 51: 521–525
- 29 Cardoso ER, Del Bigio MR. Age-related changes of cerebral ventricular size. *Acta Neurochir* 1989; 97:1: 35–138
- 30 Rubin RC, Hochwald GM. Reconstitution of cerebral cortical mantle following hydrocephalus. In: Wood JH (ed): *Neurobiology of Cerebrospinal Fluid* 2. New York: Plenum Press, 1983: 821–833
- 31 Hakim CA. *The physics and physio-pathology of the hydraulic complex of the central nervous system. The mechanics of hydrocephalus and normal pressure hydrocephalus.* Dissertation. Massachusetts Institute of Technology, 1985
- 32 Miyake H, Ohta T, Kajimoto Y, Nagao K. New concept for the pressure setting of a programmable pressure valve and measurement of in vivo shunt flow performed using a microflowmeter. *Technical note. J Neurosurg* 2000; 92: 181–187
- 33 Lee EJ, Hung YC, Chang CH et al. Cerebral blood flow velocity and vasomotor reactivity before and after shunting surgery in patients with normal pressure hydrocephalus. *Acta Neurochir* 1998; 140: 599–605

Priv.-Doz. Dr. med. Ullrich Meier

Klinik für Neurochirurgie  
Unfallkrankenhaus Berlin  
Warener Straße 7  
12683 Berlin