

Aus dem Universitätsklinikum Münster
Klinik und Poliklinik für Neurochirurgie

- Direktor: Univ.-Prof. Dr. H. Wassmann -

Ergebnisse der Hydrozephalustherapie
im
klinischen Alltag

INAUGURAL - DISSERTATION

zur

Erlangung des doctor medicinae

der Medizinischen Fakultät
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von Walendzik, Uwe Heinz

aus Marl

2006

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Heribert Jürgens

1. Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. H. Wassmann

2. Berichterstatter: Prof. Dr. H. Kretschmer

Tag der mündlichen Prüfung: 26.05.2006

Aus dem Universitätsklinikum Münster
Klinik und Poliklinik für Neurochirurgie
- Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. H. Wassmann -

Referent: Univ.-Prof. Dr. med. H. Wassmann
Koreferent: Prof. Dr. med. H. Kretschmer

ZUSAMMENFASSUNG

Ergebnisse der Hydrozephalustherapie
im
klinischen Alltag
Uwe Walendzik

Im Zeitraum vom 01.01.1989 bis zum 31.12.1994 wurden 146 Patienten im Alter von einem Tag bis zu 15 Jahren mit einem Hydrozephalus unterschiedlichster Ätiologie erstmalig mit einem Shuntsystem oder Rickham-Reservoir versorgt. Insgesamt waren 326 operative Eingriffe bei diesen Kindern notwendig: 146 primäre Operationen sowie 180 Revisionseingriffe. Bei diesen Patienten wurden im Beobachtungszeitraum von sechs Jahren 215 Differenzdruckventile sowie 16 Rickham-Reservoirs implantiert.

Ziel dieser Studie war es, die Gegebenheiten der Hydrozephalustherapie im klinischen Alltag in den Jahren 1989 bis 1994 darzustellen. Insbesondere sollten die aufgetretenen Komplikationen nach den liquorableitenden Operationen benannt und analysiert werden. Festgestellt wurde eine Komplikationsrate nach den primären liquorableitenden Operationen von 48 %. Die Gesamtrevisionsrate, auf die operativen Eingriffe bezogen, lag bei 55,2 %. Die patientenbezogene Infektionsrate nach der Primäroperation lag bei 8,9 % (n=13), die Gesamtinfektionsrate, auf alle 326 operativen Eingriffe bezogen, bei 10,7 % (n=35). Hauptrisikofaktoren für das Auftreten von Komplikationen waren das Alter unter 6 Monaten zum Zeitpunkt der primären Operation sowie die Ätiologie des Hydrozephalus. 51,2 % der Revisionen entfielen auf den posthämorrhagischen Hydrozephalus sowie auf den Hydrozephalus bei Myelomeningocelen, die einen Anteil von 36,9 % der Patienten stellten. Weiter zeigte sich, dass Operateure, die eine geringe Anzahl von Primäroperationen durchgeführt hatten, eine höhere postoperative Infektionsrate aufwiesen.

Tag der mündlichen Prüfung : 26.05.2006

Inhaltsverzeichnis		Seite
1	Einleitung	4
2	Theoretische Grundlagen	5
2.1	Historischer Überblick	5
2.2	Das Liquorsystem	10
2.3	Der Hydrozephalus und seine Formen	13
2.4	Sonderformen	15
2.4.1	Isolierter Ventrikel	15
2.4.2	Posthämorrhagischer Hydrozephalus bei Frühgeborenen	15
2.4.3	Subdurale Hygrome	15
2.4.4	Arachnoidale und zerebrale Zysten	16
2.5	Klinisches Bild des Hydrozephalus	17
2.6	Diagnostik des Hydrozephalus	17
2.7	Therapie des Hydrozephalus	18
2.7.1	Konservativ-medikamentöse Therapie	18
2.7.2	Operative Therapie	18
2.7.3	Temporäre operative Verfahren	19
2.7.3.1	Lumbale Drainage	19
2.7.3.2	Externe Ventrikeldrainage	19
2.7.4	Permanente operative Verfahren	20
2.7.4.1	Endoskopische Verfahren	20
2.7.4.2	Liquorshunt	21
2.7.4.3	Subduroperitonealer Shunt und zystoperitonealer Shunt	22
2.7.4.4	Liquorreservoir (Rickham-Reservoir)	23
3	Ventilsysteme	23
3.1	Differentialdruck-Ventile	24
3.2	Selbsteinstellende Ventile (fluss-gesteuerte Ventile)	24
3.3	Hydrostatische Ventile	25
3.3.1	Antisiphon-Ventile (ASD)	26
3.3.2	Gravitationsgesteuerte Ventile	26
3.3.2.1	Counterbalancer-Typ	26

3.3.2.2	Switcher-Typ	27
4	Patientengut und Verfahren	28
4.1	Patientengut	28
4.2	Zielsetzung	28
4.3	Ventiltypen	29
4.3.1	Cordis Hakim™ Ventil	29
4.3.2	Cordis Hakim™ pediatric Ventil	29
4.3.3	Codman® - Medos® nicht programmierbares Ventil	30
4.3.4	Cordis Omnishunt™ pediatric System	30
4.3.5	Codman® - Medos® programmierbares Ventil	31
4.3.6	Sophy® SU8 programmierbares Ventil	31
4.4	Postoperative Komplikationen	31
5	Ergebnisse	33
5.1.	Operationen und Revisionen	33
5.2	Altersstrukturen	39
5.2.1	Alter der Patienten bei erster operativer Versorgung	39
5.2.2	Altersstruktur der Patienten ohne sowie mit Revisionen	40
5.2.3	Altersstruktur der Patienten bei 326 Operationen	41
5.2.4	Veränderung des Durchschnittsalters zum Zeitpunkt der primären Operation	43
5.3	Operateure	45
5.3.1	Beteiligte Operateure	45
5.3.2	Komplikations- und Infektionsrate nach Erstoperation pro Operateur	48
5.4	Ätiologie des Hydrozephalus	49
5.5	Ableitungsformen	52
5.6	Implantierte Ventiltypen	53
5.6.1	Implantierte Ventiltypen im Gesamtzeitraum 1989 – 1994	53
5.6.2	Implantierte Ventiltypen bei primärer Versorgung	56
5.7	Revisionen	59
5.7.1	Art und Anzahl der Revisionen	59
5.7.2	Revisionsgründe nach primärer Shuntanlage	61

5.7.3	Revisionen auf Ventile bezogen	62
5.7.4	Relativer Anteil der Hydrozephalusformen an den Revisionen	65
5.7.5	Revisionen und Ätiologie des Hydrozephalus	66
5.7.6	Veränderung des Revisionspektrums im Revisionsverlauf	69
5.7.7	Verteilung der Revisionen auf die Untersuchungsjahre	70
5.7.7.1	Revisionen nach den Primäroperationen pro Jahr	70
5.7.7.2	Gesamtrevisionen pro Jahr	71
5.7.8	Infektionsraten	72
5.7.9	Revisionshäufigkeit pro Patient	73
5.7.10	Altersstruktur der Patienten bei Revisionseingriffen	74
5.7.11	Zeitliche Betrachtung der Revisionen	75
5.7.11.1	Zeitintervall zwischen den Revisionen	75
5.7.11.2	Zeitintervall zwischen den Revisionen, auf die Ätiologie bezogen	77
5.7.11.3	Zeitliches Auftreten der Revisionen	77
5.8	Revisionsraten	79
6	Diskussion	81
7	Schlussfolgerung	103
8	Abkürzungen	104
9	Literaturverzeichnis	105
10	Lebenslauf	123
11	Danksagung	125

1 Einleitung

Im klinischen Alltag gehört die Shuntoperation mit zu den Standard-Operationen in der Neurochirurgie. Gleichzeitig ist sie diejenige mit den höchsten postoperativen Komplikationsraten, besonders in der pädiatrischen Neurochirurgie. Trotz Jahrzehnte klinischer Erfahrungen, zahlreichen technischen Weiterentwicklungen der Shuntkomponenten und insbesondere trotz der großen Anzahl verfügbarer Ventilsysteme scheinen sich die Revisionsraten in den letzten beiden Jahrzehnten nicht wesentlich verändert zu haben. Im Gegensatz zu den technischen Schwierigkeiten der Shuntsysteme treten in der Hydrozephalustherapie im klinischen Alltag weitere mannigfaltige Probleme auf. Im Laufe der Jahre haben ganz unterschiedliche Operateure die Shuntimplantationen durchgeführt. Das operative Vorgehen, die Korrektheit des Eingriffs, die Dauer des Eingriffs wie auch die saubere Durchführung dieser Eingriffe sind bei den verschiedenen Operateuren ganz unterschiedlich. Ein wichtiger Punkt, der sich daraus ergibt, ist die Tatsache, dass Schwachpunkte in der Hydrozephalustherapie im klinischen Alltag nur dann erkannt und beseitigt werden können, wenn eine gewisse Konstanz in Bezug auf die Ableitungsformen, die Operateure als auch der verwendeten Shunt- / Ventilsysteme sichergestellt ist. Obwohl die Ergebnisse in einigen Studien gezeigt haben, dass die Komplikationsrate nach Shuntoperationen, insbesondere die Infektionsrate, deutlich zu senken ist, scheint die Umsetzung dieser Ergebnisse im klinischen Alltag der Hydrozephalustherapie schwierig zu sein.

Es sollten daher in dieser retrospektiven Studie die Ergebnisse der Shunttherapie im Kindesalter in der Klinik und Poliklinik für Neurochirurgie der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster im Zeitraum von 1989 bis 1994 dargestellt werden sowie Faktoren benannt werden, die eine mögliche Ursache für die aufgetretene Komplikationen darstellen.

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Historischer Überblick

„Nach alten medizinhistorischen Überlieferungen (Papyrus Edwin Smith) war das Krankheitsbild des „Wasserkopfes“ mindestens schon um 2500 v. u. Z. bekannt“ (KRETSCHMER 1971). In den folgenden Jahrhunderten beschäftigte man sich immer wieder mit der Entstehung und Natur des Hydrozephalus. In der griechischen Antike beschrieb Hippokrates (um 460 - um 370 v. Chr.) den Hydrozephalus als Ursache einer perienzephalen Flüssigkeitsansammlung (KRETSCHMER 1971). Celsus, Aulus Cornelius, römischer Enzyklopädist des 1. Jahrhunderts n. Chr., verfasste z. Zt. des Tiberius eine umfangreiche Enzyklopädie in lateinischer Sprache, wobei er im 4. Buch „De medicina“ das Erscheinungsbild des Hydrozephalus beschrieb (WALKER 1951). Galen (130 - 200 v. Chr.) beschrieb als erster die Ventrikelanatomie und vermutete bereits, dass der Plexus choroideus für die Liquorproduktion zuständig sein könnte. Von Oribasius wurden schon drei Formen des Hydrozephalus unterschieden: durch Flüssigkeitsansammlung zwischen Haut und Perikranium, zwischen Perikranium und Knochen, und zwischen Dura und Knochen (KRETSCHMER 1971). Im 7. Jahrhundert beschrieb Paulus von Aegina die gleichen Hydrozephalusformen, riet aber von chirurgischen Maßnahmen ab (WALKER 1951). Paulus von Aegina ordnete das Krankheitsbild dem sogenannten Phrenitis-Komplex zu, einem meningitischen Fieberzustand (KRETSCHMER 1971). Dazu zählte er Schädelvergrößerungen jeder Ätiologie, Flüssigkeitsansammlungen inner- und außerhalb des Schädels sowie das Kephalhämatom und das Caput succedaneum (KRETSCHMER 1971). 1510 zeichnete Leonardo da Vinci erstmals das menschliche Ventrikelsystem. Diese ersten Darstellungen des Ventrikelsystems wurden durch die Entdeckung des Aquädukts durch Jakobus Sylvius im Jahre 1515 ergänzt. Vesalius (1725) definierte den Hydrozephalus internus als eine Flüssigkeitsvermehrung innerhalb der Hirnhöhlen, die extreme Ausmaße annehmen und dabei die Hirnsubstanz zusammendrücken könne (KRETSCHMER 1971). Morgagni (1762) machte

darauf aufmerksam, dass der Hydrozephalus im Kindesalter zu einer erheblichen Kopfvergrößerung führt, nicht dagegen im Erwachsenenalter (zit.n: KRETSCHMER 1971). Obwohl Petit schon 1719 in seiner Arbeit „Hydrocephalie ou tumeur aqueuse de la tete“ festgestellt hatte, dass neben dem echten intrakraniellen Hydrozephalus andere Formen der Flüssigkeitsansammlung am Schädel nicht mit diesem Krankheitsbild in Zusammenhang gebracht werden dürften, konnte sich seine Ansicht offenbar lange Zeit nicht durchsetzen (HEPPNER 1966). 1768 beschrieb Whytt den Hydrozephalus internus als intraventrikuläre Flüssigkeitsvermehrung, definierte aber den Hydrozephalus externus als Flüssigkeitsansammlung außerhalb des Schädels. Er bezog sich dabei auf 20 Autopsiefälle und sah ihre auslösende Ursache in einer Störung des Flüssigkeitsaustausches zwischen Arterien und Venen (KRETSCHMER 1971).

Eine erste Einteilung, die unseren heutigen Vorstellungen schon sehr nahe kommt, veröffentlichte Underwood 1799 („A treatise on the diseases of children“) (HEPPNER 1966). Er definierte einen Hydrozephalus externus bei Liquoransammlung an der Hirnoberfläche und einen Hydrozephalus internus bei intraventrikulärer Liquorvermehrung. Nach ihrer Pathogenese unterschied er zwischen angeborenem, postinfektiösem, traumatischem und neoplastischem Wasserkopf, ohne jedoch die Meningitis als eigenes Krankheitsbild abzutrennen (KRETSCHMER 1971). Die Unterscheidung zwischen Hydrozephalus und Entzündungen des Gehirns erfolgte erst später durch Crampton 1815 und Eberle 1829 (FISHER 1951). Erst nach Begründung einer auf exakten Beobachtungen beruhenden wissenschaftlichen Medizin, woran Morgagni (1762) entscheidenden Anteil hatte, begann die Ära der kritischen Untersuchungen der Erkrankungen des Menschen (zit.n: KRETSCHMER 1971). Im 18. Jahrhundert beobachtete Valsalva (1741) Flüssigkeitsbewegungen im Subarachnoidalraum bei lebenden Tieren (KRETSCHMER 1971). Die französische Schule der Pathologie beeinflusste lange Zeit die Klassifikation des Hydrozephalus (KRETSCHMER 1971). Es wurde in akute, chronische, innere, äußere, kombinierte und kongenitale Hydrozephalusformen unterschieden, wobei alle Formen der

Meningitis mit eingeschlossen waren (KRETSCHMER 1971). West versuchte erstmalig 1848 eine Trennung in akute und chronische Formen (FISHER 1951). Er beschrieb den akuten Hydrozephalus bei der tuberkulösen Meningitis; beim chronischen Hydrozephalus erwähnte er die Kombination des angeborenen Hydrozephalus mit anderen Missbildungen. Als weitere Entstehungsmechanismen diskutierte er die Hirnschrumpfung, die Subarachnoidalblutung und den Verschluss der großen Hirnblutleiter (FISHER 1951). Da jedoch der Mechanismus der Liquorzirkulation nicht bekannt war, unterblieb eine Erklärung für die Entstehung der Liquorstauung. Erst nach Einsetzen einer fundierten neuro-anatomischen Forschung konnten die ursächlichen Störungen geklärt werden. Magendie beschrieb 1825 die mediane, Luschka 1859 die seitlichen Aperturen des 4. Ventrikels. Magendie hatte bereits eine klare Vorstellung von der Liquorbewegung zwischen den Ventrikeln und der Kommunikation mit dem Subarachnoidalraum des Gehirns und des Rückenmarks (KRETSCHMER 1971). Er fand Verstopfungen im Aquädukt und den Ausgängen des 4. Ventrikels und deutete sie richtig als eigentliche Hydrozephalusursache; jedoch nahm er an, dass der Liquor nur in der Pia mater gebildet würde. Die Erkenntnisse über die Liquorzirkulation gehen auf die Beobachtungen von Key und Retzius (1872) zurück, die eine klare Darstellung der Meningen und Liquorräume gaben (zit.n: KRETSCHMER 1971). Weitere Meilensteine in der Erforschung der Liquorzirkulation waren die „These von der dritten Zirkulation“ des amerikanischen Neurochirurgen Harvey Cushing und die Forschungen an Embryonen von Weed (zit.n: KRETSCHMER 1971). Unsere heutigen Vorstellungen über Produktion, Resorption und Zirkulation des Liquors beruhen im Wesentlichen auf den Untersuchungen von Dandy und Blackfan (1914). In Tierversuchen verstopften sie abwechselnd die einzelnen Foramina und sahen in den abgeschlossenen Ventrikeln isoliert einen Hydrozephalus entstehen. Seither gelten die Ventrikelplexus als die Hauptstätten der Liquorproduktion (KRETSCHMER 1971). Aufgrund neuerer Untersuchungen muss angenommen werden, dass unter pathologischen Bedingungen auch die Meningen und das Ventrikelependym zur Liquorproduktion befähigt sind (KRETSCHMER 1971). Die Liquorresorption ist bis heute noch nicht vollständig

geklärt. Unter physiologischen Bedingungen erfolgt sie wahrscheinlich vorwiegend innerhalb des Subarachnoidalraums (Pacchionische Granulationen, Hüllräume der Piagefäße, peri- und endoneurale Scheiden der Hirnnerven und Rückenmarkswurzeln, Cisterna terminalis) (KRETSCHMER 1971). Vermutlich findet aber beim Hydrozephalus auch eine Liquorresorption in den Plexus und im Ependym statt (KRETSCHMER 1971). Die von Dandy eingeführte Einteilung nach klinischen Gesichtspunkten in Hydrocephalus obstructivus sive occlusus und Hydrocephalus communicans mit den Untergruppen Hydrocephalus hypersecretorius und Hydrocephalus male- bzw. aresorptivus ist auch heute noch gebräuchlich (KRETSCHMER 1971).

Nach KRETSCHMER (1971) ist über die Hydrozephalusbehandlung in vorgeschichtlicher Zeit nur wenig bekannt. Kretschmer beschreibt, dass aus dem Papyrus von Edwin Smith sowie dem Corpus Hippocraticum als auch den Schriften von Celsus hervorgeht, dass Schädeltrepanationen im alten Ägypten sowie im Altertum vorgenommen wurden. Wahrscheinlich erfolgten diese aber zur Behandlung von Schädelhirntraumen. In den folgenden Jahrhunderten wurden die verschiedensten Behandlungsmethoden empfohlen und ohne große Erfolge angewendet. So empfahl Rhazes die Bandage des hydrozephalen Schädels (zit.n: KRETSCHMER 1971). Der französische Chirurg Guy Chauliac verkochte Skalpgefäße (HEPPNER 1966). Im Mittelalter wurden häufig Punktionen des Hydrozephalus vorgenommen, wobei durch die aufgetretenen Infektionen der Verlauf meistens fatal war (KRETSCHMER 1971).

Erst im 19. Jahrhundert wurden kausale Therapien des Hydrozephalus entwickelt und angewendet. Keen (1888) führte wiederholte Ventrikelpunktionen durch (zit.n: KRETSCHMER 1971). Chipault (1894) punktierte mehrfach den Hydrozephalus durch die Nase (zit.n: KRETSCHMER 1971). Des Weiteren wurden offene sowie geschlossene Ventrikeldrainagen erprobt. Anton und von Bramann (1907) führten den Balkenstich zur Behandlung des Hydrozephalus durch (zit.n: VOTH und HENN 1983). Thiry (1954) entwickelte die ventrikulo-kortikale Ableitung (Drainage zwischen Seitenventrikel und Hirnoberfläche) (zit.n: KRETSCHMER 1971). Andere versuchten, den Liquor in Fremdräume abzuleiten. So empfahl Ferguson 1898 die Ableitung aus dem Duralschlauch in

die Bauchhöhle (zit.n: VOTH und HENN 1983). 1914 leitete Heile den Liquor in den Pleuraspalt ab (zit.n: VOTH und HENN 1983). Eine weitere Methode, die von Heile 1925 durchgeführt wurde, war die Ableitung des Liquors in den Ureter sowie in die Blase. Payr (1908) war der erste, der den Liquor vom Seitenventrikel über ein Venentransplantat mit intakten Venenklappen zur Vermeidung eines Refluxes in den Sinus sagittalis superior ableitete (zit.n: VOTH und HENN 1983). Dandy (1918) führte die Exstirpation des Plexus choroideus als neues Therapieverfahren ein, welche auch immer wieder bis in die späten 50er-Jahre durchgeführt wurde (zit.n: VOTH und HENN 1983). Ein weiteres Verfahren, dass von Dandy 1920 zur Therapie des Hydrozephalus entwickelt wurde, war die retrograde Rekanalisierung des Aquädukts bei Stenosen (KRETSCHMER 1971). Leksell führte 1949 die Rekonstruktion des Aquädukts durch Anlage eines Metallröhrchens ein, die sogenannte Leksell-Drainage (KRETSCHMER 1971). 1939 wurde von Torkildsen in der Therapie des nicht kommunizierenden Hydrozephalus die Ventrikulozisternostomie eingeführt (KRETSCHMER 1971). Hierbei wird eine Verbindung zwischen Seitenventrikel und der Cisterna magna über eine Schlauchverbindung hergestellt. Dieses Verfahren wird teilweise bis heute angewendet. Erst mit der Entwicklung von modernen gewebe-verträglichen Kunststoffen sowie der Entwicklung von zuverlässigen Ventilen begann die Ära der modernen Shunttherapie. 1949 entwickelte NULSEN das erste Kugel-Konus-Ventil. Dieses Ventil wurde von SPITZ implantiert, wobei der Liquor über einen Katheter in die Vena cava superior abgeleitet wurde. In den folgenden Jahren hat sich dieses Verfahren, die Ableitung des Liquors über ein implantiertes Drainagesystem mit einem dazwischen geschalteten Ventil, zur Standardtherapie des Hydrozephalus entwickelt.

2.2 Das Liquorsystem

Der Liquor cerebrospinalis hat die Funktion eines chemischen und mechanischen Puffersystems im Bereich des Zentralnervensystems und dient als Transportmedium innerhalb der Hirnventrikel (ARNOLD, LAAS 1983). Die Produktion des Liquor cerebrospinalis beginnt am Tag 50 post conceptionem und erfolgt hauptsächlich in den Plexus choroidei der Seitenventrikel, des III. und IV. Ventrikels sowie zum Teil in den Zellen des Hirnparenchyms (ARNOLD, LAAS 1983, OKSCHE 1983). Der Plexus choroideus besteht aus einer epithelialen Komponente, die ependymalen Ursprungs ist, und einem bindegewebigen Stroma, welches von leptomeningealem Material abstammt (OKSCHE 1983). Die Produktionsrate des Liquor cerebrospinalis ist abhängig von Durchblutung, aktiven Transportvorgängen, osmotischen Gradienten und intrakraniellen Druckverhältnissen und beträgt 0,30 - 0,37 ml/min (BROCK, DIETZ 1984). Somit werden täglich zwischen 450 und 600 ml Liquor sezerniert (KUNZ 2005). Das Gesamtvolumen des Ventrikelsystems beträgt ca. 35ml bei einem erwachsenen Menschen, das Gesamtvolumen des Liquorraums ca. 135 ml (KUNZ 2005). Durch Sekretion und Ultrafiltration gelangt der Liquor in die Ventrikel. Dabei bilden das Kapillarendothel, die Basalmembran und das isoprismatische Plexusepithel die Blut-Liquor-Schranke. Das Ventrikelsystem besteht aus zwei Seitenventrikeln sowie dem dritten und vierten Ventrikel (Abb. 2.1). Der Liquor gelangt aus dem Ventrikelsystem durch drei Öffnungen im vierten Ventrikel (Foramen Magendii und Foramina Luschkae) in die Cisterna cerebellomedullaris zwischen Kleinhirn und Medulla oblongata und anschließend in den Subarachnoidalraum über den Hirnhemisphären. Bei einer Blockade des Liquorabflusses im Aquädukt entsteht eine Erweiterung der Seitenventrikel und des dritten Ventrikels, während ein Verschluss des Foramen Magendii zur Erweiterung des gesamten Ventrikelsystems führt.

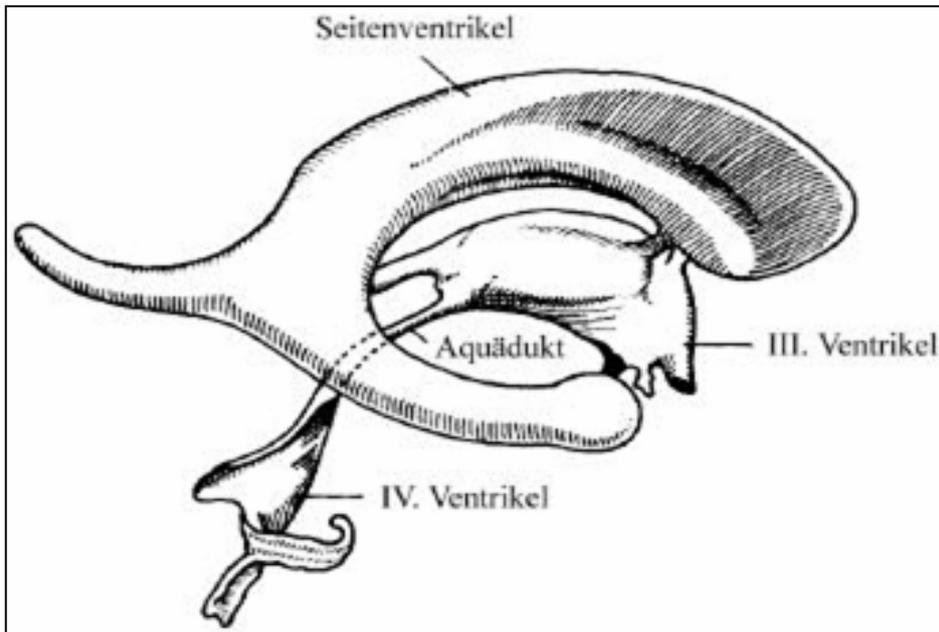


Abb. 2.1: Schematische Zeichnung der Hirnventrikel (nach C. SIMON und G. GEILE 1991).

Die Liquorresorption erfolgt hauptsächlich in den von PACCHIONI beschriebenen Granulationes arachnoideales, die den Liquor in die venösen intrazerebralen Sinus transportieren (OKSCHE 1983, SIMON und GEILE 1991). Als zusätzliche Resorptionsorte gelten Ependym, Leptomeninge, lymphatisches Gewebe im Schädel, Spinalnerventaschen, Perineuralscheiden sowie der Plexus selbst (OKSCHE 1983). Unter physiologischen Bedingungen besteht ein Gleichgewicht zwischen Liquorproduktion und -resorption (OKSCHE 1983). Das Hirnwasser (Liquor) wird durch den Plexus choroideus der vier Hirnventrikel gebildet. Das Ventrikelsystem besteht aus den beiden Seitenventrikeln mit Vorderhorn, Hinterhorn und Unterhorn, dem 3. Ventrikel im Zwischenhirn und dem 4. Ventrikel, der sich von der Brücke (Pons) bis in die Medulla oblongata (verlängertes Mark) erstreckt. Die beiden Seitenventrikel stehen durch je eine Öffnung (Foramina interventricularia Monroi) mit dem 3. Ventrikel, der 3. und 4. Ventrikel durch den Aquädukt miteinander in Verbindung. Als inneres Liquorsystem sind die vier Hirnkammern über drei Öffnungen des 4. Ventrikels (Foramina Luschkae und Foramen Magendii) mit den äußeren Liquorräumen, dem Subarachnoidalraum, verbunden. Der in den Hirnkammern gebildete Liquor gelangt so in die äußeren Liquorräume und zirkuliert um das Gehirn, um schließlich resorbiert zu werden. Die

Gesamtmenge des Liquors beträgt etwa 150 ml. Der nicht pathologisch veränderte Liquor ist wasserklar und enthält 1- 4 Zellen je mm³. Der Eiweißgehalt beträgt 180 - 300 mg/l. Der pH-Wert des Liquors liegt bei 7,338. Der Liquor des Neugeborenen zeigt im Gegensatz zum normalen Liquor charakteristische Abweichungen. In der Mehrzahl der Fälle Neugeborener sowie fast immer bei Frühgeborenen ist der Liquor xanthochrom bis leicht bluthaltig mit einer erhöhten Zellzahl bis 15 Zellen je mm³ (BISCHOFF und SCHILLER 1984).

2.3 Der Hydrozephalus und seine Formen

Der Hydrozephalus ist eine Dilatation des ganzen oder von Teilen des Ventrikelsystems. Der Hydrozephalus im Kindesalter zeigt verschiedene Ursachen und Formen. Es gibt verschiedene mögliche Einteilungsprinzipien des Hydrozephalus. Dabei ist zu berücksichtigen, dass man die verschiedenen Hydrozephalusformen unterschiedlichen Einteilungsformen zuordnen kann.

Eine Einteilung richtet sich nach dem Zeitpunkt der Manifestation des Hydrozephalus. Dabei wird ein angeborener Hydrozephalus (Hydrocephalus congenitus) von einem erworbenen Hydrozephalus (Hydrocephalus acquisitus) unterschieden. So sind viele angeborene zerebrale Malformationen mit einem Hydrozephalus assoziiert. Dazu gehören z.B. die Chiari-Malformation, Dandy-Walker-Malformation, die dysraphischen Fehlbildungen (Myelozelen, Enzephalozelen und Meningozelen) sowie arachnoidale Zysten. Desweiteren können intrauterin erworbene Infektionen zu leptomeningealen Entzündungen führen und einen Hydrozephalus verursachen. Die Inzidenz des kongenitalen Hydrozephalus beträgt 0,4 - 0,8 auf 1000 Lebendgeburten nach SCHRANDER-STUMPEL und FRYNS (1998). Grundsätzlich können die Einteilungen eines Hydrozephalus nach drei Gesichtspunkten erfolgen: Störungen der Liquorzirkulation, Störungen der Liquorproduktion sowie Störungen der Liquorresorption. Eine Verlegung der Liquorstrombahn führt zu einer Erweiterung der Liquorräume, die oberhalb dieser Blockade liegen, dabei spricht man von einem Hydrocephalus oclusus, wenn die Liquorstrombahn nur inkomplett verlegt ist, von einem Hydrocephalus obstructivus, wenn die Liquorstrombahn komplett verlegt ist. In diesen Formenkreis des Hydrozephalus aufgrund einer gestörten Liquorzirkulation gehören auch die angeborenen Missbildungen, bei denen häufig eine Verlegung des Aquaeductus cerebri auftritt, z.B. als begleitende Missbildung bei Myelozelen in Form der Arnold – Chiarischen Missbildung.

Eine Störung der Liquorpassage kann auch durch raumfordernde Prozesse auftreten, die direkt die Liquorstrombahn verlegen, als auch durch Tumoren, die durch ihre Druckwirkung zu Verschiebungen von Hirnstrukturen führen, welche

wiederum die Liquorstrombahnen verschliessen bzw. einengen. Weiterhin können entzündliche Veränderungen nach Meningitis, Enzephalitis sowie die Störungen durch intrazerebrale bzw. intrazerebelläre Blutungen und erblich bedingte Stenosen im Bereich des Aquaeductus cerebri eine Störung der Liquorpassage verursachen.

Störungen der Liquorproduktion können zu einer Zunahme der Liquormenge führen und dabei die Liquorräume aufweiten. In diesem Fall spricht man von einem Hydrocephalus hypersecretorius. Ein Beispiel für eine pathologisch erhöhte Liquorproduktion stellt das Plexus-Papillom dar. Störungen der Liquorresorption führen ebenfalls zu einer Erweiterung der Ventrikel und können einen Hydrozephalus verursachen. Ein Hydrozephalus, der aufgrund einer Liquorresorptionsstörung auftritt, wird Hydrocephalus aresorptivus bzw. Hydrocephalus malresorptivus genannt. Störungen der Liquorresorption können durch Einschränkung der Resorbtiionsfähigkeit der Arachnoidalzotten beruhen, wie sie nach subarachnoidalen Blutungen auftreten können.

2.4 Sonderformen

2.4.1 Isolierter Ventrikel

Hierbei steht einer der vier Ventrikel oder ein Teil eines Ventrikels nicht in Verbindung mit dem übrigen Ventrikelsystem. Dies kann durch Verklebungen nach Entzündungen oder durch intraventrikuläre Zysten auftreten. Die Therapie besteht in einem durch das direkte Angehen der Zysten oder durch Ableitung über ein Shuntsystem.

2.4.2 Posthämorrhagischer Hydrozephalus bei Frühgeborenen

Der posthämorrhagische Hydrozephalus gilt als eine schwere Komplikation von intraventrikulären Hämorrhagien bei Frühgeborenen. Die intraventrikuläre Blutung selbst sowie eine chemische Ventrikulitis führen hierbei zu einer Liquorresorptionsstörung und gelegentlich auch zum Verschluss der inneren Liquorwege.

2.4.3 Subdurale Hygrome (Durahygom)

Es handelt sich um abgekapselte Ergüsse zwischen Dura mater und Gehirn, deren Genese sehr umstritten und mit Sicherheit multifaktoriell bedingt ist (GULOTTA 1984). Ätiologisch kommen wahrscheinlich Traumen, Entzündungen oder Shuntüberfunktionen in Frage. Der Inhalt dieser Hygrome kann aus liquorähnlicher, oft xanthochromer Flüssigkeit bestehen. Teilweise findet man aber auch Blut in unterschiedlicher Menge oder sogar regelrechte Blutansammlungen. In diesen Fällen spricht man von chronischen subduralen Hämatomen (GULOTTA 1984).

Häufig liegen bilaterale Ergüsse vor. Charakteristisch und altersspezifisch für Säuglinge und Kleinkinder ist, dass die zunehmende Raumforderung lange durch ein entsprechend beschleunigtes Kopfwachstum kompensiert wird. Dies

führt in vielen Fällen zu einem Mißverhältnis zwischen Schädel- und Hirnvolumen: kraniozerebrale Disproportion (PIA 1959).

Eine permanente innere Drainage über ein Ventil kommt bei erfolgloser Punktionsbehandlung oder externer Drainage in Frage, sofern sich Blut- und Eiweißgehalt des Ergusses in tolerablen Grenzen halten.

2.4.4 Arachnoidale und zerebrale Zysten

Diese Fehlbildungen werden überwiegend im Kindes- und Jugendalter diagnostiziert. „ Bei den Meningealzysten (Arachnoidalzysten) handelt es sich um umschriebene zystische Aussackungen der Leptomeningen, deren Entstehung meistens unklar ist und auf abgelaufene Meningitiden oder posttraumatische Vernarbungen bzw. auf umschriebene Entwicklungsstörungen der Arachnoidea zurückgeführt wird “ (GULOTTA 1984). Die Arachnoidalzysten sind meistens mit Liquor gefüllt und können durch Größenzunahme zu einer Druckatrophie des angrenzenden Hirngewebes führen und daher als raumfordernde Prozesse wirken. Offensichtlich besteht in diesen Fällen ein Ventilverschluß, so daß der in die Zyste hineinfließende Liquor nicht mehr herausfließen kann (GULLOTTA 1984).

Zerebrale Zysten können unterschiedlichster Genese sei. Die wohl häufigste Form der zerebralen Zysten sind porenzepthale Defekte, die auf der Basis einer perinatalen Kreislaufstörung entstanden sind (GULOTTA 1984). Solche Zysten können an sich raumfordernd wirken oder aber durch ihre Lage Liquorabflusswege verschließen und zu einem Hydrozephalus führen. Eine weitere Form der zerebralen Zysten sind die Ependymzysten, deren Zystenwand mit Ependymzellen ausgekleidet ist, wobei diese Zysten keinen Anschluss an das Ventrikelsystem haben.

2.5 Klinisches Bild des Hydrozephalus

Bei Säuglingen und Kleinkindern kommt es wegen der noch offenen Fontanellen zu einer Vergrößerung des Schädels mit gespannten Fontanellen. Manchmal kommt es durch den Druck auf die Vierhügelplatte im Mittelhirn zu einer vertikalen Blickparese, man spricht auch vom Sonnenuntergangs-Phänomen oder Parinaud-Phänomen. Kinder, deren Fontanellen geschlossen sind, fallen durch Zeichen der Hirndrucksteigerung wie Kopfschmerzen, Übelkeit, Erbrechen und Vigilanzstörungen auf. Bleibt der Hydrozephalus unbehandelt, können weitere Schäden wie geistige Retardierung hinzukommen oder sogar ein Versterben des Patienten bewirken.

2.6 Diagnostik des Hydrozephalus

Zur Diagnostik eines Hydrozephalus stehen neben der klinisch-neurologischen Untersuchung bei Säuglingen und Kleinkindern die Computertomographie und die Magnetresonanztomographie zur Verfügung.

Bei Kindern, deren Fontanelle noch nicht verschlossen ist, steht des Weiteren noch die Ultraschalluntersuchung zur Verfügung. Ein klinisch eindeutiges Zeichen für das Vorliegen eines Hydrozephalus ist die Besserung der klinischen Symptomatik eines Patienten nach einer oder auch mehreren Liquorpunktionen, die eine Druckentlastung bewirken.

2.7 Therapie des Hydrozephalus

Für die Therapie des Hydrozephalus ist sehr bedeutsam, dass einmal zerstörtes Hirngewebe nicht mehr regeneriert werden kann (GROTE 1986). Es sollte daher so schnell als möglich auf eine Druckentlastung hingewirkt werden. Dazu muss zwischen kausaler und symptomatischer Therapie unterschieden werden. So ist die Beseitigung der Liquorabflußstörung durch Exstirpation eines Tumors der kausale Therapieansatz. Ist eine direkte kausale Therapie nicht möglich, so muss symptomatisch die intrakranielle Druckerhöhung bei einem Hydrozephalus z. B. durch die Implantation eines Liquorableitsystems beseitigt werden. Zur Beseitigung der intrakraniellen Druckerhöhung bei einem Hydrozephalus stehen unterschiedliche temporäre sowie dauerhafte Behandlungsmöglichkeiten zur Verfügung.

2.7.1 Konservativ medikamentöse Therapie

Eine beständig wirksame medikamentöse Therapie des Hydrozephalus ist nicht bekannt. Durch einen Carboanhydrasehemmer (Acetazolamid) ist eine kurzzeitige Drosselung der Liquorproduktion möglich. Aufgrund eines Gewöhnungseffekts verliert das Medikament nach einiger Zeit allerdings seine Wirkung. Weitere medikamentöse Therapieformen betreffen Schleifendiuretika (Furosemid) zur kurzfristigen Behandlung einer Hirndrucksymptomatik sowie Osmodiuretika (Mannitol, Harnsäure, Sorbitol).

2.7.2 Operative Therapie

Neben den dauerhaften operativen Verfahren gibt es temporäre Verfahren, die zur kurzfristigen Druckentlastung angewendet werden können. Darunter fallen die Lumbalpunktion, die Subokzipitalpunktion sowie in Ausnahmefällen, da mit

einem größeren Risiko behaftet, die Ventrikelpunktion bei Kindern über die noch nicht verknöcherte Fontanelle.

2.7.3 Temporäre operative Verfahren

2.7.3.1 Lumbale Drainage

Eine weitere Möglichkeit, eine temporäre Druckentlastung zu erzielen, besteht über eine lumbale Drainage. Dabei erfolgt die Punktion wie bei einer Lumbalpunktion, wobei zusätzlich ein dünner Silikonschlauch intraspinal sowie intradural in einer Länge von ca.15 cm vorgeschoben wird. Darüber wird dann der Liquor cerebrospinalis nach extern abgeleitet. Diese Verfahren ist aber nur bei einem kommunizierenden Hydrocephalus indiziert. Des weitern besteht die Möglichkeit, über diese Drainage Druckmessungen vorzunehmen.

2.7.3.2 Externe Ventrikeldrainage

Bei einem akuten Liquoraufstau mit Erweiterung der inneren Liquorräume und rapider klinischer Verschlechterung des Patienten ist eine externe Ventrikeldrainage indiziert. Dabei wird über ein rechts- oder links-frontales Bohrloch eine Drainage in den Seitenventrikel eingeführt, nach extern ausgeleitet und an ein Auffanggefäß angeschlossen. Somit können der Liquor abgeleitet und intrakranielle Druckmessungen durchgeführt werden. Durch das Niveau des Auffanggefäßes kann der Liquorfluß reguliert werden. Patienten, die mit diesem halboffenen System versorgt werden, unterliegen einem besonders hohen Infektionsrisiko, da über die Ventrikeldrainage leicht eine Keimbesiedlung des Liquors möglich ist. Nach einer Metaanalyse von LOZIER et al. (2002) wurden in der Literatur Infektionsraten zwischen 0 und 22% veröffentlicht. In der Regel sollte bei weiterhin benötigter Drainage ein Wechsel nach 10 - 14 Tagen erfolgen. In der Regel bestehen diese Ventrikeldrainagen aus Silikon oder Polyurethan. In den letzten Jahren hat es Weiterentwicklungen

dieser Katheter mit besonders antimikrobiellen Beschichtungen gegeben. Die Firma Spiegelberg bietet seit dem Jahr 2004 in Deutschland einen Silverline[®] Ventrikelkatheter an. Dieser Katheter ist mit Nanopartikeln aus Silber und einem unlöslichen Silbersalz versetzt. Durch die Größe im Nanometerbereich ist die Oberfläche stark vergrößert und es werden Silberionen in antimikrobieller Konzentration an der Oberfläche des Katheters freigesetzt. Die gute antimikrobielle Aktivität gegen ein breites Erregerspektrum konnte in vitro nachgewiesen werden (SAMUEL und GUGGENBICHLER 2004). Für einen kommerziell erhältlichen zentralen Venenkatheter, der mit der gleichen antimikrobiellen Wirkstoffkombination in gleicher Konzentration ausgestattet ist, die auch im Silverline- Katheter verwendet wird, konnte in kontrollierten Studien eine deutliche Senkung der Infektionsraten bewiesen werden (Guggenbichler 2003, Carbon 1999). Desweiteren werden externe Ventrikeldrainagen angeboten, deren Oberfläche mit verschiedenen Antibiotika imprägniert sind und so Infektionen vermeiden sollen. ZABRAMSKI et al. (2003) konnten in einer prospektiven randomisierten Studie eine Senkung der Infektionsrate auf 1,3 % nachweisen. SLOFFER et al. (2005) konnte in der alltäglichen klinischen Praxis diese Ergebnisse mit Minocyclin und Rifampin imprägnierten Ventrikeldrainagen bestätigen und gaben eine Infektionsrate von 0,88 % an.

2.7.4 Permanente operative Verfahren

2.7.4.1 Endoskopische Verfahren

Endoskopische Verfahren im Sinne einer Ventrikulo-Zisternostomie können in bestimmten Fällen die Implantation eines Shuntsystems vermeiden. Dabei wird unter endoskopischer Kontrolle eine Fensterung des Bodens des III. Ventrikels zu den basalen Zysten vorgenommen. Ein Hydrozephalus aufgrund einer Aquäduktstenose ist durch diese operative Maßnahme zu behandeln. Weitere endoskopische Verfahren sind die zystoarachnoidale und die endoskopische Aquäduktplastie. Die häufigste Indikation für einen neuroendoskopischen Eingriff stellt der Verschlusshydrozephalus dar. Aber auch Arachnoidalzysten,

zystische Tumoren und kleinere intraventrikuläre Raumforderungen können effektiv endoskopisch über ein kleines Bohrloch behandelt werden.

2.7.4.2 Liquorshunt

Die Standardtherapie als dauerhafte Lösung bei einem chronischen Hydrozephalus besteht nach wie vor in der Anlage einer Liquorableitung in eine präformierte Körperhöhle, welche die Möglichkeit besitzt, den abgeleiteten Liquor zu resorbieren. Über Jahrzehnte klinischer Erfahrung hat sich dabei die ventrikulo-peritoneale Shuntanlage als die am wenigsten komplikationsträchtige Ableitungsform im Vergleich zu anderen Ableitungsformen herauskristallisiert.

Dazu wird ein Drainageschlauch in den Ventrikel eingelegt und meist über ein Ventil mit einem intraperitoneal liegenden Drainageschlauch verbunden. Über ein zwischengeschaltetes Ventil kann die Druckstufe, bei der der Liquor abgeleitet wird, bestimmt werden. Neben der ventrikulo-peritonealen Ableitung gibt es eine Reihe weiterer Verfahren. Bei der ventrikulo-atrialen Ableitung wird der Liquor in den rechten Herzvorhof geleitet. Diese Ableitungsform hatte in den Anfangsjahren der Shunttherapie des Hydrozephalus eine dominierende Rolle inne. Die ventrikulo-atrialen Ableitung hat diese dominierende Rolle aber wegen sehr ernsthaften Komplikationen im Vergleich mit der ventrikulo-peritonealen Ableitung als auch dem operationstechnisch aufwändigeren Verfahren, abgegeben. Die lumboperitoneale Ableitung findet heute eher selten Anwendung, ist aber in seltenen Fällen, wenn andere Verfahren nicht möglich sind, eine Alternative. Im Verlauf der letzten Jahrzehnte sind mannigfaltige Ableitungsformen angewendet und teils wegen ernsthafter aufgetretener Komplikationen, teils wegen mangelnder Praktikabilität im klinischen Alltag auch wieder verlassen worden. So sind ventrikulo-pleurale Shuntsysteme, Ableitungen in die Gallenblase, in den Magen, in die Harnblase sowie in den Harnleiter beschrieben worden.

Eine weitere mögliche Ableitungsform besteht in der Anlage eines inneren Shunts, wobei eine Verbindung zwischen inneren und äußeren Liquorräumen

geschaffen wird. Die erste Ventrikulostomie wurde 1922 von Dandy angewendet, wobei er eine Verbindung zum III. Ventrikel schuf.

Eine weitere Variante der Ventrikulostomie wurde 1939 von Torkildsen beschrieben. Hierbei wird ein Abfluss zwischen den inneren Liquorräumen (Seitenventrikel) und der Cisterna magna über einen subkutan oder subossal geführten Schlauch geschaffen (Abb.: 2.2).

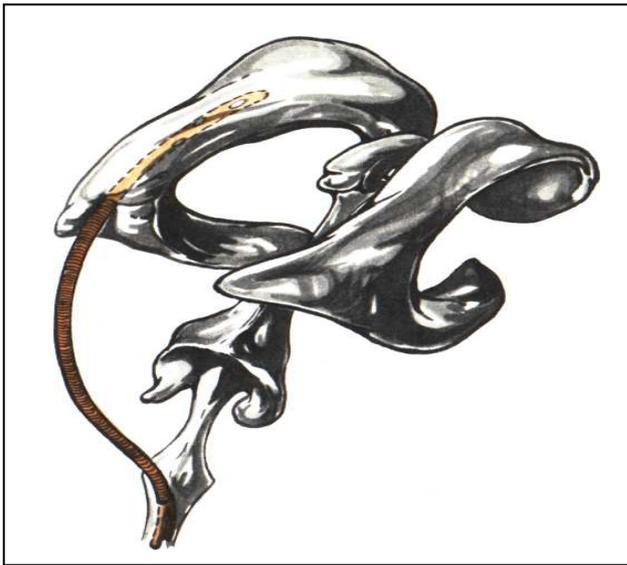


Abb.: 2.2 : Torkildsen-Drainage. Aus Merrem und Goldhahn 1966

2.7.4.3 Subduroperitonealer Shunt und zystoperitonealer Shunt

Die Therapie symptomatischer raumfordernder intrazerebraler Zysten kann durch die Implantation eines Shuntsystems erfolgen. Auch die Ableitung von subduralen Ergüssen ist über ein Liquorshuntsystem in die Bauchhöhle möglich. Dabei ist auf eine niedrige Eiweißkonzentration der zu drainierenden Flüssigkeit zu achten, da ansonsten Obstruktionen des Shuntsystems eintreten können.

2.7.4.4 Liquorreservoir (Rickham-Reservoir)

Bei dem Rickham-Reservoir handelt es sich um eine halbrunde Silikonkapsel, die subkutan platziert wird. Diese Kapsel ist mit einem Ventrikelkatheter verbunden, welcher im Ventrikel oder in einer Zyste platziert wird. Über dieses Reservoir kann mehrfach perkutan Liquor abpunktiert werden. Zur Anwendung gelangen diese Reservoirs bei sehr kleinen Kindern, bei denen konventionelle Shuntsysteme aufgrund ihrer Größe oder sehr hohem Eiweiß- und Zellgehalt des Liquors noch nicht implantiert werden können oder aber wegen ihrer noch begrenzten Resorptionskapazität, z. B. im Peritoneum, kontraindiziert sind. Sehr häufig finden diese Reservoirs temporär bei sehr kleinen Frühgeborenen mit einem posthämorrhagischen Hydrozephalus Anwendung. Eine definitive Shuntimplantation erfolgt dann im weiteren Verlauf nach Normalisierung der Befunde. Es besteht dabei die Möglichkeit der Konnektion des Shuntsystems an das Reservoir, weshalb auf die Neuanlage eines Ventrikelkatheters verzichtet werden kann. Weiterhin können über diese Reservoirs Medikamente intrathekal appliziert werden.

3 Ventilsysteme

Die Entwicklung der modernen Shuntsysteme, insbesondere der Ventile, begann im Jahr 1949 durch Nulsen. In den folgenden Jahren erfolgten immer wieder neue Entwicklungen von Shuntsystemen und Ventilen. Derzeit werden über 195 Ventilsysteme mit 450 verschiedenen Druckstufen weltweit angeboten, woraus sich ca. 1200 Kombinationsmöglichkeiten ergeben (ASCHOFF 1999). Die heutzutage angebotenen Ventilsysteme können nach ihrem Funktionsprinzip in 4 große Gruppen aufgeteilt werden. Die Differentialdruckventile, selbsteinstellende Ventile (fluss-gesteuerte Ventile), Antisiphon-Ventile sowie gravitationsgesteuerte Ventile, wobei man die beiden

letztgenannten auch zu den hydrostatischen Ventilen zusammenfasst. In den vorgenannten Gruppen werden weitere Unterteilungen vorgenommen, je nachdem, wie die Funktionsprinzipien technisch umgesetzt wurden.

3.1 Differentialdruck-Ventile

Die einfachen Differenzdruckventile wurden zwischen 1949 und 1960 in den USA entwickelt und stellen die Technologie der fünfziger Jahre dar (ASCHOFF 1999).

Die Differentialdruck-Ventile können in 3 Gruppen eingeteilt werden:

Kugel-Konus-Ventile (z.B. Hakim[®]-Ventil), Membranventile sowie Schlitzventile, wobei diese noch in distale Schlitzventile und proximale Schlitzventile unterteilt werden können. Die Weiterentwicklung der Differentialdruckventile führte zu den programmierbaren Ventilen, wobei der Ausdruck „programmierbar“ im eigentlichen Sinne falsch ist. Diese Ventile können perkutan mit Hilfe eines Magneten in verschiedene vorgegebene Druckstufen eingestellt werden. In diese Gruppe gehören z.B. das programmierbare Codman Medos Hakim[®] - Ventil und das programmierbare Sophy[®] -Ventil. 1973 wurde von S. Hakim die Notwendigkeit von programmierbaren Ventilen in der Behandlung des Hydrozephalus beschrieben (Hakim 1973). 1985 wurde das erste programmierbare Ventil vorgestellt und 1986 folgte ein programmierbares Ventil von C. Hakim (ASCHOFF et al. 1993). Ein Problem der ersten Sophyventile war ihre Größe, so dass diese Ventile nicht bei Frühgeborenen und sehr kleinen Kinder implantiert werden sollten (Lumenta et al. 1990). Diesem Problem trat die Herstellerfirma durch die Entwicklung eines Miniventils entgegen.

3.2 Selbsteinstellende Ventile (fluss-gesteuerte Ventile)

Ein Hauptproblem der Differentialdruckventile ist die Neigung zu Überdrainagen. Diesem Problem wollte man mit der Entwicklung

flußgesteuerter Ventile entgegenzutreten. Das theoretische Konzept dieses Ventiltyps geht von der Annahme aus, dass pro Stunde durchschnittlich 20 ml Liquor produziert werden. Bei den flußgesteuerten Ventilsystemen erfolgt die Regulierung des Liquorabflusses nicht mehr über den Differentialdruck, der an den Shuntenden anliegt, sondern es wird pro Zeiteinheit nur eine bestimmte Menge Liquor drainiert, unabhängig von der Lage des Patienten. Beim Differentialdruckventil kann dies zu einem plötzlichen Anstieg der pro Zeiteinheit drainierten Liquormenge und damit zur Überdrainage führen. Die selbstregulierenden Ventile werden daher auch als "fluss-gesteuerte" Ventile bezeichnet, unabhängig vom anliegenden Differentialdruck, da sie praktisch immer die gleiche Menge Liquor pro Zeiteinheit durchfließen lassen. 1984 erfolgte die Einführung des ersten selbsteinstellenden Ventils. Diese fluss-gesteuerte Ventile, das Cordis Orbis Sigma I Ventil, wurde von SAINTE – ROSE (1987) entwickelt. Eine Weiterentwicklung ist das Orbis-Sigma II Ventil. Weitere Ventile dieser Gruppe sind das PS-Medical Phoenix Diamond Ventil sowie das Codman SiphonGuard™ Ventil.

3.3 Hydrostatische Ventile

Als hydrostatisches Ventil bezeichnet man jedes Ventil, das seine physikalischen Kenngrößen (Öffnungsdruck) in Abhängigkeit von der Lage des Körpers verändert. Je nachdem, wie dieses technisch realisiert ist, unterscheidet man zwei Untergruppen der hydrostatischen Ventile: Bei den Schwerkraftventilen benutzt man die Folgen des Einflusses der Schwerkraft auf ein bestimmtes mechanisches, frei bewegliches Bauteil des Ventils, um die Eigenschaften des Ventils zu ändern. Bei den Anti-Siphon Ventilen verfolgt man die Idee, dass eine elastische Membran bei drohender Überdrainage durch den dadurch entstehenden Sog in ihrer Form so verändert wird, dass der weitere Liquorfluß gebremst wird bzw. erst möglich ist, wenn jeglicher Sog im Shunt fehlt.

3.3.1 Antisiphon Ventile (ASD)

Das Funktionsprinzip der Antisiphon Ventile beruht darauf, dass beim aufrecht stehenden Menschen ein Sog im Schlauchsystem des Shuntsystems entsteht. Eine elastische Membran im Ventil wird durch den Sog nach innen gesogen und verhindert dadurch den Durchfluss von Liquor durch das Shuntsystem. Erst wenn kein Sog mehr im Schlauchsystem vorliegt, bewegt sich die elastische Membran in ihren Ausgangszustand zurück und gibt den Liquorabflußweg wieder frei. Die ersten ASD mussten immer mit einem konventionellen Ventilsystem kombiniert werden, bis von einigen Firmen konventionelle Differentialdruckventile mit einer ASD kombiniert wurden. Ein Beispiel ist das Heyer-Schulte-Ventil (Membran-Ventil mit ASD). Genau das Umgekehrte gilt für Lösungen, die als Siphon-Control-Device (SCD) bezeichnet werden. Hier befindet sich die Membran im Ruhezustand in einer Position, dass der Liquordurchfluß blockiert wird. Liegt ein positiver Druck an der Membran an, so öffnet sich die Membran, indem sie sich nach außen wölbt. Ansonsten unterscheidet sich die SCD nicht von der ASD. Ein Beispiele ist das PS-Medical Delta Ventil (Membranventil mit SCD).

3.3.2 Gravitationsgesteuerte Ventile

Die Schwerkraftventile können in 2 Untergruppen eingeteilt werden:

3.3.2.1 Counterbalancer-Typ

Bei diesem Ventiltyp wird das Gewicht, welches von der Liquorsäule im Schlauchsystem ausgeübt wird, durch Gegengewichte (counterbalance) ausgeglichen. In der technischen Umsetzung erfolgt dies in der Regel durch mehreren Kugeln aus Tantal. Diese Kugeln gleichen das Gewicht des Liquors im Shunt exakt aus. Dieses Gegengewicht ermöglicht es dann, dass das Hauptventil praktisch unabhängig von der Körperposition immer gleiche

physikalische Verhältnisse vorfindet, da der Einfluss des hydrostatischen Drucks durch das Gegengewicht praktisch immer exakt ausgeglichen wird. Ein Beispiel ist das Cordis Hakim HV- Lumbar Ventil, wobei das Hauptventil das Kugel-Konus-Ventil ist. Der Miethke-Shunt-Assistent gehört ebenfalls in diese Gruppe, ist aber kein eigenständiges Ventil, sondern muss mit einem konventionellen Hauptventil kombiniert werden, wobei das Miethke PAEDI GAV Ventil alles in einem kombiniert.

3.3.2.2 Switcher-Typ

Dem Switcher-Ventil-Typ liegt der Gedanke zu Grunde, das ein Patient im Stehen ein völlig anderen Ventilöffnungsdruck benötigt als im Liegen. Man könnte quasi sagen, dass ein Patient, je nachdem, in welcher Lage sich sein Körper befindet, ein anderes Ventil benötigt. Genau dieser Gedanke wird mit dem Switcher-Typ realisiert. In einem Gehäuse befinden sich 2 oder 3 Ventile mit einem unterschiedlichen Öffnungsdruck. Je nachdem, in welcher Position sich der Körper befindet, wird das für diese Position richtige Ventil aktiviert.

Beim Miethke-Dual-Switch Ventil (DSV) sind 2 Ventile, ein Hochdruckventil für die stehende Position und ein Niederdruckventil für die liegende Position, in einem Gehäuse untergebracht. Zwischen beiden Ventilen schaltet eine Tantalkugel um, die so platziert ist, das sie eine Lageveränderung des Patienten bemerkt. Ein Beispiel ist das Miethke-Dual-Switch Ventil.

4 PATIENTENGUT UND VERFAHREN

4.1 Patientengut

Es wurden Daten von 146 Patienten, welche in der Klinik und Poliklinik für Neurochirurgie an der Westfälischen Wilhelms Universität Münster im Zeitraum vom 01.01.1989 bis zum 31.12.1994 operiert worden sind, erfasst und ausgewertet. Alle Patienten mussten sich erstmalig einer liquorableitenden Operation unterziehen. Das Patientenalter reichte vom 1. Lebenstag bis zum 15. Lebensjahr. Bei diesen Patienten wurden im Beobachtungszeitraum von sechs Jahren insgesamt 215 Differenzdruckventile sowie 16 Rickham-Reservoire implantiert. Bei den Shuntimplantationen handelte es sich um ventrikulo-peritoneale Systeme, ventrikulo-atriale Shuntsysteme sowie um zysto-peritoneale Systeme als auch um subduro-peritoneale Systeme.

In dieser Studie wurden 55 Patienten nicht mit einbezogen, die vor 1989 operiert wurden bzw. in einer auswärtigen Klinik primär mit einem Shuntsystem versorgt wurden. Weiterhin wurden die Patienten nicht berücksichtigt, bei denen ein Rickham-Reservoir aufgrund einer benötigten intrathekalen Chemotherapie implantiert wurde.

Die Auswertung erfolgte retrospektiv anhand der Krankenakten und der Operationsberichte.

4.2 Zielsetzung

Ziel dieser Studie war es, die Gegebenheiten der Hydrozephalustherapie im klinischen Alltag in den Jahren 1989 bis 1994 darzustellen. Insbesondere sollten die aufgetretenen Komplikationen nach den liquorableitenden Operationen benannt und analysiert sowie mögliche Ursachen für die aufgetretenen Komplikationen aufgezeigt werden.

4.3 Implantierte Ventiltypen

Die in dieser Arbeit untersuchten Ventilsysteme gehören alle in die Gruppe der Differentialdruckventile, wobei zwei Ventiltypen zu den programmierbaren Differentialdruckventilen zählen.

4.3.1 Cordis-Hakim™-Ventil

Bei dem Cordis-Hakim™-Ventil handelt es sich um ein Kugel-Konus-Ventil. In einem Konus, durch den der Liquor geleitet wird, befindet sich eine Kugel. Die Kugel besteht aus einem synthetischen Rubin. Diese Kugel wird durch den Liquorfluß in Abhängigkeit von der Liquor-Flußrate und der Liquorviskosität im Konus gegen den Widerstand einer feinkalibrigen Feder hin und her bewegt, wodurch der Querschnitt des Ventils vergrößert bzw. verkleinert wird. Der Öffnungsdruck des Ventils ist vom Widerstand der integrierten Feder abhängig. Durch Variieren der Federspannung kann der Öffnungsdruck des Ventils verändert werden. Wenn der Liquordruck den Schließdruck des Ventils übersteigt, fließt Liquor.

Das Hakim-Ventil wird in 5 verschiedenen Druckbereichen hergestellt:

1. Very Low	15 - 40 mm H ₂ O
2. Low	40 - 80 mm H ₂ O
3. Medium	80 - 120 mm H ₂ O
4. High	120 - 170 mm H ₂ O
5. Very High	170 - 230 mm H ₂ O

4.3.2 Cordis-Hakim™ pediatric Ventil

Das Cordis-Hakim pediatric Ventil ist ebenfalls ein Kugel- Konus-Ventil. Es ist kleiner als das Cordis-Hakim™-Ventil und speziell für den Einsatz bei Kindern

entwickelt worden. Die Funktionsweise entspricht dem des Cordis-Hakim™-Ventils. Im Unterschied zum Standard-Hakim™-Ventil sind hier schraubenförmige und keine Blattfedern verwendet worden.

Dieses Ventilsystem wird in 5 Druckstufen angeboten:

1. Very Low	15 - 40 mm H ₂ O
2. Low	40 - 80 mm H ₂ O
3. Medium	80 - 120 mm H ₂ O
4. High	120 - 170 mm H ₂ O
5. Very High	170 - 230 mm H ₂ O

4.3.3 Codman® - Medos® nicht programmierbares Ventil

Das Codman® - Medos® Ventil ist von Carlos und Salomon Hakim konzipiert und entwickelt worden. Die Ventileinheit enthält ein Einlass – und Auslassventil. Zwischen beiden Ventileinheiten liegt eine Pumpkammer. Das Ventil kann mit einer Vorkammer ausgestattet werden. Dieses Ventilsystem wird in 5 Druckstufen angeboten:

1. Very Low	10 ± 10 mm H ₂ O
2. Low	40 ± 10 mm H ₂ O
3. Medium low	70 ± 10 mm H ₂ O
4. Medium High	100 ± 10 mm H ₂ O
5. High	130 ± 10 mm H ₂ O

4.3.4 Cordis Omnishunt™ pediatric System

Dieses Shuntsystem ist aufgrund seiner geringen Größe besonders für Frühgeborene und Kleinkinder geeignet. Der Ventilmechanismus entspricht dem des Hakim-pediatric Ventils. Dieses Ventil ist ein einteiliges System, welches einem Ventrikelkatheter, ein Bohrlochreservoir, eine Ventileinheit sowie

einen Drainagekatheter integriert hat. Der Vorteil dieses „one-piece Systems“ soll sich in einer kürzeren Operationszeit durch das Wegfallen von Konnektionen, die bei anderen Shuntsystemen notwendig sind, ergeben.

Zwei Druckstufen stehen zur Verfügung:

- | | |
|-----------|------------------------------|
| 1. Low | 40 - 80 mm H ₂ O |
| 2. Medium | 80 - 120 mm H ₂ O |

4.3.5 Codman[®] - Medos[®] programmierbares Ventil

Das programmierbare Codman[®] - Medos[®] Ventil ist ebenfalls von Carlos und Salomon Hakim konzipiert und entwickelt worden. Das Ventil besteht aus zwei Ventileinheiten: dem verstellbaren Einlassventil sowie dem Auslassventil mit fester Druckstufe.

Das Einlassventil lässt sich perkutan mit einem Magneten in 18 Druckstufen von 30 - 200 mm H₂O einstellen.

4.3.6 Sophy[®] SU8 programmierbares Ventil

Bei diesem Ventil handelt es sich um ein einstellbares Ventil der französischen Firma Sophysa. Beim Sophy[®] SU8-Ventil kann die Druckstufe im Bereich von 50-170 mm H₂O in acht Schritten verstellt werden (50 (low), 65, 80, 95, 110 (medium), 130, 150, 170 (high) mm H₂O). Der empfindliche Ventilmechanismus befindet sich in einer Polykarbonatkammer.

4.4 Postoperative Komplikationen

Schon sehr früh nach Anlage eines Ventilsystems können sich Komplikationen entwickeln. Lebensbedrohlich ist ein extrem hoher Liquorverlust bei der ersten

Ventrikelpunktion, welche zur Entwicklung eines epiduralen oder subduralen Hämatoms oder einer Entlastungsblutung führen kann. Zu den häufigsten postoperativen Komplikationen zählen die Shuntinfektion, die Obstruktion der Systemanteile, ihre Diskonnektion oder Dislokation. Des Weiteren können Perforationen von abdominalen Hohlorganen durch den Peritonealkatheter verursacht werden. Auch die Entwicklung von Aszites, Pseudozysten, Subileus oder Ileus nach der Implantation eines Shuntsystems sind beschrieben worden. Bei ventrikulo-atrialen Shuntsystemen sind Perforationen des Myokards durch den Katheter oder die Bildung von Thromben dargestellt worden. Bedingt durch diese Komplikationen sind für viele Patienten weitere neurochirurgische Eingriffe im Sinne von partiellen oder kompletten Revisionen des Liquordrainagesystems unvermeidbar.

Nach DRAKE und SAINTE-ROSE (1995) können die postoperativen Komplikationen in drei große Gruppen eingeteilt werden: Die mechanischen Komplikationen, infektiös bedingte Komplikationen sowie funktionsbedingte Komplikationen des Shuntsystems im Sinne einer inadäquaten Liquorflußrate. In Anlehnung an diese Einteilung erfolgt in der vorliegenden Arbeit die Einordnung der postoperativ aufgetretenen Komplikationen.

Zu den mechanischen Fehlfunktionen wurden dabei die Ventrikelkatheterfehllage, die Ventrikelkatheterobstruktion, die Neuanlage eines Ventrikelkatheters bei einem isoliertem Ventrikel, die Diskonnektion des Ventrikelkatheters, die Dysfunktion der Ventileinheit sowie die Dysfunktion des peritonealen und des atrialen Schenkels gezählt. Eine weitere Unterteilung erfolgte noch nach dem Lokalisation ihres Auftretens in proximal, distale sowie die Ventileinheit selbst betreffend. Zu den funktionellen Fehlfunktionen wurden die Überdrainage sowie die Unterdrainage gezählt. Eine weitere Komplikationsgruppe stellten die Infektionen dar.

Unter den sonstigen Revisionen wurden folgende Gründe zusammengefasst : Die Wundheilungsstörungen, die wachstumsbedingte Revision von Ventrikel- und peritonealem Schenkel des Shuntsystems, der Austausch eines Rickham-Reservoir gegen einen VP-Shunt, die Internalisierung einer externen Ventrikeldrainage sowie der Wechsel einer externen Ventrikeldrainage.

5 Ergebnisse

5.1. Operationen und Revisionen

In der Klinik und Poliklinik für Neurochirurgie der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster wurden im Zeitraum vom 01.01.1989 bis zum 31.12.1994 146 Kinder einmalig oder mehrfach operativ an einem Hydrozephalus unterschiedlichster Genese mit einer liquorableitenden Operation versorgt. Dabei reichte das Patientenalter zum Zeitpunkt der ersten Operation in Münster von einem Tag bis zu 15 Jahre. Das Geschlechtsverhältnis zeigte ein Überwiegen der männlichen Patienten mit 56 % (n=82) zu 44 % (n=64) der weiblichen Patienten. Diese 146 Patienten mussten sich insgesamt 326 operativen Eingriffen unterziehen. Rechnerisch entfielen im Untersuchungszeitraum auf jeden Patienten durchschnittlich 2,23 Operationen. Die 326 Operationen ergaben sich im Einzelnen aus den primären Implantationen eines Shuntsystems bzw. eines Rickham-Reservoirs sowie den Revisionsoperationen. Die prozentuale Verteilung der primären liquorableitenden Operationen zu den Revisionen zeigt Abbildung 5.1.

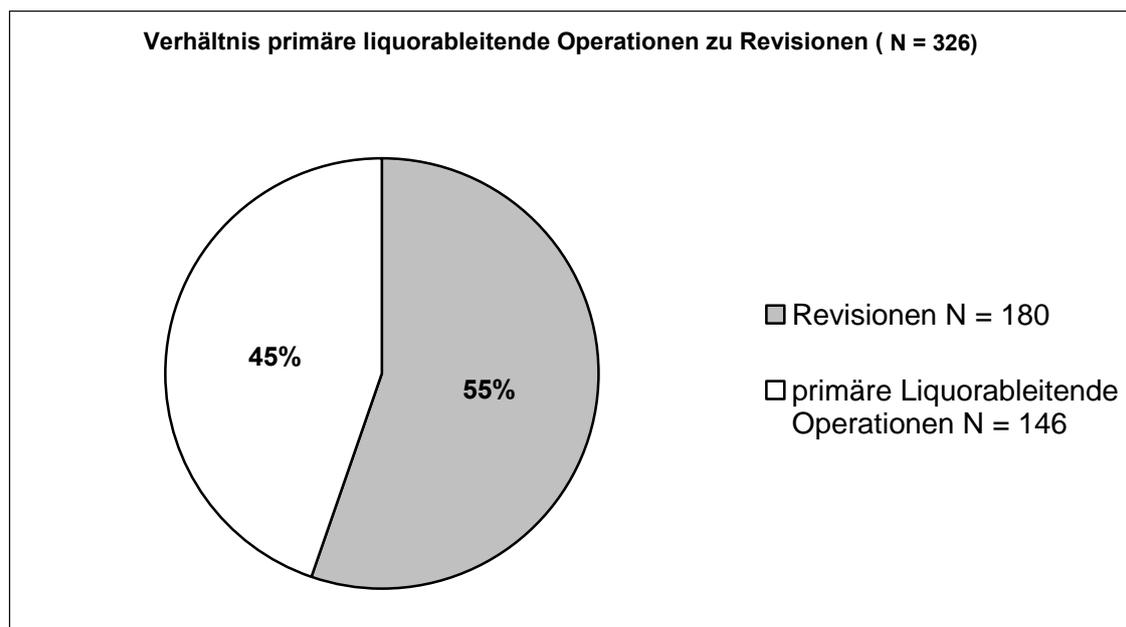


Abb.: 5.1: Verhältnis primäre Operationen zu Revisionsoperationen 1989 - 1994

Insgesamt wurden 215 Shuntsysteme mit 6 unterschiedlichen Ventiltypen, 16 Rickham-Reservoirs sowie 45 externe Ventrikeldrainagen implantiert. Dazu müssen 50 Operationen gezählt werden, bei denen Teile des Shuntsystems wegen einer Dysfunktion revidiert wurden, die ursprüngliche Ventileinheit aber belassen wurde, als auch diejenigen Operationen, die wegen Wundheilungsstörungen, Katheterfehlagen sowie anderer Fehlfunktionen erforderlich waren. Die externen Ventrikeldrainagen wurden in dieser Studie miteinbezogen, da sie in unmittelbarem Zusammenhang zu den shuntbedingten Revisionsoperationen standen. Sie wurden ausschließlich in der Überbrückungsphase, z.B. nach einer infektionsbedingten Shuntsystemexplantation eingesetzt, und nach Abklingen der Infektion durch das erneute Implantieren eines Shuntsystems ersetzt. Die Shuntsystemexplantation und das gleichzeitige Implantieren einer externen Ventrikeldrainage wurden als eine Operation gewertet, ebenso das Entfernen der externen Ventrikeldrainage und das erneute Implantieren eines Shuntsystems. Die folgende Abbildung 5.2 gibt die Anzahl der operativen Eingriffe pro Untersuchungs-jahr wieder.

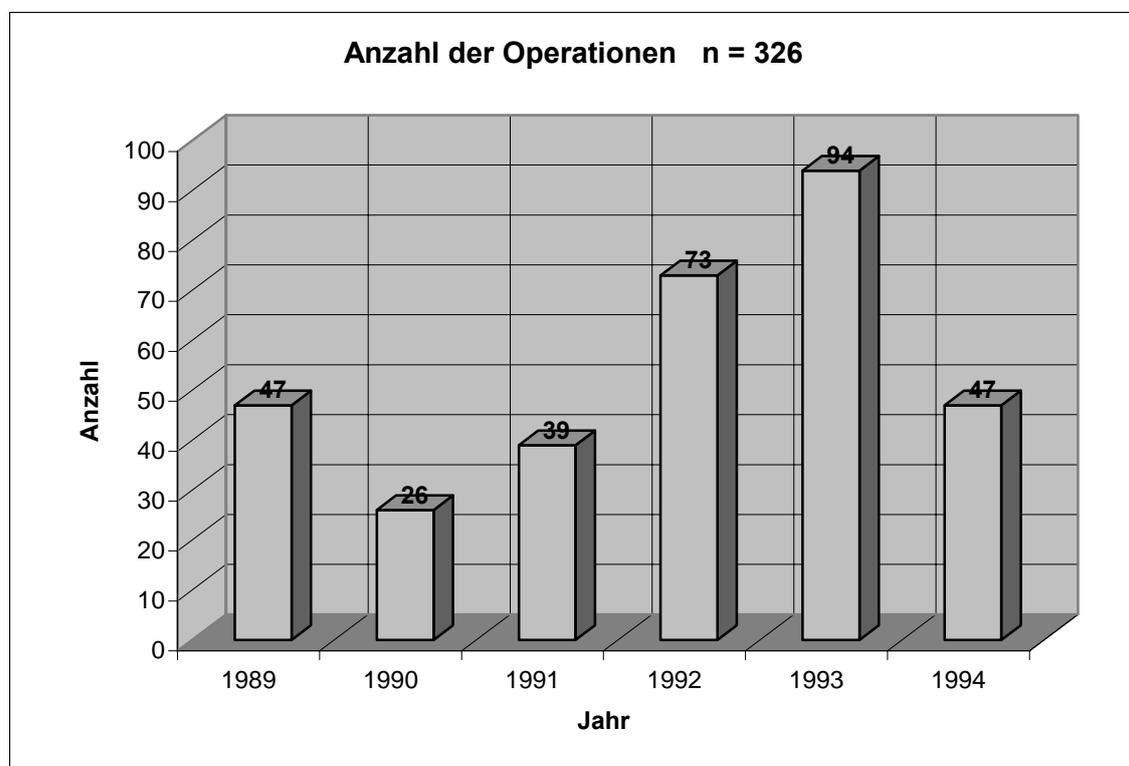


Abb. 5.2: Anzahl der operativen Eingriffe pro Untersuchungs-jahr

Deutlich wird ein kontinuierlicher Anstieg der operativen Eingriffe von 1990 bis 1993. 51,2 % der Operationen wurden in den Jahren 1992 und 1993 durchgeführt. Diese 326 Operationen beinhalten 180 Revisionsoperationen der Jahre 1989 bis 1994. Die Gesamtrevisionsrate lag somit bei 55,2 %. Abbildung 5.3 gibt die Verteilung der 180 Revisionsoperationen in den 6 Untersuchungsjahren wieder.

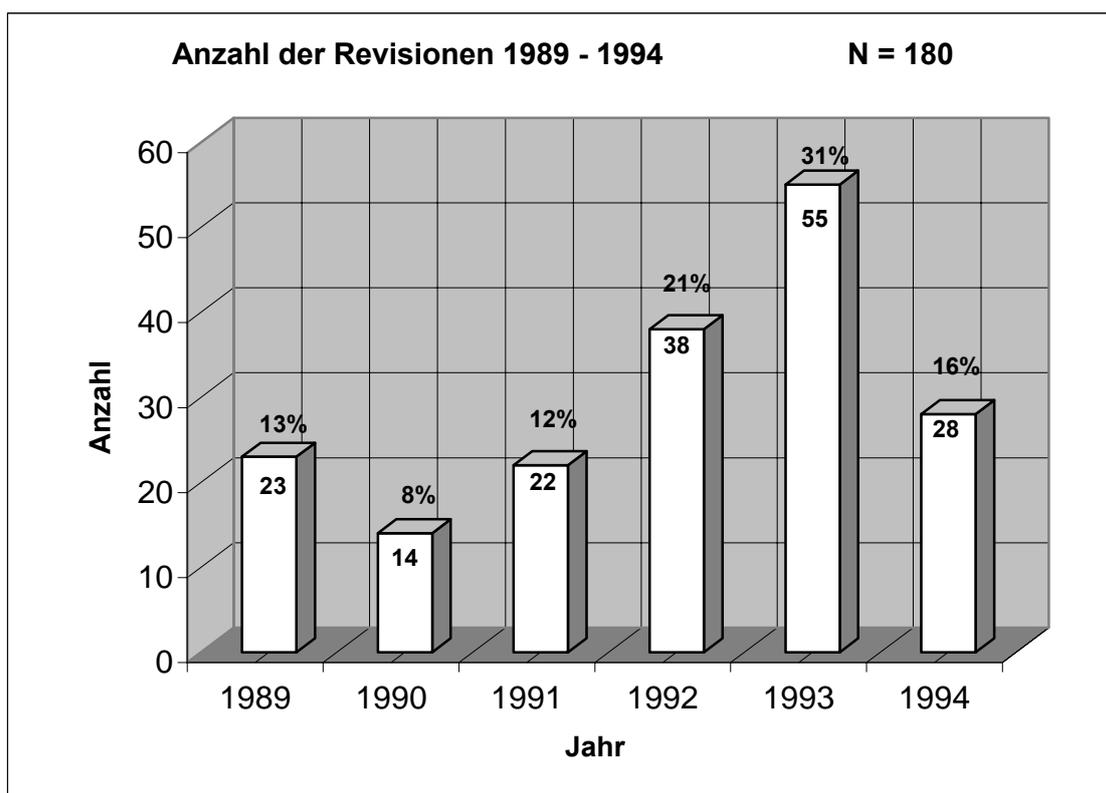


Abb. 5.3: Verteilung der Revisionsoperationen 1989 - 1994

Auch hier ist ein deutlicher Anstieg der Revisionen von 8 % 1990 bis auf 31 % im Jahr 1993 zu verzeichnen. Weiterhin wird erkennbar, dass 52 % der Revisionsoperationen 1992 und 1993 durchgeführt wurden.

Von 1990 bis 1993 ist ein Anstieg der primären Shuntimplantationen (primäre Operationen) als auch ein deutlicher Anstieg der revisionsbedingten operativen Eingriffe zu verzeichnen. 1989 lag ein fast ausgeglichenes Verhältnis zwischen primären Shuntimplantationen und Revisionen vor. In den übrigen Jahren lag der Anteil der Revisionen über dem der primären Operationen (Abb. 5.4).

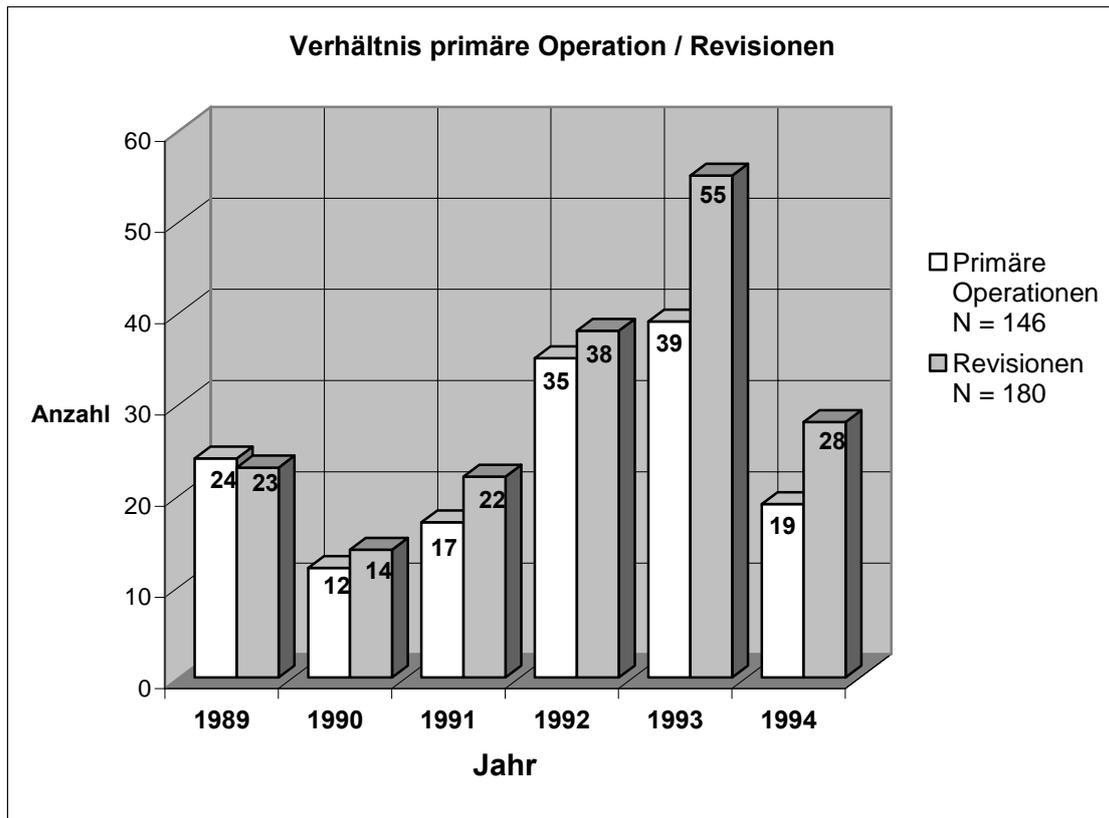


Abb. 5.4: Verhältnis primäre Operationen / Revisionen

Von den 146 Kindern blieben 76 Kinder nach dem ersten operativen Eingriff im gesamten Untersuchungszeitraum revisionsfrei. Auf die übrigen 70 Patienten entfielen 180 Revisionsoperationen in den 6 Untersuchungsjahren. Die Abbildung 5.5 gibt die prozentuale Verteilung der revisionsfreien Kinder zu den revisionspflichtigen Patienten wieder.

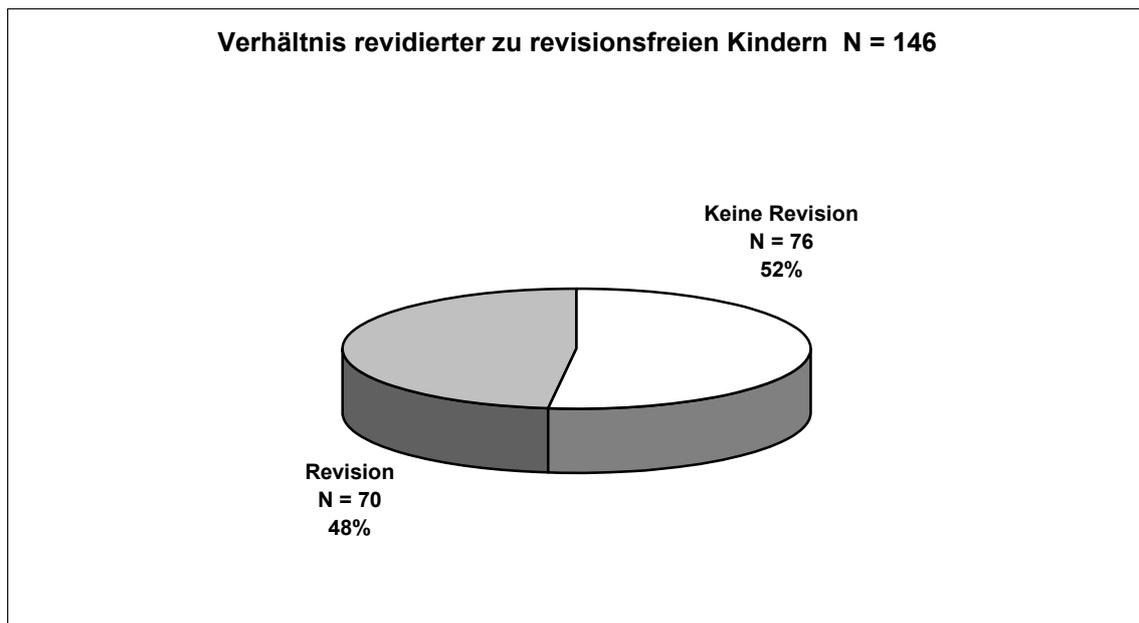


Abb. 5.5: Verhältnis revidierter zu nicht revidierten Kindern

Die Gesamtrevisionsrate nach der primären Operation auf die Patienten bezogen lag bei 48 %. Wird die Revisionsrate in den einzelnen Untersuchungsjahren jeweils nach der primären Operation ermittelt, so zeigt sich ein kontinuierlicher Anstieg der Revisionsrate von 37,5 % 1989 auf 64,7 % 1991. Danach fällt die Revisionsrate bis 1994 auf 42 % (Abb. 5.6) ab.

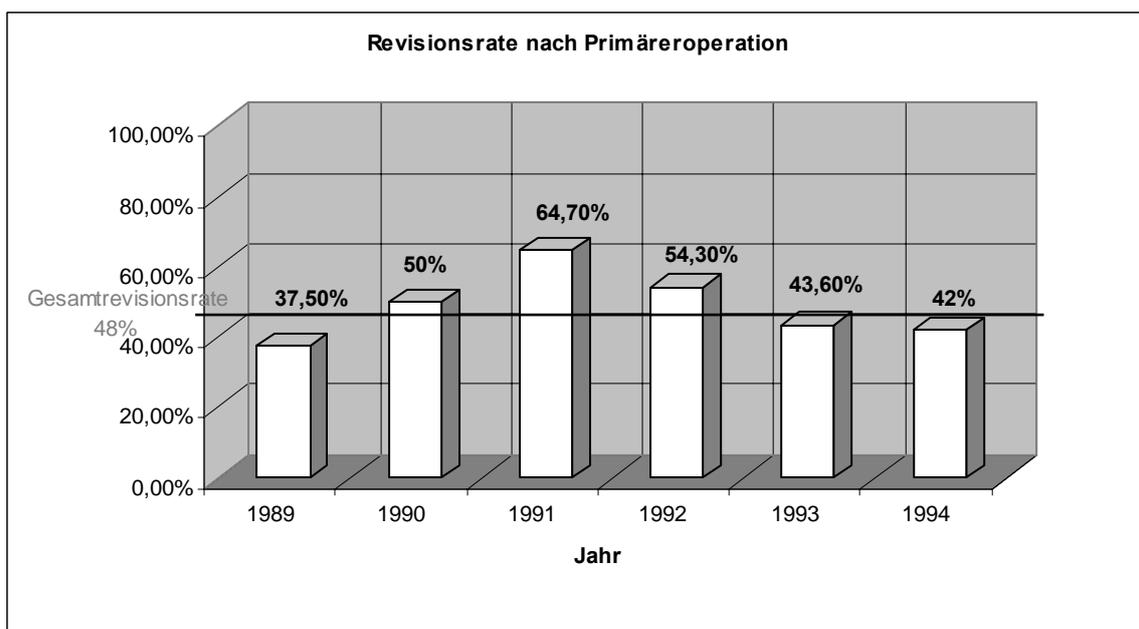


Abb. 5.6: Primäre Revisionsrate 1989 - 1994

In den Jahren 1989, 1993 sowie 1994 lag die Revisionsrate, wie in Abb. 5.6 ersichtlich wird, unter der Gesamtrevisionsrate von 48 % nach der Primäroperation.

Die Gesamtrevisionsraten in den einzelnen Untersuchungsjahren werden in Abbildung. 5.7 dargestellt, wobei sich ein Anstieg der Revisionsrate von 1989 bis 1991 ergibt. 1992 fällt die die Revisionsrate auf 52,05 % und zeigt dann erneut einen deutlichen Anstieg bis 1994. Die Gesamtrevisionsrate von 55,2 % im Untersuchungszeitraum wurde 1991, 1993 und 1994 überschritten.

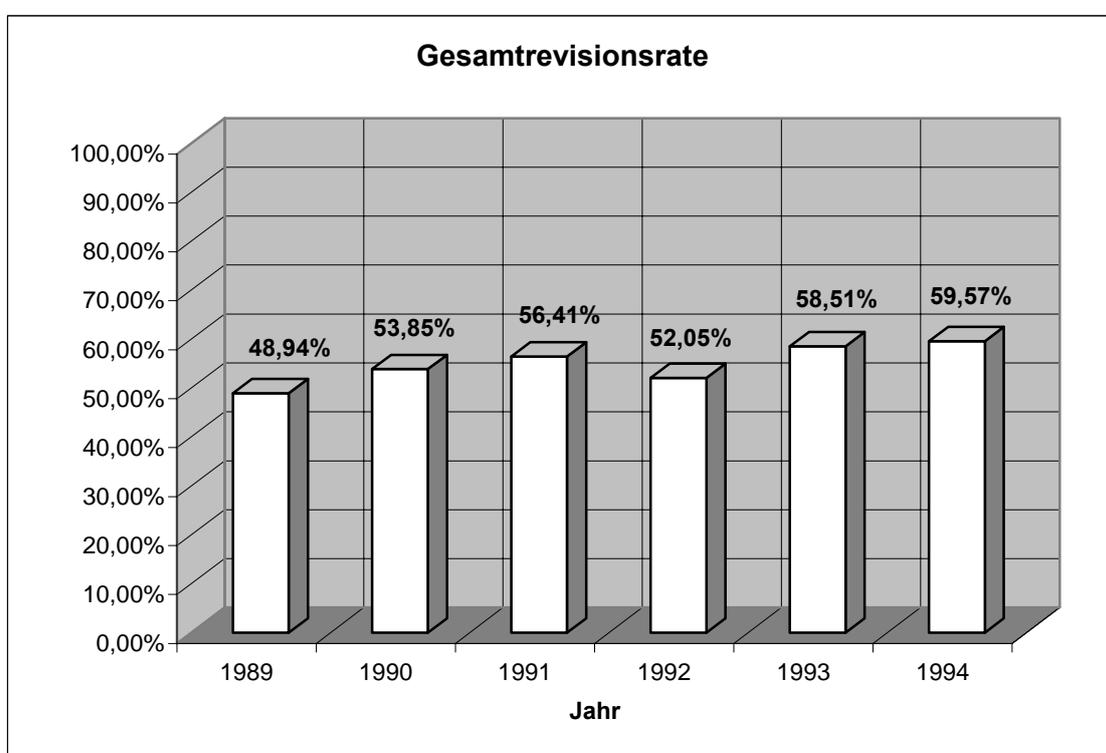


Abb. 5.7: Gesamtrevisionsrate pro Jahr

5.2 Altersstrukturen

5.2.1 Alter der Patienten bei erster operativer Versorgung

Das Durchschnittsalter der 146 Patienten zum Zeitpunkt der ersten liquor-ableitenden Operation betrug 1,9 Jahre (Median 2,15 Monate). Der Vergleich des Durchschnittsalters der 70 Kinder, die sich einer oder mehrerer Revisionsoperationen unterziehen mussten, mit den 76 Kindern, die im Anschluss an die erste Operation revisionsfrei blieben, zeigte einen deutlichen Unterschied des Durchschnittsalters. Dieses war in der Gruppe der nicht revidierten Patienten zum Zeitpunkt der Erstoperationen 2,4 - fach gegenüber der Gruppe der Patienten, die im Anschluss an die Erstoperation eine weitere Revision bedurften, erhöht, der Median des Durchschnittsalter sogar 7- fach erhöht (Tab.5.1).

	Durchschnittsalter aller Pat. zum Zeitpunkt der Erstop. n = 146	Durchschnittsalter der revidierten Pat. zum Zeitpunkt der Erstop. n = 70	Durchschnittsalter der nicht revidierten Pat. zum Zeitpunkt der Erstop. n = 76
Mittelwert	1,9 Jahre	1,1 Jahre	2,6 Jahre
Median	2,15 Monate	1,13 Monate	8,01 Monate

Tab. 5.1: Durchschnittsalter der 146 Patienten

Das Durchschnittsalter der männlichen Patienten lag bei 2,13 Jahren und damit über dem Durchschnitt der 146 Patienten, das der weiblichen mit 1,69 Jahren unter dem Gesamtdurchschnittsalter.

Zur besseren Darstellung der Altersverteilung wurden die Patienten drei Altersgruppen zugeordnet. Altersklasse **A** umfasst Säuglinge bis zum 12. Lebensmonat, wobei hier noch eine Unterteilung in Säuglinge bis zu einem Monat und Säuglinge älter als ein Monat erfolgte. Altersklasse **B** umfasst Kleinkinder und Vorschulkinder bis zum 5. Lebensjahr und Altersklasse **C** Schulkinder bis zum 15. Lebensjahr. Zum Zeitpunkt der ersten Operation in Münster befanden sich 100 Patienten (68,4%) in der Altersgruppe **A**, 31 (21,2%)

Patienten in der Altersgruppe **B** und 15 (10,2%) Patienten in der Altersgruppe **C** (Tab.5.2), wobei sich in Altersgruppe **A** 57 Säuglinge im Alter bis zu einem Monat befanden.

Gruppe		Alter	N	%
A	Säuglinge	0 - 1 M	57	39 %
		1 - 12 M	43	29,4 %
		-----	100	68,4 %
B	Kleinkinder und Vorschulkinder	1 - 5 J	31	21,2 %
C	Schulkinder	6 - 15 J	15	10,2 %
Total			146	100 %

Tab. 5.2: Altersverteilung bei erster operativer Versorgung in Münster

5.2.2 Altersstruktur der Patienten ohne sowie mit Revisionen

Der Vergleich der Altersstruktur der Patienten, die im Anschluss an die primäre Operation sich keinem weiteren Revisionseingriff unterziehen mussten, zeigt eine deutliche Verringerung der Patientenanzahl in der Gruppe **A** (55 %) sowie einen Anstieg in den Gruppen **B** (29 %) und **C** (16 %) (Tab. 5.2 und 5.3) im Gegensatz zur Altersverteilung der Gesamtgruppe von 146 Kindern bei erster operativer Versorgung in Münster.

Gruppe		Alter	n	%
A	Säuglinge	0 - 1 M	25	33 %
		1 - 12 M	17	22 %
		-----	42	55 %
B	Kleinkinder und Vorschulkinder	1 - 5 J	22	29 %
C	Schulkinder	6 - 15 J	12	16 %
Total			76	100 %

Tab. 5.3: Altersstruktur der 76 Patienten (revisionsfrei nach Erstoperation)

Die Altersverteilung der 70 Kinder, die im Anschluss an die primäre Shuntimplantation mindestens einer Revisionsoperation bedurften, zeigt eine deutliche Verschiebung hin zu der Gruppe **A**. 83 % der 70 Kinder waren nicht älter als 1 Jahr (Tab. 5.4).

Gruppe		Alter	N	%
A	Säuglinge	0 - 1 M	32	
		1 - 12 M	26	
			58	83 %
B	Kleinkinder und Vorschulkinder	1 - 5 J	9	13 %
C	Schulkinder	6 - 15 J	3	4 %
Total			70	100 %

Tab. 5.4: Patientenalter der 70 Patienten (Revision erforderlich nach Erstoperation)

5.2.3 Altersstruktur der Patienten bei 326 Operationen

Die Altersverteilung bei allen 326 operativen Eingriffen zeigt ebenfalls ein deutliches Überwiegen der Patientenanzahl in Gruppe **A** (Säuglinge). 69 % (n = 225) der Patienten waren zum Zeitpunkt eines operativen Eingriffes nicht älter als 12 Monate (Tab. 5.5).

Gruppe		Alter	Anzahl der operativen Eingriffe	
A	Säuglinge	0 – 1 Monat	69	21 %
		1 – 12 Monate	156	48 %
B	Kleinkinder und Vorschulkinder	1 – 5 Jahre	78	24 %
C	Schulkinder	6 – 15 Jahre	23	7 %
Total			326	100 %

Tab. 5.5: Altersstruktur bei allen operativen Eingriffen

Die Betrachtung der Revisionshäufigkeit in den einzelnen Altersgruppen zeigt ein deutliches Überwiegen in der Altersgruppe **A** mit 58 % gegenüber der Altersgruppe **B** und **C**, wo jeweils nur 29 % der Kinder im Anschluss an die primäre Operation eines weiteren operativen Eingriff bedurften(Abb.5.8)

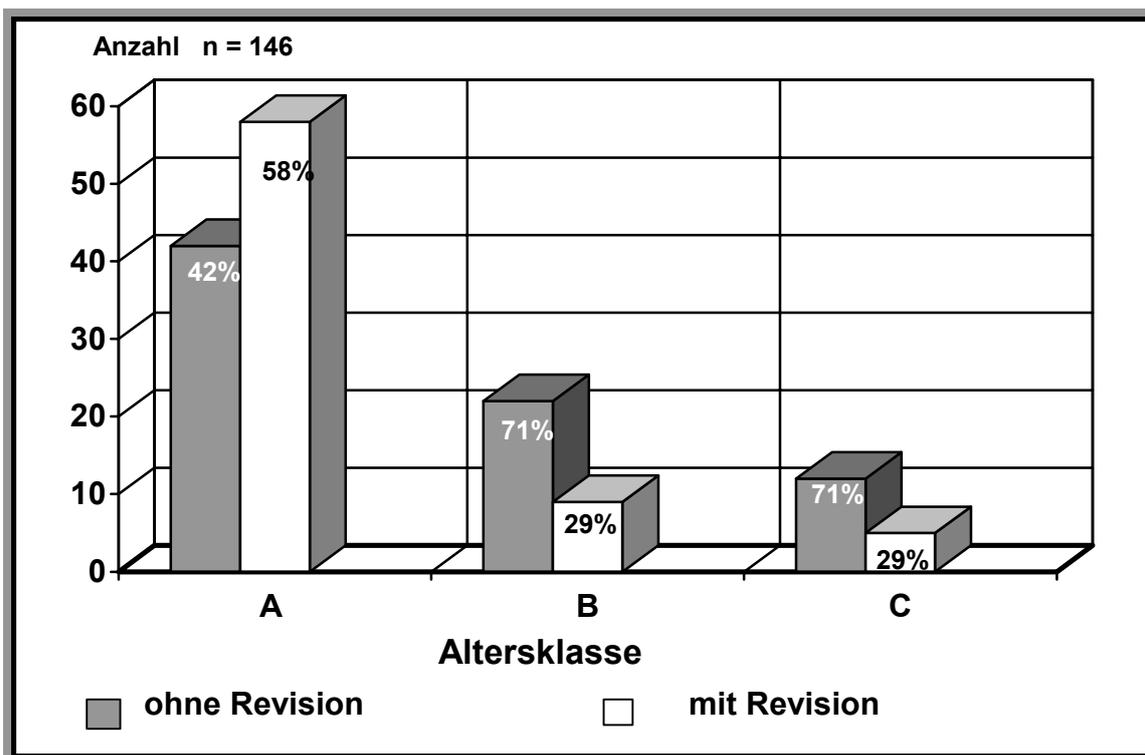


Abb. 5.8 : Revisionshäufigkeit in den Altersgruppen

5.2.4 Veränderung des Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der Primäroperation

Das Durchschnittsalter der 146 Patienten sowie der Median zum Zeitpunkt der primären liquorableitenden Operation wurde jeweils für die einzelnen Untersuchungsjahre bestimmt. Es zeigt sich, wie in Abbildung 5.9 ersichtlich wird, eine Abnahme des Durchschnittsalter von 43,3 Monaten 1989 über 11,8 Monate 1990 auf 3,3 Monate 1991. 1992 war ein Anstieg auf 25,2 Monate zu verzeichnen. 1993 lag das Durchschnittsalter bei 14,7 Monate und 1994 bei 34,4 Monaten. Im Vergleich mit dem Gesamtdurchschnittsalter von 23 Monaten der 146 Patienten lag es in den Jahren 1990, 1991 sowie 1993 darunter.

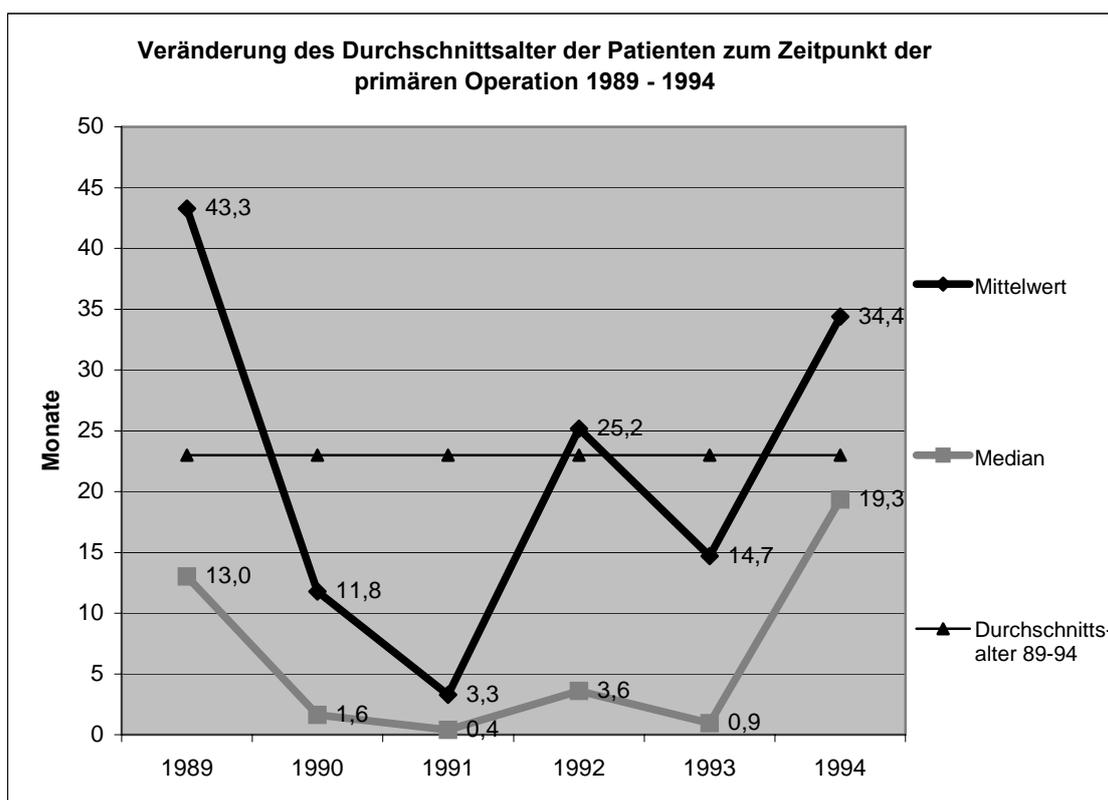


Abb. 5.9: Veränderung des Durchschnittsalter 1989 - 1994

Der deutliche Abfall des Durchschnittsalter 1991 ist durch den starken Anstieg der Patienten mit einem Hydrozephalus aufgrund einer Myelomeningocele zu erklären. Diese Patienten hatten im Vergleich mit anderen Ätiologien des Hydrozephalus das niedrigste Durchschnittsalter in dieser Studie, (siehe Seite

51 Tab 5.9). Der relative Anteil der Patienten mit einem Hydrozephalus aufgrund einer Myelomeningocele lag 1991 bei 47 % (siehe Seite 50 Abb.5.14). In diesem Jahr hatte er den höchsten Anteil im Vergleich mit den anderen Untersuchungsjahren. Der Anstieg des Durchschnittsalters 1994 ist durch den relativ hohen Anteil von Patienten mit einem Hydrozephalus occlusus erklärbar, welche ein hohes Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der primären Operation aufwiesen (siehe Seite 51).

5.3 Operateure

5.3.1 Beteiligte Operateure

In den 6 Untersuchungsjahren dieser Arbeit waren insgesamt 16 Operateure an der Hydrozephalustherapie beteiligt. Von den 326 Operationen wurden 226 (69,32 %) von 4 Operateuren durchgeführt. Abb. 5.10 gibt die Verteilung der Operationen pro Operateur graphisch wieder.

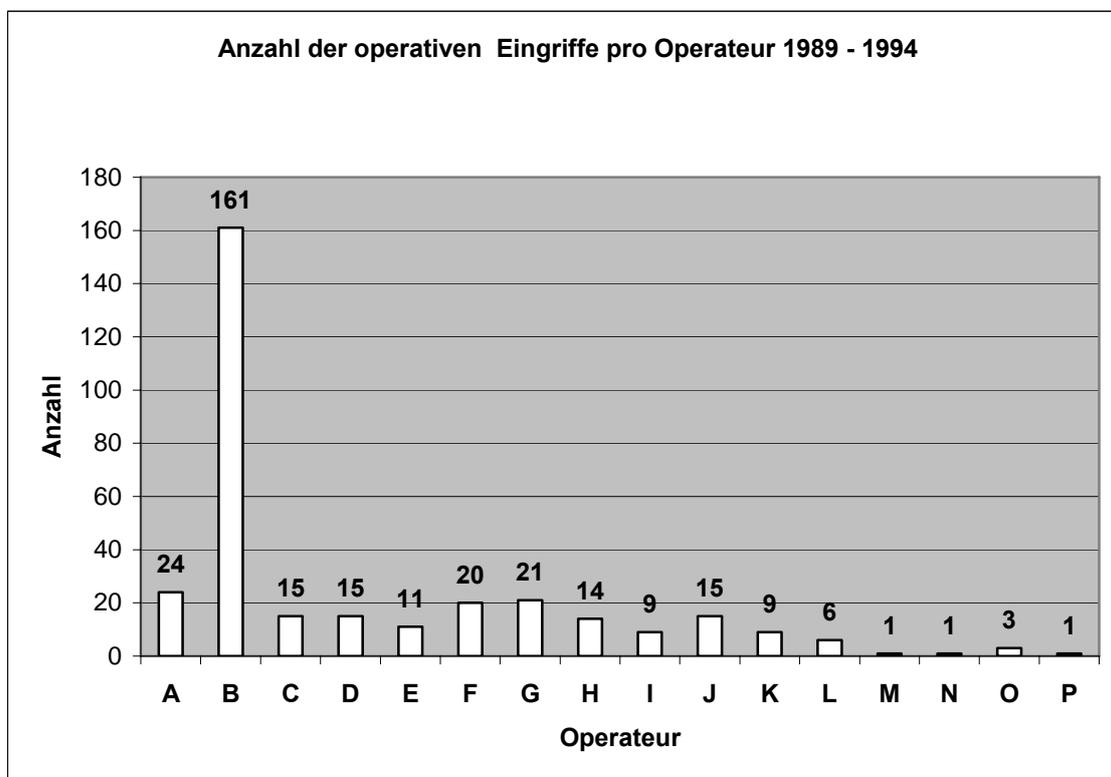


Abb. 5.10: Anzahl der operativen Eingriffe pro Operateur

Im Durchschnitt wurden 20,4 Operationen pro beteiligten Operateur durchgeführt. Damit lagen nur 3 Operateure über dem rechnerischen Durchschnitt. Betrachtet man nur die 146 Erstoperationen, so zeigt sich, dass über 47 % dieser Operationen von einem Operateur durchgeführt wurden. Nachstehende Tab. 5.6 gibt die beteiligten Operateure sowie die prozentuale Verteilung wieder. An den primären liquorableitenden Operationen waren insgesamt 14 Operateure in den Jahren 1989 bis 1994 beteiligt.

Operateur n = 14	Anzahl Operationen n = 146	Prozent
B	70	47,9%
F	12	8,2%
C	10	6,8%
G	10	6,8%
D	9	6,2%
A	8	5,5%
E	6	4,1%
H	5	3,4%
K	5	3,4%
I	4	2,7%
J	3	2,1%
O	2	1,4%
L	1	0,7%
P	1	0,7%

Tab. 5.6: Anzahl durchgeführter primärer Operationen pro Operateur

Betrachtet man die einzelnen Untersuchungsjahre, so zeigt sich folgende Verteilung in Bezug auf die beteiligten Operateure (Abb. 5.11).

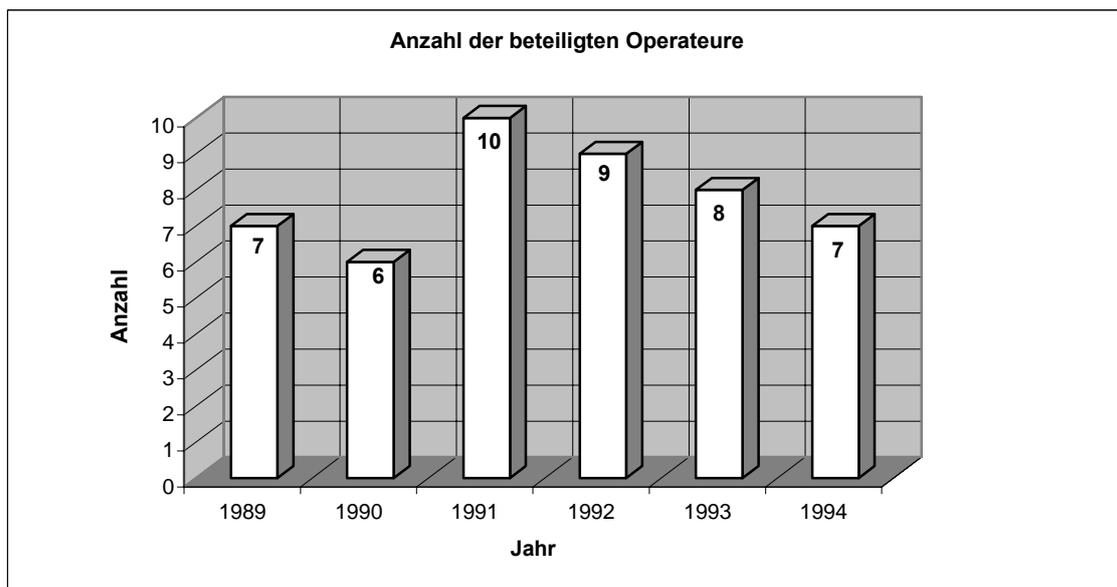


Abb. 5.11: Anzahl beteiligte Operateure pro Jahr

Es zeigt sich, dass in den Jahren 1991 und 1992 die Anzahl der beteiligten Operateure am höchsten war. Im Durchschnitt waren in diesen 6 Jahren 7,8 Operateure an der Hydrozephalustherapie beteiligt.

Die beteiligten Operateure an den primären 146 Operationen in den einzelnen Jahrgängen sind in Abb. 5.12 ersichtlich.

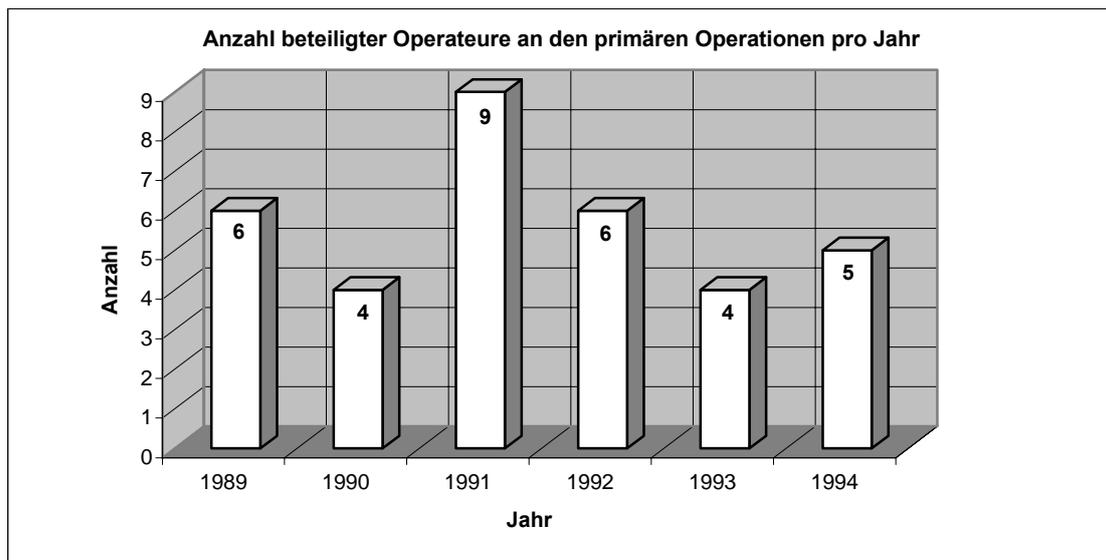


Abb. 5.12: Anzahl Operateure pro Jahr (Primäroperation)

Es zeigt sich auch hier, dass 1991 die Anzahl der beteiligten Operateure ihren Höchststand erzielte. In den übrigen Jahren schwankte die Anzahl der beteiligten Operateure zwischen 6 und 4 (Abb.5.12).

5.3.2 Komplikations- und Infektionsrate nach Erstoperation pro Operateur

Die aufgetretenen Komplikationen nach Erstoperation (primäre Operationen) wurden in Bezug gesetzt zu den Operateuren, welche den Eingriff durchführten (Tab. 5.7).

Operateur	Anzahl primäre Operationen	Anzahl Revisionen	Komplikationsrate
A	8	2	25 %
B	70	35	50 %
C	10	4	40 %
D	9	7	78 %
E	6	3	50 %
F	12	7	58 %
G	10	5	50 %
H	5	3	60 %
I	4	2	50 %
J	3	0	0 %
K	5	1	20 %
L	1	1	100 %
O	2	0	0 %
P	1	0	0 %

Tab. 5.7: Komplikationsrate nach Erstoperation pro Operateur

Die Komplikationsrate bei der Mehrzahl der Operateure lag im Bereich der durchschnittlichen Komplikationsrate von 48 %. Werden die 13 Infektionen betrachtet, die nach der ersten Anlage eines Shuntsystems aufgetreten sind und in Bezug gesetzt zu den 7 Operateuren, welche die vorausgegangene Operation durchgeführt hatten, so zeigt sich, dass bei 7 Operateuren Infektionen nach der Primäroperation auftraten (Tab. 5.8).

Operateur n = 7	Anzahl durchgeführter Erstoperationen n = 121	Infektionen	%
B	70	5	7,1 %
C	10	1	10 %
D	9	2	22,2 %
E	6	1	16,6 %
F	12	2	16,6 %
G	10	1	10 %
I	4	1	25 %

Tab. 5.8: Infektionsrate pro Operateur

Nur ein Operateur (**B**) lag unter der durchschnittlichen Infektionsrate von 8,9 % (siehe Seite 72, Infektionsraten) wie aus Tab.5.8 ersichtlich wird.

5.4 Ätiologie des Hydrozephalus

Die Ätiologie des Hydrozephalus der 146 Patienten wurde 7 Gruppen zugeordnet. In Abbildung 5.13 ist die prozentuale Verteilung der Hydrozephalusformen bzw. der Grund für die erste liquorableitende Operation dargestellt. Bei 45 Patienten (31 %) lag ein kongenitaler Hydrozephalus vor, 30-mal (21%) ein Hydrozephalus bei Myelomeningozele; in dieser Gruppe wurden alle Patienten mit einer Zelle unterschiedlichster Form zusammengefasst. 24-mal (16%) lag ein posthämorrhagischer Hydrozephalus vor, 24-mal (16 %) lag ein Hydrozephalus occlusus Aufgrund einer Tumorerkrankung vor, 11-mal (8 %) zerebrale Zysten, 7-mal (5 %) subdurale Hygrome und 5-mal (3 %) ein post-traumatischer Hydrozephalus.

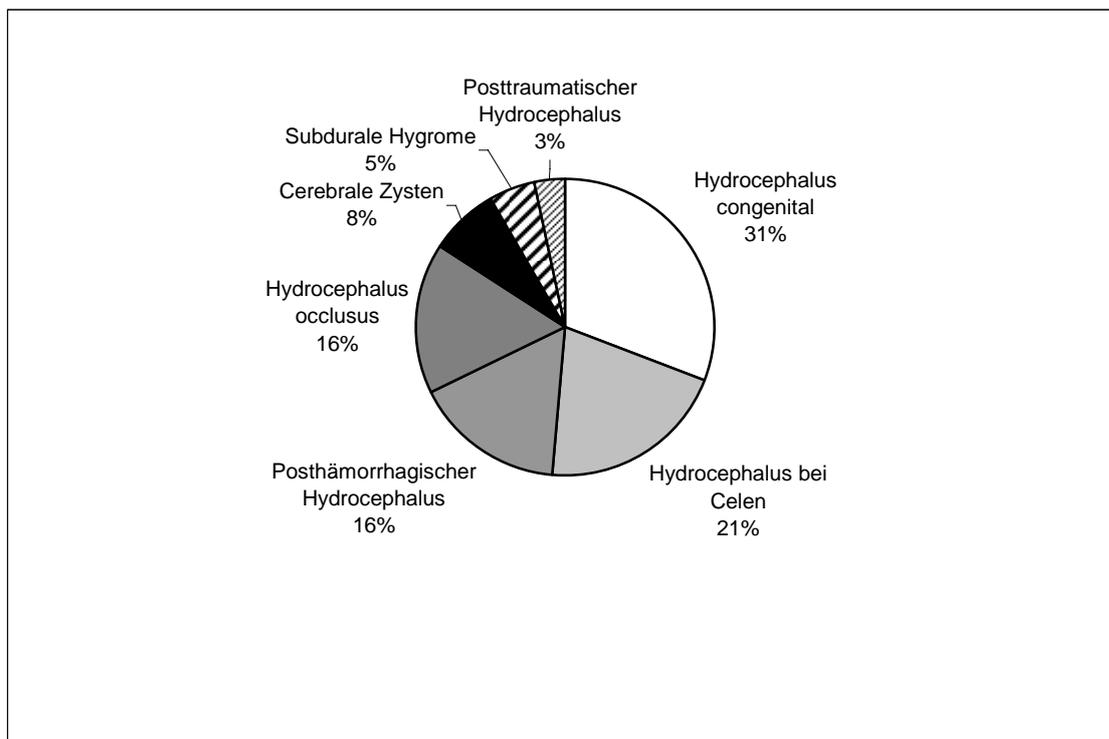


Abb. 5.13: Ätiologie des Hydrozephalus

Im folgenden wurde die Ätiologie des Hydrozephalus der 146 Kinder den einzelnen Jahrgängen des Untersuchungszeitraums zugeordnet, um eine mögliche Verschiebung der Hydrozephalusformen in den Jahren 1989 bis 1994 aufzuzeigen (Abb.5.14). Hier zeigte sich ein Anstieg des kongenitalen Hydrozephalus sowie des Hydrozephalus bei Myelomeningozele im Jahr 1993 im Vergleich mit den vorausgegangenen Untersuchungsjahren.

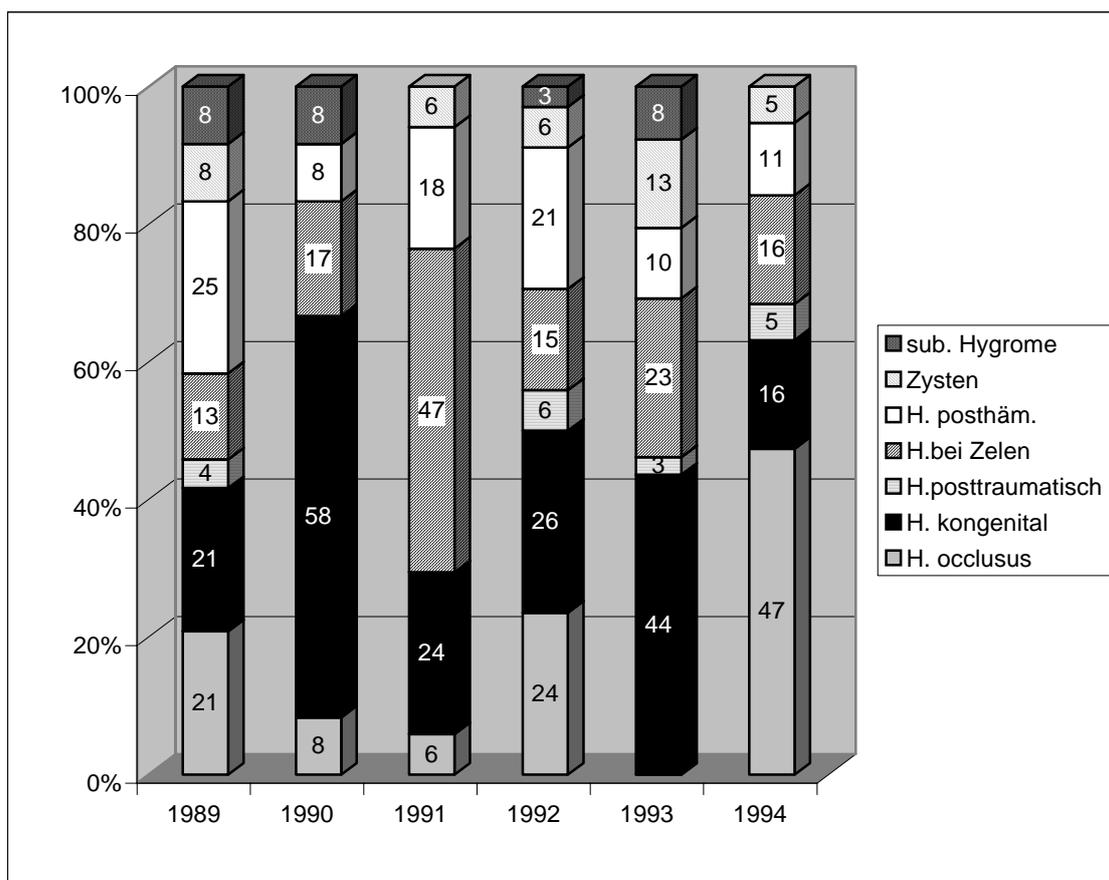


Abb. 5.14: Ätiologie des Hydrozephalus 1989 – 1994 (prozentuale Veränderung)

1992 und 1994 war ein Anstieg des Hydrozephalus occlusus zu verzeichnen. Der posthämorrhagische Hydrozephalus zeigte im Jahr 1992 einen Anstieg. Das Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der ersten Operation wurde in Bezug gesetzt zur Ätiologie des Hydrozephalus (Tab.5.9).

Das niedrigste Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der primären Anlage eines Shuntsystems lag bei Patienten mit einem Hydrozephalus aufgrund einer Myelomeningozele vor. Es lag bei 106 Tagen (3,5 Monate) im Median bei 6,5 Tagen. Es folgen die Kinder mit einem kongenitalen Hydrozephalus, das Durchschnittsalter lag bei 212 Tagen (7,1 Monate), im Median bei 35 Tagen.

Ätiologie	Anzahl	Alter bei erst OP	
		Mittelwert	Median in Tagen
Hydrozephalus bei Zelen	30	106 (3,5 Monate)	6,5
Hydrozephalus kongenital	45	212 (7,1 Monate)	35
Posthämorrhagischer Hydrozephalus	24	239 (8 Monate)	38,5
subdurale Hygrome	7	865 (2,4 Jahre)	279
Zysten	11	1071 (3 Jahre)	488
Hydrocephalus occlusus	24	1791 (5 Jahre)	1456
Posttraumatischer Hydrozephalus	5	4205 (11,7 Jahre)	4672
Summe	146		

Tab. 5.9: Durchschnittsalter der 146 Patienten aufgeschlüsselt nach Diagnosen

Das Durchschnittsalter der 24 Kinder mit einem posthämorrhagischen Hydrozephalus lag bei 239 Tagen (8 Monate), im Median bei 38,5 Tagen. Das Durchschnittsalter der Patienten mit einem subduralen Hygrom lag bei 2,4 Jahren. Kinder mit zerebralen Zysten hatten ein Durchschnittsalter von 3 Jahren. Das Durchschnittsalter der 24 Kinder mit einem Hydrocephalus occlusus lag bei 5 Jahren. Das höchste Durchschnittsalter mit 11,7 Jahren lag bei Patienten mit einem posttraumatischen Hydrozephalus vor.

5.5 Ableitungsformen

Die in dieser Klinik bevorzugte Ableitungsform bei der primären liquorableitenden Operation war die ventrikuloperitoneale, welche in 113 Fällen (77,4 %) eingesetzt wurde. 15-mal (10,3 %) wurde ein Rickham-Reservoir implantiert, 9-mal (6,2%) die subduro-peritoneale Ableitung, 5-mal (3,4%) die ventriculo-atriale Ableitungsform und 4-mal (2,7 %) die zysto-peritoneale Ableitung gewählt. Abbildung 7 verdeutlicht graphisch die eindeutige Bevorzugung der ventrikuloperitonealen Liquorableitung (Abb.5.15).

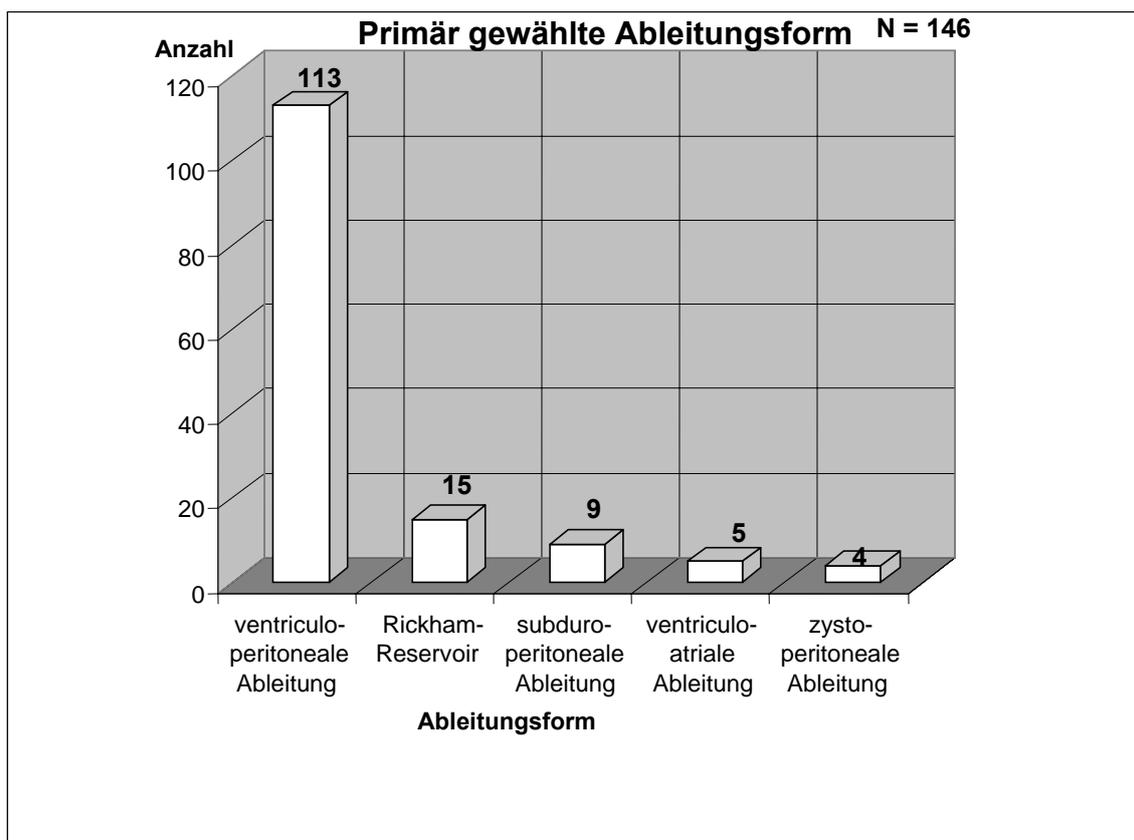


Abb. 5.15: Primär gewählte Ableitungsform

5.6 Implantierte Ventiltypen

5.6.1 Implantierte Ventiltypen im Gesamtzeitraum 1989 – 1994

Die Implantationszahlen in den 6 Untersuchungs Jahren zeigte 1992 und 1993 im Vergleich mit den übrigen Untersuchungs Jahren einen sehr hohen Anstieg (Abb. 5.16). Dieser deutliche Anstieg der Implantationszahlen in den Jahren 1992 und 1993 ist durch einen Anstieg der primären Shuntimplantationen sowie der Revisionsoperationen in diesen Jahren zu erklären.

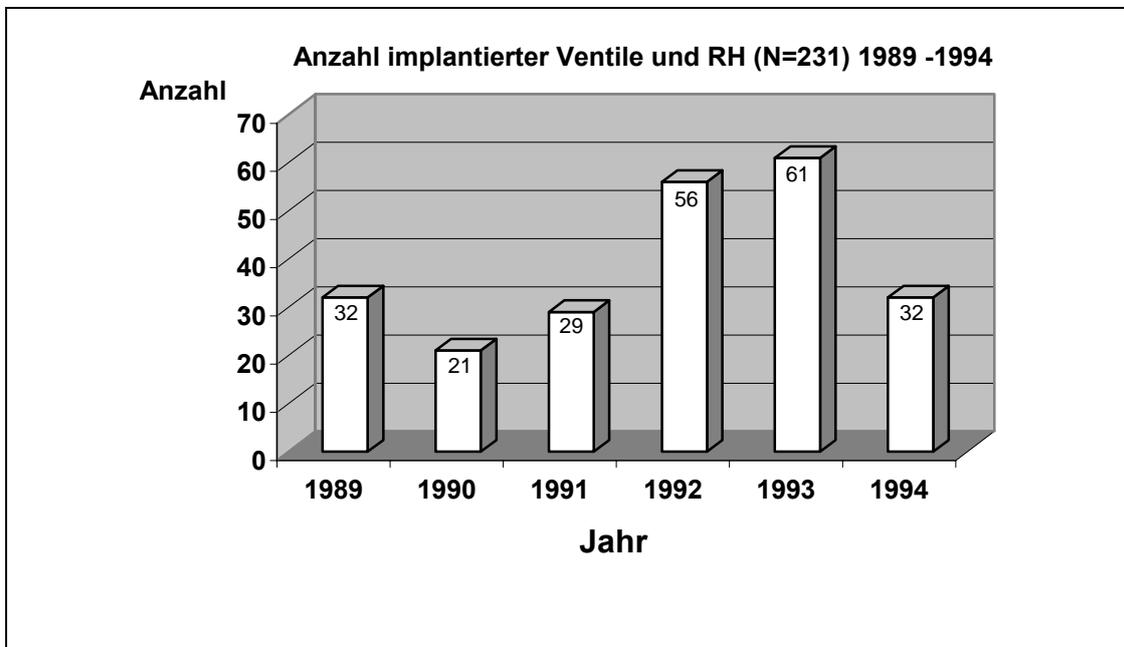


Abb.5.16: Implantierte Ventile und RH

Von den 231 neu implantierten Ventilen und Rickham-Reservoiren mussten im weiteren Verlauf 112 Systeme revidiert werden. Dies entspricht einer Revisionsrate von 48,5 %. Werden nur die 215 Ventilsysteme betrachtet, so mussten davon 96 Ventile revidiert werden, was einer Revisionsrate von 44,7 % entspricht. 119 Shuntsysteme blieben revisionsfrei. In den Jahren 1989 bis 1994 wurden insgesamt 215 Shuntsysteme mit 6 unterschiedlichen Ventiltypen sowie 16 Rickham-Reservoirs implantiert. Die Abbildung 5.17 gibt graphisch die prozentuale Verteilung der einzelnen Ventiltypen wieder.

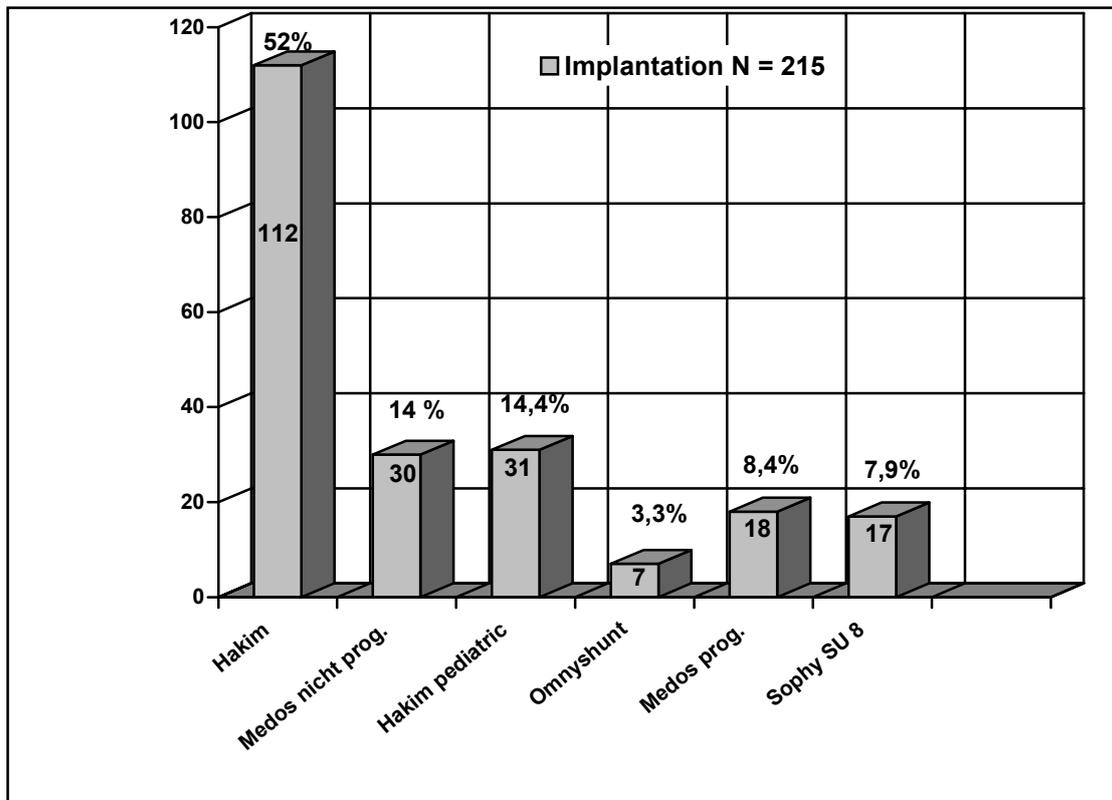


Abb.5.17: Implantierte Ventiltypen 1989 – 1994 (ohne RH)

Es zeigt sich ein deutliches Überwiegen des Hakim-Ventils, welches in 52 % der Fälle implantiert wurde, gefolgt vom Hakim pediatric Ventil mit 14,4 % sowie dem nicht programmierbaren Codman-Medos-Ventil mit 14 %. Das Omnyshunt-Ventil hatte mit 3,3 % nur eine marginale Bedeutung in der Versorgung der Hydrozephaluspatienten. Die programmierbaren Ventile, das Medos-Codman programmierbare Ventil sowie das Sophy SU 8 Ventil waren mit 8,4 % sowie 7,9 % vertreten. Der Gesamtanteil der programmierbaren Ventile lag bei 16,3 %. Die Verteilung der Ventiltypen in den einzelnen Untersuchungsjahren 1989 bis 1994 wird in der folgenden Tabelle 5.10 wiedergegeben. Das Hakim-pediatric Ventil verlor seine Bedeutung nach dem Jahr 1991. Das nicht programmierbare Codmann- Medos-Ventil wurde erst ab dem Jahr 1992 implantiert und wurde dann verstärkt 1993 und 1994 implantiert. Die Betrachtung der verwendeten Ventiltypen (ohne Rickham-Reservoir) in den 6 Untersuchungsjahren zeigt, dass im Jahr 1989 4 verschiedene Ventiltypen implantiert wurden. 1990 und

1991 wurden 3 verschiedene Ventiltypen verwendet. Im Jahr 1992 dagegen kamen 6 verschiedene Ventiltypen zum Einsatz, 1993 5 Ventiltypen und 1994 vier unterschiedliche Ventiltypen.

Ventiltyp	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Hakim	34,4 %	38,1 %	82,8 %	51,8 %	44,3%	40,6 %
RH	6,3 %	-	-	10,7 %	9,8 %	6,3 %
Medos prog.	3,1 %	-	-	10,7 %	13,1 %	9,4 %
Hakim ped.	37,5 %	47,6 %	10,3 %	3,6 %	3,3 %	6,3 %
Sophy SU 8	18,8 %	14,3 %	6,9 %	10,7 %	-	-
Omnishunt	-	-	-	10,7 %	1,6 %	-
Medos nicht prog.	-	-	-	1,8 %	27,9 %	37,5 %

Tab. 5.10: Prozentuale Ventiltypenverteilung in den Untersuchungsjahren

Das Sophy SU 8 wurde von 1989 bis 1992 implantiert und danach durch das programmierbare Codman-Medos-Ventil ersetzt. Nur das Hakim- sowie das Hakim pediatric Ventil wurden in jedem Untersuchungsjahr implantiert.

5.6.2 Implantierte Ventiltypen bei primärer Versorgung sowie Revisionen

Bei der primären Implantation eines Shuntsystems wurde am häufigsten ein Shuntsystem mit einem Hakim-Ventil verwendet. Es wurde bei 78 Kindern (53,42 %) primär implantiert. Mit 12,33 % folgte das Hakim-pediatric Ventil. Die weitere Verteilung der Ventiltypen ist in Tab. 5.11 ersichtlich.

Primär implantierter Ventiltyp	Primäroperationen		Revisionen	
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
Hakim	78	53,4 %	34	40 %
Rickham-Reservoir	15	10,4 %	1	1,2 %
Hakim-pediatric	18	12,3 %	13	15,3 %
Sophy SU 8	12	8,2 %	5	5,9 %
Medos nicht programmierbar	14	9,6 %	16	18,8 %
Omnishunt	4	2,7 %	3	3,5 %
Medos programmierbar	5	3,4 %	13	15,3 %
Total	146	100 %	85	100 %

Tab. 5.11: Verteilung der primären Ventiltypen von 1989-1994

Der Anteil der programmierbaren Ventile (Codman Medos prog. , Sophy SU 8) lag bei 12,6 % der implantierten Ventile, die zur primären Shuntversorgung verwendet wurden. Bei den Revisionsoperationen wurden insgesamt 85 Ventile und Rickham-Reservoirs implantiert. Der Anteil der programmierbaren Ventile lag mit 21,2 % deutlich höher als bei den Primäroperationen. Weiterhin zeigte sich, dass der Anteil des Hakim-Ventils bei den Revisionsoperationen deutlich abnahm und im Gegenzug der prozentuale Anteil des nicht programmierbaren Codman Medos Ventil von 9,6 % auf 18,8 % anstieg (Tab 5.11).

Die prozentuale Verteilung der zur primären Implantation verwendeten Ventiltypen und Rickham-Reservoirs in den jeweiligen Untersuchungsjahren 1989 bis 1994 wird in Abbildung 5.18 wiedergegeben. Es zeigte sich, dass zur primären Versorgung der Patienten Shuntsysteme mit einem nicht programmierbaren Hakim Ventil in den einzelnen Untersuchungsjahren bevorzugt implantiert wurden.

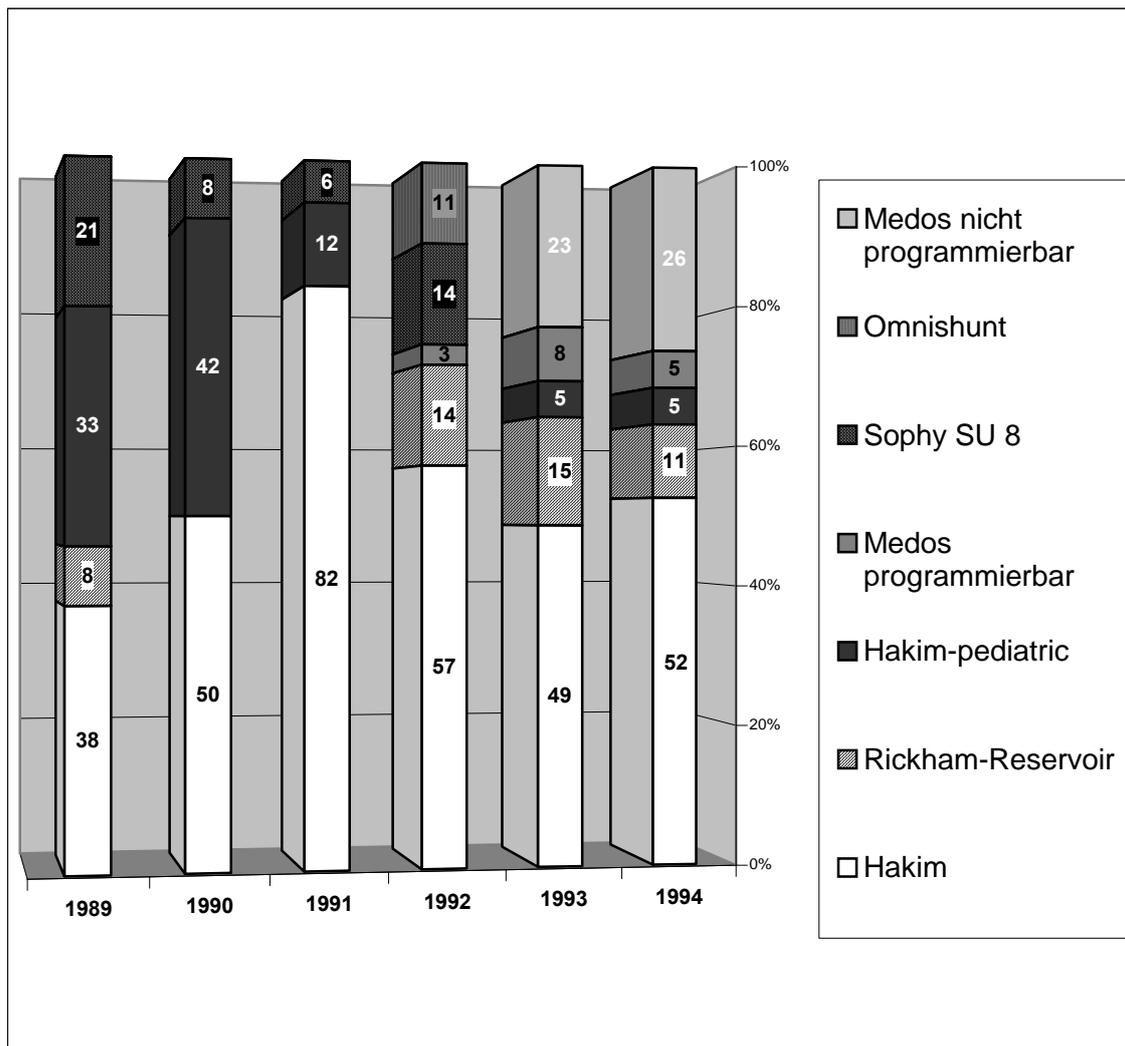


Abb.5.18: Prozentuale Ventiltypenverteilung bei Primäroperation / Jahr

In der Gruppe der programmierbaren Differentialdruckventile wurde bei der primären Versorgung in den Jahren 1989 bis 1992 vorzugsweise ein Shuntsystem mit dem Sophy SU 8 Ventil verwendet, welches ab 1992 durch das programmierbare Codman-Medos -Ventil ersetzt wurde. Insgesamt wurden in den 6 Untersuchungsjahren 35 (16,28%) programmierbare Ventile implantiert. 17 programmierbare Ventile wurden bei der primären Shuntversorgung verwendet und 18 bei Revisionsoperationen. Es zeigte sich somit bezüglich der absoluten Anzahl der implantierten programmierbaren Ventile kein Unterschied bei der primären Implantation und den Revisionsoperationen. Allerdings lag der relative Anteil der programmierbaren Ventile, wie bereits oben beschrieben, fast doppelt so hoch.

Setzt man die Ventilauswahl bei der primären Implantation in Bezug zu der Ätiologie des Hydrozephalus, zeigt sich eine bevorzugte Implantation des konventionellen Hakim - Ventils beim kongenitalen Hydrozephalus, beim Hydrozephalus bei Myelomeningozele sowie beim Hydrozephalus occlusus (Tab.5.12). Das Hakim-pediatric Ventil wurde bei der Erstoperation bevorzugt beim kongenitalen Hydrozephalus implantiert. Das Rickham-Reservoir wurde vornehmlich beim posthämorrhagischen Hydrozepalus implantiert.

Ventiltyp / Ätiologie	Hakim	RH	Medos prog.	Hakim paed.	Sophy SU 8	Omnishunt	Medos
sub. Hygrome	3				2		2
Zysten	3		3	2	3		
Posthämorrhagischer H.	9	8		4	1	2	
H.bei Celen	21	1		4		2	2
Posttraumatischer H.	3						2
H. congenital	24	5	1	6	4		5
H. occlusus	15	1	1	2	2		3

Tab. 5.12: Ventiltypenverteilung bei primärer Operation (n=146)

Eine gravierende Änderung der Ventilauswahl bei den Revisionsoperationen, in Bezug gesetzt zu der Ätiologie des Hydrozephalus, konnte bei den nicht programmierbaren Ventilen, wie Tab. 5.13 zeigt, nicht festgestellt werden. Eine Ausnahme stellten die Rickham-Reservoirs dar, welche bevorzugt bei der primären Versorgung von Patienten mit einem posthämorrhagischen sowie kongenitalen Hydrozephalus verwendet wurden.

Ventiltyp / Ätiologie	Hakim	RH	Medos prog.	Hakim paed.	Sophy SU 8	Omnishunt	Medos
sub. Hygrome			1	1			
Zysten			1				2
Posthämorrhagischer H.	7	1	1	5		1	7
H.bei Zelen	11		1	4		1	
Posttraumatischer H.	1				1		
H. kongenital	12		4	3	1	1	6
H. occlusus	3		5		3		1

Tab. 5.13: Ventiltypenverteilung bei Revisionsoperationen

5.7 Revisionen

5.7.1 Art und Anzahl der Revisionen

In den 6 Untersuchungsjahren waren 180 Revisionen im Anschluss an die 146 primären liquorableitenden Eingriffe notwendig. Diese Revisionseingriffe hatten einen Anteil von 55,2 % an der Gesamtzahl aller 326 vorgenommenen Operationen. Nachfolgende Tabelle 5.14 gibt die Gründe für die notwendigen Revisionsoperationen im Untersuchungszeitraum 1989-1994 wieder. Es wurden die Revisionsoperationen vier Hauptgruppen zugeordnet:

den mechanische Fehlfunktionen, den funktionelle Fehlfunktionen im Sinne eines inadäquaten Liquorflusses, den Infektionen sowie den sonstigen Revisionsgründen.

Revisionsgründe	Anzahl	Anteil an den Revisionen (%)
Mechanische Fehlfunktionen n = 66		36,7 %
Proximal		
Ventrikelkatheterfehllage	11	6,1 %
Ventrikelkatheter Obstruktion	9	5,0 %
Neuanlage eines Ventrikelkatheters bei isoliertem Ventrikel	4	2,2 %
Diskonnektion Ventrikelkatheter	1	0,6 %
Ventileinheit / RH		
Ventildysfunktion	27	15,0 %
Distal		
Dysfunktion peritonealer Schenkel	11	6,1 %
Dysfunktion atrialer Schenkel	3	1,7 %
Funktionelle Fehlfunktionen n = 16		8,9 %
Überdrainage	13	7,2 %
Unterdrainage	3	1,7 %
Infektionen n = 35		19,4 %
Sonstige n = 63		35 %
Wundheilungsstörungen	8	4,4 %
Wachstumsbedingte Verkürzung des peritonealen Schenkels	3	1,7 %
Umwandlung RH in VP - Shunt	12	6,7 %
Internalisierung EVD / Austausch EVD	40	22,2 %
Summe	180	100 %

Tab. 5.14: 180 Revisionen im Zeitraum von 1989-1994

Es zeigt sich, dass die Anlage von externen Ventrikeldrainagen sowie der Austausch derselbigen der häufigste Grund für eine Revisionsoperation darstellte. Insgesamt waren 40 (22,2 %) Operationen dazu notwendig. Die externen Ventrikeldrainagen waren aus unterschiedlichsten Gründen bei Patienten notwendig. Darunter fallen die Infektionen, bei denen das infizierte Shuntsystem explantiert und zwischenzeitlich bis zum Abklingen der Infektion eine externe Ventrikeldrainage angelegt wurde. Ein weiterer Grund zur Anlage einer externen Ventrikeldrainage bestand in der Therapie von subduralen Ergüssen. An zweiter Stelle der Revisionsgründe stehen die 35 (19,4 %) Infektionen, gefolgt von 27 (15,0 %) Ventildysfunktionen. Die 13 Überdrainagen hatten einen Anteil von 7,1 % an allen Revisionsgründen. Die übrige Verteilung ist der oben stehenden Tabelle zu entnehmen. In den 4 Hauptgruppen der Revisionsgründe hatten die mechanischen Fehlfunktionen (n= 66) einen Anteil von 36,7 %, die funktionellen Fehlfunktionen (n = 16) einen Anteil von 8,9 %, die Infektionen (n = 35) einen Anteil von 19,4 % und die sonstigen Revisionsgründe (n = 63) einen Anteil von 35 %.

Werden nur die Revisionsgründe betrachtet, ohne die daraus resultierenden Folgeoperationen zu berücksichtigen (Anlage einer externen Ventrikeldrainage, Anlage eines Shuntsystem nach Rickham-Reservoir Anlage, Austausch einer liegenden externen Ventrikeldrainage), ergibt sich folgende Verteilung der Revisionsgründe wie in Tab. 5.15 ersichtlich wird

Revisionsgründe	Anzahl	Prozent
Mechanische Fehlfunktionen	66	51,6 %
Proximal	25	19,5 %
Ventileinheit / RH	27	21,1 %
Distal	14	10,9 %
Funktionelle Fehlfunktionen	16	12,5 %
Infektionen	35	27,3 %
Sonstige	11	8,6 %
Summe	128	100%

Tab. 5.15: Revisionsgründe ohne Folgeoperationen 1989-1994

Unter den sonstigen Revisionsgründen wurden die Wundheilungsstörungen sowie die wachstumsbedingten Gründe zusammengefasst. Es zeigt sich jetzt, dass die mechanischen Fehlfunktionen mit 56,6 % Hauptursache für eine Revision darstellten. Dabei lag der Anteil der proximalen mechanischen Fehlfunktionen mit 19,5 % deutlich über dem der distalen mechanischen Fehlfunktionen mit einem Anteil von 10,9 %. Die Infektionen hatten einen Anteil von 27,3 %. Die funktionellen Fehlfunktionen traten mit einem Anteil von 12,5 % auf, die sonstigen Revisionsgründe mit 8,6 %.

5.7.2 Revisionsgründe nach primärer Shuntanlage

Werden die aufgetretenen Revisionen nach der primären Operation nur bei den Patienten betrachtet, die primär mit einem Shuntsystem versorgt wurden (ohne Rickham-Reservoir-Implantationen), so ergeben sich bei diesen 134 Patienten 58 Revisionen, womit sich eine Revisionsrate von 43,28 % ergibt.

Revisionsgründe	Anzahl	Prozent
Mechanische Fehlfunktionen n = 31		23,13
Proximal		
Ventrikelkatheterfehllage	3	2,24
Ventrikelkatheter Obstruktion	4	2,99
Neuanlage eines Ventrikelkatheters bei isoliertem Ventrikel	1	0,75
Diskonnektion Ventrikelkatheter	1	0,75
Ventileinheit		
Ventildysfunktion	18	13,43
Distal		
Dysfunktion peritonealer Schenkel	2	1,49
Dysfunktion atrialer Schenkel	2	1,49
Funktionelle Fehlfunktionen n = 12		8,96
Überdrainage	9	6,72
Unterdrainage	3	2,24
Infektionen n = 13	13	9,70
Sonstige n = 2		1,49
Wundheilungsstörungen	1	0,75
Wachstumsbedingte Verkürzung des peritonealen Schenkels	1	0,75
Summe	58	43,28

Tab. 5.16: Erste Revision bei 134 Patienten

Die weitere prozentuale Verteilung der Revisionen ist Tabelle 5.16 zu entnehmen. Es zeigt sich hier, dass die mechanischen Fehlfunktionen Hauptrevisionsgrund waren, wobei die Ventildysfunktionen den größten Einzelgrund darstellten. Die Infektionsrate lag bei 9,7 %, die Überdrainagen traten mit 6,72 % auf.

5.7.3 Revisionen auf Ventile bezogen

Die 128 aufgetretenen Revisionsgründe im Untersuchungszeitraum wurden in Bezug gesetzt zu den implantierten Ventiltypen, um spezifische Komplikationen aufzuzeigen; dabei wurde die Umwandlungen eines Rickham-Reservoirs (n=12) sowie die Internalisierung der externen Ventrikeldrainagen als auch deren Wechsel (n=40) nicht berücksichtigt (Tab.5.17).

Ventiltyp Revisionsgründe (n =128)	Hakim	Medos prog.	Hakim pädiatric	Sophy SU8	Medos nicht prog.	Omnishunt	RH	Summe
Mechanische Fehlfunktionen	38,3%	3,91%	4,69%	2,34%	1,56%	0,78%	-	51,6%
Funktionelle Fehlfunktionen	4,69%	-	3,13%	-	3,13%	-	1,56%	12,5%
Infektionen	12,5%	2,34%	7,03%	0,78%	2,34%	0,78%	1,56%	27,3%
Sonstige	5,47%	0,78%	0,78%	-	0,78%	0,78%	-	8,6%
Summe	61%	7,03%	15,6%	3,13%	7,81%	2,34%	3,13%	100%

Tab. 5.17: Prozentuale Verteilung der Revisionsgründe

Deutlich wird, dass 61 % der Revisionen auf Kinder entfielen, die mit einem Hakim-Ventil versorgt wurden. An zweiter Stelle folgte das Hakim pediatric Ventil mit 15,6 %. Danach schloss sich das nicht programmierbare Codman-

Medos-Ventil mit 7,81 % an. Die weitere prozentuale Verteilung ist der Tab. 5.17 zu entnehmen. Das Hakim- Ventil war am häufigsten von mechanischen Fehlfunktionen (38,3 %) betroffen. Für das Hakim pediatric Ventil stellten die Infektionen mit 7,03 % den häufigsten Grund für eine Revision dar. Für das nicht programmierbare Codman- Medos-Ventil stellten die funktionellen Fehlfunktionen mit 3,13 % die Hauptursache für eine Revision dar. Der relative Anteil der Revisionsgründe in den einzelnen Ventilgruppen bezogen auf deren Gesamtinplantationszahl wurde in Tab. 5.18 dargestellt.

Ventiltyp Revisionsgründe (n = 128)	Hakim	Medos prog.	Hakim päd.	Sophy SU8	Medos Ø prog.	Omnishunt	RH
Mechanische Fehlfunktionen	43,75	27,78	19,35	17,65	6,67	14,29	-
Ventildysfunktion	17,86	5,56	9,68	11,76	3,33		
Ventrikelkatheter Obstruktion	6,25	5,56	3,23				
Ventrikelkatheterfehlage	5,36	11,11	3,23		3,33	14,29	
Neuanlage eines Ventrikelkatheters bei isoliertem Ventrikel	2,68		3,23				
Dysfunktion peritonealer Schenkel	8,93	5,56					
Dysfunktion atrialer Schenkel	2,68						
Diskonnektion				5,88			
Funktionelle Fehlfunktionen	5,36	-	12,90	-	13,33	-	12,50
Überdrainage	2,68		12,90		13,33		12,50
Unterdrainage	2,68						
Infektionen	14,29	16,67	29,03	5,88	10,00	14,29	12,50
Sonstige	6,25	5,56	3,23	-	3,33	14,29	-
Wundheilungsstörungen	3,57	5,56	3,23		3,33	14,29	
Wachstumsbedingte Verkürzung des peritonealen Schenkels	2,68						
Summe	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tab. 5.18: Revisionsgründe auf Ventiltypen bezogen

Die mechanischen Fehlfunktionen stellten mit 43,75 % (n= 49) den häufigsten Revisionsgrund beim Hakim-Ventil dar. Dies wurde insbesondere durch die aufgetretenen Ventildysfunktionen mit 17,86 % (n=20) verursacht. Auch beim

programmierbare Codman- Medos- Ventil mit 27,78 % sowie beim Sophy- SU8- Ventil mit 17,65 % waren die mechanischen Fehlfunktionen der Hauptgrund für eine Revision. Weiterhin zeigten sich beim Hakim-Ventil die meisten Dysfunktionen im Bereich des peritonealen Schenkels im Vergleich mit den anderen Ventiltypen(8,93%). Im gesamten Untersuchungsverlauf trat nur eine Diskonnektion auf, die den peritonealen Schenkel eines Shuntsystems mit einem programmierbaren Sophy-SU8-Ventil betraf. Der relative Anteil der funktionellen Störungen in den einzelnen Ventilgruppen betrafen das Hakim-Ventil mit 5,36 % (n=6), das Hakim pediatric-Ventil mit 12,90 % (n=4), das nicht programmierbare Codman- Medos-Ventil mit 13,33 % (n=4) sowie mit 12,50 % (n=3) das Rickham-Reservoir. Für das nicht programmierbare Codman-Medos-Ventil stellten die funktionellen Störungen den Hauptgrund für eine Revision dar. Der höchste relative Anteil an infektionsbedingten Revisionen lag mit 29,03 % (n=9) beim Hakim pediatric Ventil vor. Danach folgte das programmierbare Codman-Medos-Ventil mit 16,67 %. Für Hakim pediatric Ventil stellten die Infektionen den häufigsten Einzelgrund für eine Revision dar.

Die Revisionsraten nach der primären Operation sowie im Gesamtzeitraum der Untersuchung wurden für die einzelnen Ventiltypen ermittelt und in Tab. 5.19 gegenüber gestellt. Die Rickham-Reservoirs wurden dabei nicht mitbetrachtet.

	Hakim	Medos prog.	Hakim ped.	Sophy SU8	Medos Ø prog.	Neonatal Omny	Summe
Anzahl Implantationen im Gesamtzeitraum	112	18	31	17	30	7	215
Anzahl der revidierten Ventile im Gesamtzeitraum	78	9	20	4	10	3	124
Revisionsrate im Gesamtzeitraum	69,60%	50%	64,50%	23,50%	33,30%	42,90%	57,67%
Anzahl Implantationen (Erstoperation)	78	5	18	12	14	4	131
Anzahl der revidierten Ventile nach Erstoperation	36	0	11	3	5	0	55
Revisionsrate (Erstoperation)	46,15%	0 %	61,11%	25%	35,71%	0%	41,98%

Tab. 5.19: Revisionsraten der Ventile

5.7.4 Relativer Anteil der Hydrozephalusformen an den Revisionen

Der relative Anteil der einzelnen Ätiologien, die dem Hydrozephalus zugrunde liegen, wurde in Bezug gesetzt zu den aufgetretenen Revisionen 1 bis 5 (Abb.5.19). Die Beschränkung bis zur 5. Revision erfolgte wegen der geringen absoluten Anzahl der Patienten bei der sechsten, siebten und achten Revision. Insgesamt waren nur 6 Patienten von einer sechsten, siebenten sowie achten Revision betroffen.

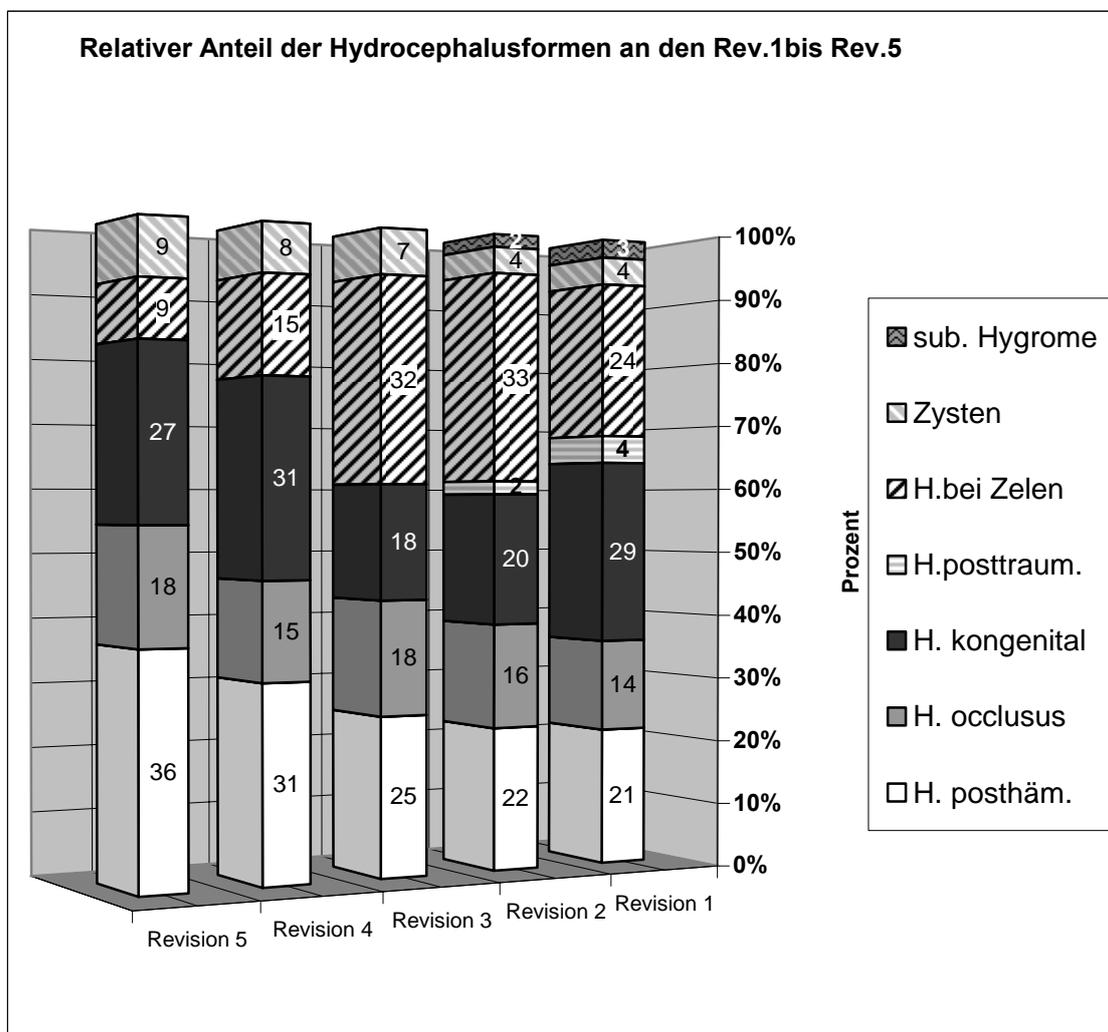


Abb.5.19: Prozentualer Anteil der Hydrozephalusformen an der 1. bis 5. Revision

Es zeigt sich, dass der Anteil des posthämorrhagischen Hydrozephalus kontinuierlich seinen relativen Anteil von 21 % an der 1. Revision bis auf 36 % an der 5. Revision steigerte. Ebenso erhöhte sich der relative Anteil der

zerebralen Zysten von der 1. bis zur 5. Revision. Der Hydrocephalus occlusus trat relativ konstant in einer Spannbreite von 14 % bis 18 % von der 1. bis zur 5. Revision auf. Weiterhin zeigte sich, dass der Hydrozephalus bei Myelomeningozele von der 1. Revision bis zur 3. Revision seinen relativen Anteil steigerte, nach der 3. Revision fiel sein Anteil deutlich ab. Der Anteil des kongenitalen Hydrozephalus verringerte sich von 29 % bei der ersten Revision auf 18 % bei der dritten Revision, um danach wieder auf 31 % (4. Revision) sowie 27 % bei der 5. Revision anzusteigen.

5.7.5 Revisionen und Ätiologie des Hydrozephalus

Setzt man die einzelnen Revisionsgründe, die in den Jahren 1989 bis 1994 auftraten, in Korrelation zu den Ätiologien des Hydrozephalus bzw. zum Grund der Shuntanlage / Rickham-Reservoir-Anlage, so zeigt sich, dass die Mehrzahl der Revisionen beim Hydrozephalus bei Myelomeningocelen sowie beim posthämorrhagischen Hydrozephalus auftraten (Tab. 5.20).

Von den 66 mechanischen Fehlfunktionen traten 43,94 % beim Hydrozephalus bei Myelomeningozele auf und 24,24 % beim kongenitalen Hydrozephalus. Somit entfielen 68,18 % der mechanischen Fehlfunktionen auf diese beiden Hydrozephalusformen. Während die mechanischen Fehlfunktionen beim kongenitalen Hydrozephalus hauptsächlich durch Ventildysfunktion verursacht wurden, waren beim Hydrozephalus bei Myelomeningozele neben der Ventildysfunktion auch die Obstruktion des Ventrikelkatheters, die Ventrikelkatheterfehlagen als auch die höchste Anzahl an Dysfunktionen des peritonealen Schenkels eines Shuntsystems zu verzeichnen. Funktionelle Fehlfunktionen traten mit 43,75 % am häufigsten beim Hydrocephalus occlusus auf. Von den 35 Infektionen entfielen 40 % auf den posthämorrhagischen Hydrozephalus und 20 % auf den kongenitalen Hydrozephalus. Die sonstigen Revisionsgründe traten mit 33,33 % beim posthämorrhagischen Hydrozephalus

Ätiologie	Revisionsgründe (n= 180)								
		n	suburale Hygrome	Cerebrale Zysten	Posthämorrhag. H	H.bei Celen	Post traumatisch H.	H. occlusus	H. congenital
Mechanische Fehlfunktionen	66	3,03	6,06	9,09	43,94	4,55	9,09	24,24	100%
Ventildysfunktion	27	7,41	3,70	7,41	29,63	7,41	7,41	37,04	100%
Ventrikelkatheter Obstruktion	9	-	11,11	11,11	55,56	-	-	22,22	100%
Ventrikelkatheterfehlage	11	-	9,09	18,18	36,36	-	9,09	27,27	100%
Neuanlage eines Ventrikelkatheters bei isoliertem Ventrikel	4	-	25,00	-	75,00	-	-	-	100%
Dysfunktion peritonealer Schenkel	11	-	-	9,09	63,64	-	18,18	9,09	100%
Dysfunktion atrialer Schenkel	3	-	-	-	66,67	33,33	-	-	100%
Diskonnektion		-	-	-	-	-	100		100%
Funktionelle Fehlfunktionen	16	-	-	18,75	12,50	-	43,75	25,00	100%
Überdrainage	13	-	-	23,08	7,69	-	46,15	23,08	100%
Unterdrainage	3	-	-	-	33,33	-	33,33	33,33	100%
Infektionen	35	2,86	5,71	40,00	17,14	-	14,29	20,00	100%
Sonstige	63	-	4,76	33,33	17,46	1,59	15,87	26,98	100%
Wachstumsbedingte Verkürzung des peritonealen Schenkels	3	-	-	-	66,67	-	-	33,33	100%
Wundheilungsstörungen	8	-	-	12,50	37,50	12,50	12,50	25,00	100%
Umwandlung RH in VP Shunt	12	-	-	50,00	8,33	-	-	41,67	100%
Internalisierung EVD / Austausch EVD	40	-	7,50	35,00	12,50	-	22,50	22,50	100%

Tab. 5.20: Revisionsgründe auf die Ätiologie bezogen

sowie mit 26,98 % beim kongenitalen Hydrozephalus auf. Der hohe Anteil der sonstigen Revisionsgründe in diesen beiden Hydrozephalusgruppen wird durch den hohen Anteil an Umwandlungen eines Rickham-Reservoirs in ein ventrikulo- peritoneales Shuntsystem sowie die Internalisierungen von externen Drainagen verursacht (Tab.5.19). 51,1 % (n=92) der Revisionen entfielen auf den posthämorrhagischen Hydrozephalus sowie auf den Hydrozephalus bei Myelomeningozele, die einen Anteil von 36,9 % aller Hydrozephaluspatienten stellten. Es zeigt sich weiter, dass auf die subduralen Hygrome sowie die zerebralen Zysten, welche einen Anteil von 21,2 % der Hydrocephali stellten, nur 6,67 % der Revisionen entfielen (Tab.5.21).

Ätiologie	Prozentualer Anteil an den Hydrocephali (n = 146)	Prozentualer Anteil an den Revisionen (n =180)
sub. Hygrome	4,80%	1,67 %
Zysten	16,40%	5,00 %
Posthämorrhagischer H.	16,40%	24,44 %
H.bei Zelen	20,50%	26,67 %
Posttraumatisch	3,40%	2,22 %
H. occlusus	16,40%	15,56 %
H. kongenital	30,80%	24,44 %

Tab. 5.21: Verteilung der Revisionen auf die Ätiologie des Hydrozephalus

5.7.6 Veränderung des Revisionspektrums im Revisionsverlauf

Der relative Anteil der einzelnen Revisionsoperationen an den Revisionen zeigt eine Abnahme der mechanischen Fehlfunktionen von der 1. Revision bis zur 4. Revision (Tab.5.22). Die funktionellen Fehlfunktionen traten nur bei der ersten sowie 2. Revision auf. Die Umwandlung eines Rickham-Reservoir in ein ventrikulo-peritoneales Shuntsystem trat nur bei der ersten Revision auf.

Revisionsgründe bei 146 Patienten	Revision 1	Revision 2	Revision 3	Revision 4	Revision 5	Revision 6	Revision 7	Revision 8
Mechanische Fehlfunktionen	44%	37%	32%	23%	27%	33%	-	-
Ventildysfunktion	26%	10%	4%	15%	9%	-	-	-
Ventrikelkatheter verstopft	6%	4%	7%	8%		-	-	-
Ventrikelkatheterfehlage	4%	4%	11%	-	18%	17%	-	-
Neuanlage eines Ventrikelkatheters bei isoliertem Ventrikel	1%	6%	-	-	-	-	-	-
Dysfunktion peritonealer Schenkel	3%	10%	11%	-	-	17%		
Dysfunktion atrialer Schenkel	3%	2%	-	-	-	-	-	-
Diskonnektion	1%	-	-	-	-	-	-	-
Funktionelle Fehlfunktionen	17%	8%	-	-	-	-	-	-
Überdrainage	13%	8%	-	-	-	-	-	-
Unterdrainage	4%	-	-	-	-	-	-	-
Infektionen	19%	16%	21%	38%	9%	17%	50%	-
Sonstige	20%	39%	46%	38%	64%	50%	50%	100%
Wachstumsbedingte Verkürzung des peritonealen Schenkels	1%	-	7%	-	-	-	-	-
Wundheilungsstörungen	1%	4%	7%	8%	9%	17%	-	-
Umwandlung RH in VP Shunt	17%	-	-	-	-	-	-	-
Internalisierung EVD / Austausch EVD	-	35%	32%	31%	55%	33%	50%	100%
Summe	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tab. 5.22: Veränderung des Revisionspektrums im Revisionsverlauf

Weiter zeigt sich, dass bei der ersten Revision die Ventildysfunktionen (26%) die häufigste Einzelursache für eine Revision darstellte. Bei den zweiten Revisionen lagen die Infektionen an erster Stelle und die Anzahl der Ventildysfunktionen nahm ab. Bei der dritten Revision überwogen die Infektionen sowie die Internalisierungen der externen Ventrikel drainagen. Dies setzt sich auch in den folgenden Revisionen bis zur 8. Revision fort.

5.7.7 Verteilung der Revisionen auf die Untersuchungsjahre

5.7.7.1 Revisionen nach den Primäroperationen pro Jahr

Die Revisionen (n = 70), welche nach der Primäroperation auftraten, wurden den einzelnen Untersuchungsjahren sowie den 4 Revisionshauptgruppen zugeordnet. Hier zeigte sich ein Anstieg der mechanischen Fehlfunktionen 1991 und 1992. 1991 wurde dieser Anstieg vornehmlich durch das vermehrte Auftreten von Ventildysfunktionen verursacht. Die funktionellen Fehlfunktionen traten relativ konstant in den einzelnen Untersuchungsjahren auf (Tab.5.23). Die Umwandlung bzw. der Austausch eines Rickham-Reservoir gegen ein ventrikuloperitoneales Shuntsystem erfolgte hauptsächlich 1992 und 1993. 1991 traten nach der primären Shuntoperation keine Infektionen auf. Die Verteilung der Infektionen ist der Tabelle 5.23 zu entnehmen. 1993 ist ein deutlicher Anstieg der sonstigen Revisionsgründe zu verzeichnen. Dies ist durch das vermehrte Implantieren von Rickham-Reservoirs zu erklären und der sich daraus ergebenden Folgeoperationen.

Revisionsgründe	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Mechanische Fehlfunktionen	2	4	8	8	4	5
Ventildysfunktion	-	3	7	4	2	2
Ventrikelkatheter Obstruktion	1	1	-		1	1
Ventrikelkatheterfehllage	-	-	-	1	1	1
Neuanlage eines Ventrikelkatheters bei isoliertem Ventrikel	-	-	-	1	-	-
Dysfunktion peritonealer Schenkel	-	-	-	1	-	1
Dysfunktion atrialer Schenkel	1	-	1	-	-	-
Diskonnektion	-	-	-	1	-	-
Funktionelle Fehlfunktionen	2	1	3	2	3	1
Überdrainage	2	1	2	2	1	1
Unterdrainage	-	-	1	-	2	
Infektionen	3	1	-	3	4	2
Sonstige	-	-	-	3	8	3
Wundheilungsstörungen	-	-	-	-	-	1
Wachstumsbedingte Verkürzung des peritonealen Schenkels	-	-	-	-	1	-
Umwandlung RH in VP Shunt	-	-	-	3	7	2

Tab. 5.23: Revisionsgründe nach Primäroperation

5.7.7.2 Gesamtrevisionen pro Jahr

Es wurden nun die gesamten Revisionen, die in den einzelnen Untersuchungsjahren auftraten, betrachtet. In den Jahren 1989 bis 1994 zeigte sich eine Steigerung der mechanischen Fehlfunktionen, die durch eine Steigerung vornehmlich der Ventildysfunktionen verursacht wurde (Tab.5.24). 1993 traten allerdings vermehrt Fehlfunktionen im Bereich der Ventrikelkatheter auf (Obstruktionen, Fehllagen).

Die weitere Betrachtung der Revisionsgründe in den einzelnen Untersuchungsjahren zeigt einen Anstieg der Infektionen in den Jahren 1992 und 1993. Daraus ergibt sich gleichzeitig eine Erhöhung der infektionsbedingten Revisionsoperationen (Anlage externe Ventrikel Drainage sowie Internalisierung externen Ventrikel Drainage) (Tab.5.24). Die funktionellen Fehlfunktionen traten auf niedrigem Niveau relativ konstant in den 6 Untersuchungsjahren auf.

Revisionsgründe	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Mechanische Fehlfunktionen	4	6	15	11	19	11
Ventildysfunktion	1	5	9	7	3	2
Ventrikelkatheter Obstruktion	1	1	1		5	1
Ventrikelkatheterfehllage	1			1	5	4
Neuanlage eines Ventrikelkatheters bei isoliertem Ventrikel			1	1	1	1
Dysfunktion peritonealer Schenkel			2	1	5	3
Dysfunktion atrialer Schenkel	1		2			
Diskonnektion				1		
Funktionelle Fehlfunktionen	3	1	3	2	3	4
Überdrainage	3	1	2	2	1	4
Unterdrainage			1		2	
Infektionen	8	3	2	8	10	4
Sonstige	8	4	2	17	23	9
Wundheilungsstörungen	1			2	3	2
Wachstumsbedingte Verkürzung des peritonealen Schenkels					3	
Umwandlung RH in VP Shunt				3	7	2
Internalisierung EVD / Austausch EVD	7	4	2	12	10	5

Tab. 5.24: Gesamtrevisionen 1989 - 1994

5.7.8 Infektionsraten

Die in den einzelnen Untersuchungsjahren aufgetretenen Infektionen nach den Primäroperationen sowie die Gesamtfektionsrate pro Untersuchungsjahr zeigt, wie in Tab. 5.25 ersichtlich, von 1989 bis 1991 einen deutlichen Abfall. 1992 steigt die Infektionsrate nach der primären Operation als auch die Gesamtfektionsrate im Vergleich zum Vorjahr.

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	∑
Anzahl Primäroperationen	24	12	17	35	39	19	146
Infektionen nach Primäroperationen	3	1	0	3	4	2	13
Infektionsrate nach Primärop.	12,5%	8,3%	0%	8,6%	10,2%	10,5%	8,9%
Anzahl Operationen pro Jahr	47	26	39	73	94	47	326
Infektionen pro Jahr	8	3	2	8	10	4	35
Infektionsrate pro Jahr	17%	11,5%	5,1%	11%	11%	8,5%	10,7%

Tab. 5.25: Infektionsraten

Die Infektionsrate nach der primären Operation lag in dieser Studie bei 8,9 % (n=13), die Gesamtfektionsrate auf alle 326 operativen Eingriffe bezogen bei 10,7 % (n=35). Die Infektionsrate nach der Primäroperation (Erstimplantation) sowie nach den einzelnen Revisionsoperationen wurde in Tab. 5.26 dargestellt.

Shuntoperation	Anzahl operative Eingriffe	Infektionen	Prozent
Erstimplantation	146	13	8,9 %
1. Revision	70	8	11,4 %
2. Revision	49	6	12,2 %
3. Revision	28	5	17,9 %
4. Revision	13	1	7,7 %
5. Revision	11	1	9,1 %
6. Revision	6	1	16,7 %
7. Revision	2	0	0 %
8. Revision	1	0	0 %
Total	326	35	10,7 %

Tab. 5.26: Veränderung der Infektionsrate im Revisionsverlauf

Dabei zeigte die Infektionsrate bis zur 3. Revision einen Anstieg auf 17,9 %. Danach fällt sie bei der 4. Revision auf 7,7 % ab, um danach erneut anzusteigen (Tab. 5.26).

5.7.9 Revisionshäufigkeit pro Patient

Die Anzahl der Revisionen, von denen die einzelnen Patienten betroffen waren, zeigt, dass 21 Patienten von einer Revision betroffen waren. Ebenso hoch war die Anzahl der Patienten, die von 2 Revisionen betroffen waren. Von drei Revisionen waren 15 Patienten betroffen. Danach zeigt sich ein deutlicher Abfall, wie in Abb. 5.20 zu erkennen ist. Insbesondere ist erkennbar, dass nur eine kleine Gruppe von Patienten von einer hohen Anzahl an Revisionen betroffen war. Werden die Patienten betrachtet, die von 4 oder mehr Revisionen betroffen waren, so zeigt sich, dass 8,9 % (n=13) der 146 Patienten 37,8 % (n=68) der Revisionen bedurften. Noch deutlicher wird dieses Phänomen, wenn die Patienten betrachtet werden, die 3 oder mehr Revisionen bedurften. Hier waren 19,2 % der Patienten von 62,8 % der Revisionen betroffen.

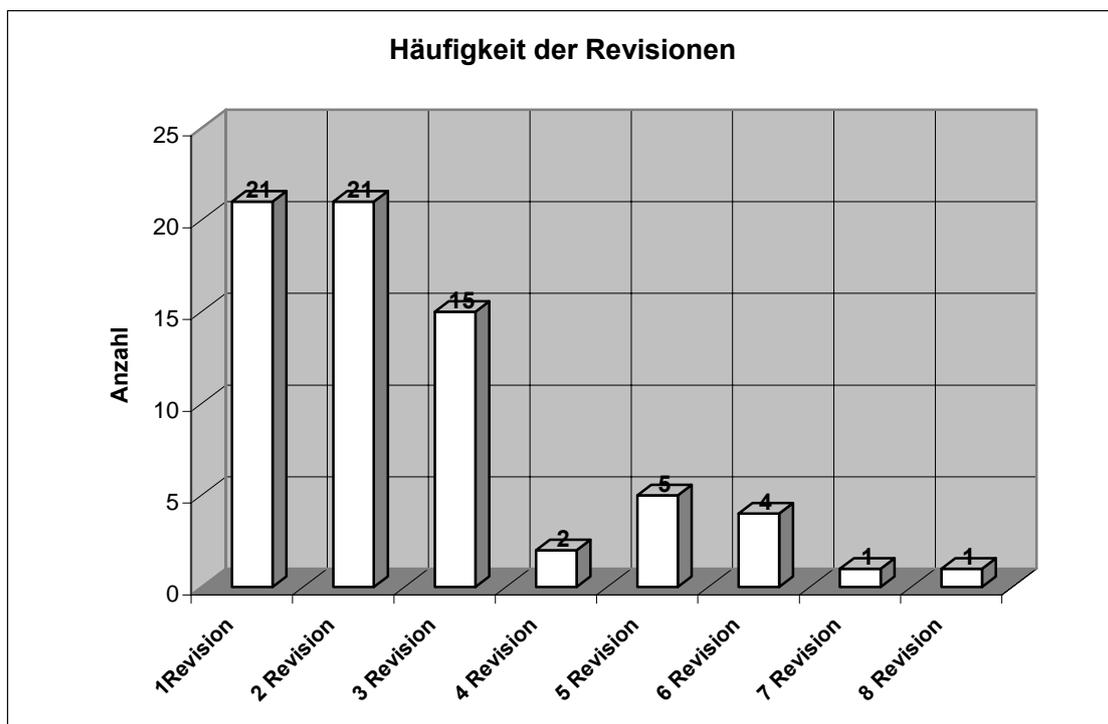


Abb.5.20: Häufigkeit der Revisionen bei den 70 Patienten

Wird die Anzahl der Patienten an den einzelnen Revisionen betrachtet, so zeigt sich, dass einige Patienten von der gleichen Revisionen mehrfach betroffen

waren. 54 Patienten waren in dieser Studie von 66 mechanische Fehlfunktionen betroffen. Die 16 aufgetretenen funktionellen Fehlfunktionen betrafen 14 Patienten. Die 35 Infektionen traten bei 27 Patienten auf. Dabei traten 3 Infektionen bei einem Patienten auf. 6 Patienten hatten 2 Infektionen und 20 Patienten je eine Infektion. Die 63 sonstigen Revisionsgründe betrafen insgesamt 52 Patienten.

5.7.10 Altersstruktur der Patienten bei Revisionseingriffen

Das Durchschnittsalter der Patienten zum jeweiligen Zeitpunkt der Revision betrug im Mittel 1,47 Jahre (Median 4,58 Monate). Die Patienten wurden den bekannten Altersgruppen **A** bis **C** zugeordnet, wobei zusätzlich die Gruppe der Säuglinge im Alter bis zu 6 Monaten eingeführt wurde.

105 (58,33 %) Patienten befanden sich in einem Alter unter 6 Monaten zum Zeitpunkt einer spezifischen Revision, wie aus Tabelle 5.27 deutlich ersichtlich wird. Von den mechanischen Fehlfunktionen befanden sich 33 Kinder (50 %) im Alter unter 6 Monaten. 37,5 % der funktionellen Fehlfunktionen betrafen Kinder unter 6 Monaten. Von den 35 Infektionen betrafen 25 (71 %) Kinder im Alter unter 6 Monaten. 65 % (n=41) der Kinder, die einer sonstigen Revision bedurften, waren unter 6 Monate alt (Tab. 5.27).

Revisionsgründe	Altersgruppen			
	unter 6 Monate	A	B	C
Mechanische Fehlfunktionen	33 (50%)	11 (17%)	18 (27%)	4 (6%)
Ventildysfunktion	17	4	4	2
Ventrikelkatheter Obstruktion	4	1	4	
Ventrikelkatheterfehlage	5	2	4	
Neuanlage eines Ventrikelkatheters bei isoliertem Ventrikel	2		2	
Dysfunktion peritonealer Schenkel	4	3	4	
Dysfunktion atrialer Schenkel	1	1		1
Diskonnektion				1
Funktionelle Fehlfunktionen	6 (37,5%)	1(6,25%)	8 (50%)	1(6,25%)
Überdrainage	3	1	8	1
Unterdrainage	3			
Infektionen	25 (71%)	2 (6%)	6 (17%)	2 (6%)
Sonstige	41 (65%)	6 (10%)	14 (22%)	2 (3%)
Wundheilungsstörungen	4		3	1
Ventrikel und peritonealer Schenkel zu kurz		1	2	
Umwandlung RH in VP Shunt	12			
Internalisierung EVD / Austausch EVD	25	5	9	1

Tab. 5.27: Altersverteilung bei 180 Revisionseingriffen

5.7.11 Zeitliche Betrachtung der Revisionen

5.7.11.1 Zeitintervalle zwischen den Revisionen

Das Durchschnittliche Zeitintervall bis zum Auftreten einer Revision betrug bei 180 Revisionen im Mittel 74 Tage (Median 23 Tage). Das durchschnittliche Zeitintervall zwischen den aufgetretenen Revisionen wird in Abb. 5.21 dargestellt. Hierbei wurde das erste Zeitintervall dem Zeitraum zwischen der Erstoperation und der 1. Revision zugeordnet. Die Zeiträume zwischen den folgenden Revisionen eins bis acht wurde den Zeitintervallen 2 bis 8 zugeordnet. Dabei reichte das durchschnittliche Zeitintervall zwischen den Revisionen von 14 Tagen (Zeitintervall 8) bis 114 Tage (Zeitintervall 6). Weiterhin verkürzte sich das Zeitintervall zwischen den Revisionen im

Vergleich mit dem Zeitraum zwischen Erstoperation und erster Revision (Zeitintervall 1) mit Ausnahme des Zeitintervalls 6 (114 Tage) (Abb.5.21).

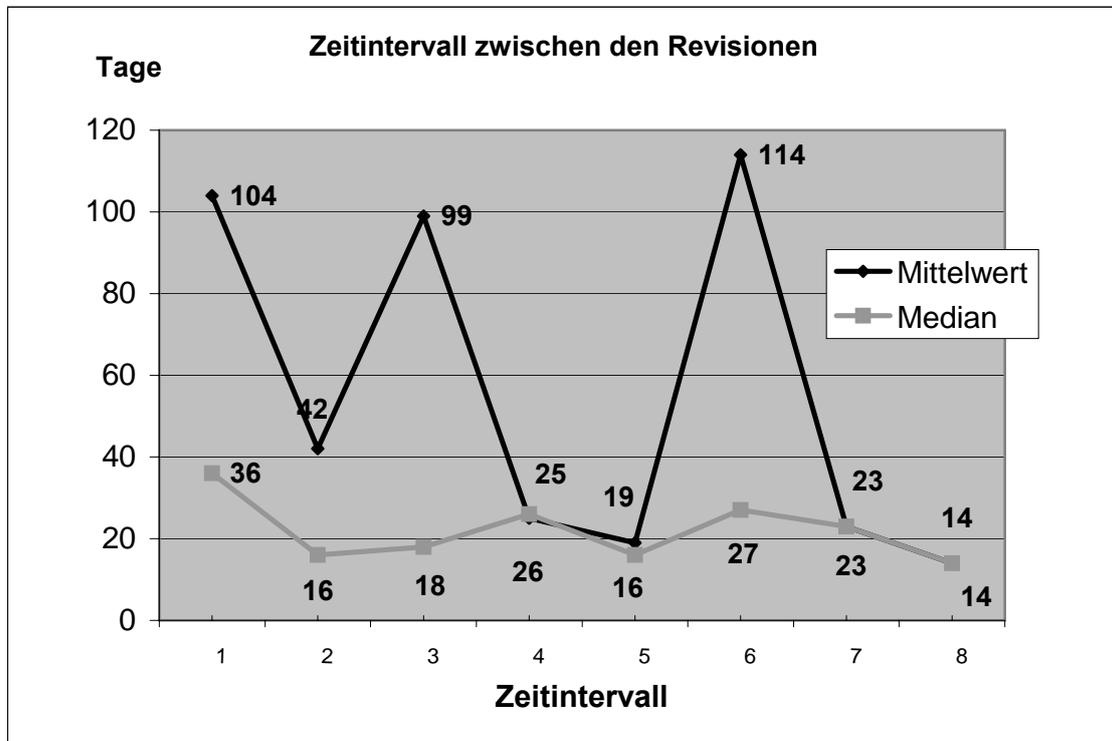


Abb. 5.21: Zeitintervall zwischen den Revisionen

Der Median der Zeitintervalle lag in einer Spannweite zwischen 36 und 14 Tagen (Abb. 5.19). Dabei zeigte das mediane Zeitintervall eine relative Konstanz über die acht Zeitintervalle. Das durchschnittliche Zeitintervall zwischen den Revisionen, bezogen auf die 4 einzelnen Revisionsgruppen (Tab. 5.28), zeigt, dass die Infektionen im Durchschnitt nach 36 Tagen auftraten. Das längste Zeitintervall betraf die funktionellen Fehlfunktionen mit 162 Tagen.

Revisionsgründe	Mittelwert	Median
Mechanische Fehlfunktionen	90 Tage	25,5 Tage
Funktionelle Fehlfunktionen	162 Tage	36,5 Tage
Infektionen	36 Tage	24 Tage
Sonstige	55 Tage	19 Tage

Tab. 5.28: Durchschnittliches Zeitintervall in Tagen

5.7.11.2 Zeitintervall zwischen den Revisionen auf die Ätiologie bezogen

Betrachtet man das Zeitintervall zwischen den aufgetretenen Revisionen und setzt es in Bezug zu der Ätiologie des Hydrozephalus, so zeigten sich kürzere Zeitintervalle zwischen den Revisionen bei posthämorrhagischen Hydrozephalus, wobei es auch immer unter dem durchschnittliche Zeitintervall von 74,9 Tagen lag. Die Zeitintervalle zwischen den Revisionen in den übrigen Hydrozephalusgruppen zeigte eine Tendenz, sich nach der erste Revision zu verkürzen (Tab.5.29).

Ätiologie	Zeitintervalle in Tagen							
	Zeitintervall zwischen Erst_Op und Rev.1	Zeitintervall zwischen Rev.1 u. Rev.2	Zeitintervall zwischen Rev.2 u. Rev.3	Zeitintervall zwischen Rev.3 u. Rev.4	Zeitintervall zwischen Rev.4 u. Rev.5	Zeitintervall zwischen Rev.5 u. Rev.6	Zeitintervall zwischen Rev 6 u Rev 7	Zeitintervall zwischen Rev 7 u Rev 8
Subdurale Hygrome	33	16	-	-	-	-	-	-
Zerebrale Zysten	25	66	48	10	18	-	-	-
Hydrozephalus posthäm.	35	45	21	18	28	27	40	
Hydrozephalus bei Zelen	104	47	208	28	10	296	7	14
Hydrozephalus posttraumatisch	44	8	-	-	-	-	-	-
Hydrozephalus kongenital	138	15	99	25	10	8	-	-
Hydrozephalus occlusus	194	65	67	41	16	306	-	-

Tab. 5.29: Zeitintervall zwischen den Revisionen in Tagen

5.7.11.3 Zeitliches Auftreten der Revisionen

Im Folgenden wird das Zeitintervall betrachtet, bis wann die Revisionen bei den 146 Kindern aufgetreten sind. Dabei zeigt sich, dass 112 Revisionen (62,22 %) innerhalb eines Monats nach vorausgegangener Operation auftraten. 90 % der Revisionen (n=162) traten innerhalb von 6 Monaten nach vorausgegangener Operation auf (Tab. 5.30).

Zeitintervall in Tagen	Anzahl der Revisionen im jeweiligen Zeitintervall	Anzahl der Revisionen (kumulativ)	Prozent (kumulativ)
7	19	19	3,88 %
30	93	112	62,22 %
60	27	139	77,22 %
90	10	149	82,77 %
120	7	156	86,66 %
150	6	162	90 %
180	1	163	90,55 %
210	1	164	91,11 %
240	2	166	92,22 %
270	0	166	92,22 %
300	2	168	93,33 %
330	3	171	95 %
360 (1 Jahr)	0	171	95 %
720 (2 Jahre)	7	178	98,88 %
1.080 (3 Jahre)	1	179	99,44 %
1.440 (4 Jahre)	1	180	100 %
Summe	180	180	100 %

Tab. 5.30: Zeitliches Auftreten der 180 Revisionen

Die 35 Infektionen die im Untersuchungszeitraum auftraten wurden ebenfalls Zeitintervallen zugeordnet (Tab.5.31).

Zeitintervall in Tagen	Anzahl der Infektionen im jeweiligen Zeitintervall	Anzahl der Infektionen (kumulativ)	Prozent (kumulativ)
7	4	4	11,42 %
14	6	10	28,57 %
30	14	24	68,57 %
60	7	31	88,57 %
90	2	33	94,29 %
120	1	34	97,14 %
> 360	1	35	100 %
Summe	35	35	100 %

Tab. 5.31: Zeitliches Auftreten der Infektionen

Deutlich wird hierbei, dass 68,6 % der Infektionen innerhalb eines Monats nach vorausgegangener Operation auftraten.

5.8 Revisionsraten

Die in dieser Studie ermittelten Revisionsraten nach primärer Shuntanlage sowie die Gesamtrevisionsraten in den einzelnen Untersuchungsjahren wurden in Bezug gesetzt zu den Infektionsraten sowie den aufgetretenen Ventildysfunktionen (Abb.5.22). Es zeigt sich, dass der Anstieg der Revisionsraten nach primärer Operation in den Jahren 1989 bis 1991 durch einen parallelen Anstieg der Ventildysfunktionen bis 1991 verursacht wurde. Der Abfall der Revisionsrate von 1992 bis 1994 nach der primären Operation lief ebenfalls parallel zu Abnahme der Ventildysfunktionen. Auch der Anstieg der Gesamtrevisionsrate pro Jahr von 1989 bis 1991 ist dadurch zu erklären. Die Infektionen zeigten eine kontinuierliche Abnahme bis 1991 und stiegen danach an, wobei sie relativ konstant in den folgenden Untersuchungsjahren auftraten.

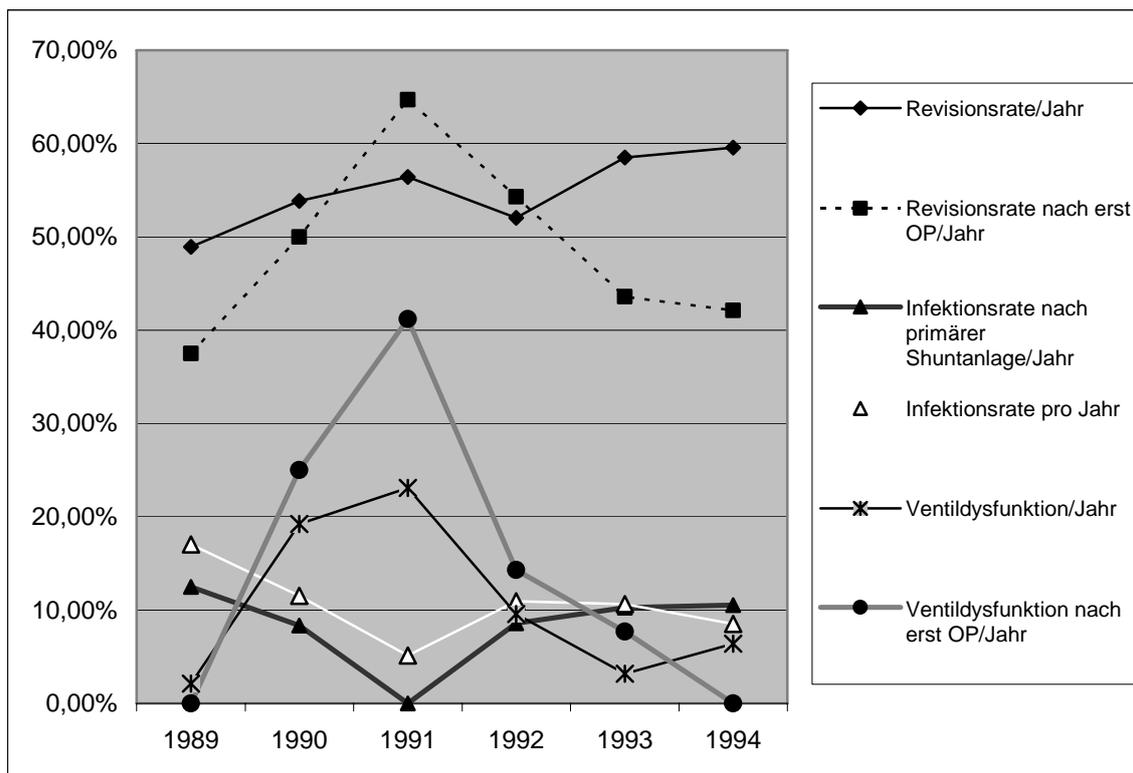


Abb.5.22: Verlauf der Revisionsraten in den Untersuchungsjahren

Der Anstieg der Gesamtrevisionsrate 1993 im Vergleich mit den vorhergehenden Untersuchungsjahren wurde durch einen Anstieg der mechanischen

Fehlfunktionen sowie der Infektionen, als auch den sonstigen Revisionsgünden verursacht (Tab.5.21, Seite 71). Für den weiteren Anstieg der Gesamt-revisionsrate 1994 ließen sich keine spezifischen Revisionsursachen feststellen.

6 Diskussion

Ziel dieser Arbeit war es, die Gegebenheiten und Komplikationen der Shunttherapie im klinischen Alltag bei pädiatrischen Patienten darzustellen. Die in dieser Studie ermittelte Gesamtrevisionsrate in Bezug gesetzt zu den 326 durchgeführten operativen Eingriffen lag bei 55,2 %, die Revisionsrate nach primärer Shuntanlage bezogen auf die Patientenzahl bei 47,9 %. Insgesamt wurden in den 6 Jahren der Untersuchung 326 operative Eingriffe bei 146 Patienten durchgeführt. Daraus errechnen sich 2,23 Operationen pro Patient. Diese Rate wird auch von McGIRT et al. (2002) beschrieben, wo 836 Shuntimplantationen und Revisionen bei 353 Patienten in einem Zeitraum von 1992 bis 1998 durchgeführt wurden. Nach SAINT-ROSE (1991/92) liegt das Verhältnis von primären Shuntanlagen zu Revisionen in vielen Kliniken zwischen 1 und 2,5. Dies stimmt mit unseren Daten überein, wo das Verhältnis von primären Shuntanlagen zur ersten Revisionen bei 2,08 liegt.

IVAN et al. (1980) beschreibt bei 125 Patienten, die sich 243 Shuntoperationen in den Jahren 1974 bis 1980 unterziehen mussten, 1,944 Operationen pro Patient. Die Revisionsrate betrug bei IVAN et al. (1980), bezogen auf die 243 Shuntoperationen, 48,55 %. Die Revisionsrate bezogen auf die Patientenzahl betrug 61,6 %. MAZZA et al. 1980 beschrieb eine Revisionsrate von 51% bei den Patienten, die mit einem VP- Shunt versorgt wurden. Die Revisionsrate von 47,94% bezogen auf die primär implantierten Shuntsysteme steht im Einklang mit den Revisionsraten, die in der Literatur beschrieben werden. BORGBJERG et al. (1995) beschreiben 399 Revisionen (45%) bei 884 primär implantierten Shuntsystemen. GIUFFRE et al. (1979) beschreiben eine Revisionsrate von 41,1 % der primär Implantierten Shuntsysteme. Im Untersuchungszeitraum unserer Studie wurden bei 70 der insgesamt 146 Kinder 180 Revisionen durchgeführt. Jedes der 146 Kinder wurde demnach 1,23-mal revidiert; auf jedes revidierte Kind entfielen durchschnittlich 2,57 Revisionen. In dieser Zahl sind auch die Operationen enthalten, in denen bei Kindern ein primär angelegtes Rickham-Reservoir in ein VP- Shunt umgewandelt wurde. Vergleicht man diese

Revisionsrate von 1,23 Revisionen pro Kind mit denen in der Literatur, so zeigen sich ähnliche Werte. In der gleichen Größenordnung bewegen sich die Ergebnisse von OLSEN und FRYKBERG (1983) mit 1,4 Revisionen pro Kind, HELLER et al. (1983) 1,7 Revisionen pro Kind und Schoenbaum et al. (1975) mit 1,6 Revisionen pro Kind. SMELY und VELTHOVEN (1997) beschrieben eine mittlere Operationsrate von 1,98 pro Patient in einer Patientengruppe von 66 Kindern, die in den Jahren 1986 bis 1993 mit einem VP - Shunt versorgt wurden. KÜCHEN et al. (1983) gaben an, dass nur bei 40 % ihrer 45 im Säuglings- und Kleinkindalter bis 13 Monate mit einem Shunt versorgten Kinder Revisionsoperationen erforderlich waren diese Kinder jedoch im Durchschnitt 3,2 mal revidiert wurden, so dass hier eine deutlich höhere Revisionsrate vorliegt. MAHLMANN et al. (1983) mussten bei 52,6 % ihrer Kinder Revisionen durchführen, und gaben 1,9 Revisionen pro Kind an. Die Revisionen pro revidiertes Kind betrug bei ihnen 2,7. AMACHER und WELLINGTON (1984) beschrieben bei 170 Kindern 636 Shuntoperationen im Untersuchungszeitraum. Im Durchschnitt entfielen auf jedes Kind dieser Untersuchung 3,72 Operationen. Diese Zahl wurde erreicht, weil mehrere Fälle 8-19-mal revidiert werden mussten. GUIDETTI et al. (1976) beschrieben bei 346 Kindern, die in den Jahren 1957 bis 1973 mit einem Shuntsystem versorgt wurden, bei 141 von diesen Kindern 218 Revisionen. So mussten 40,75% der Kinder revidiert werden, womit sich eine ähnliche Revisionsrate wie in unsere Studie ergibt. Weiterhin ergaben sich 1,58 Revisionen auf jedes Kind. Bezogen auf die 141 revidierten Kinder ergibt sich eine Revisionsrate von 1,54 Revisionen pro revidiertes Kind. DI ROCCO et al. veröffentlichten 1994 die Ergebnisse einer internationalen Multicenter-Studie, wobei eine Revisionsrate von 29 % bei erstmalig implantierten Shuntsysteme innerhalb des ersten Jahres beschrieben wurde. Das Durchschnittsalter der Patienten zum Zeitpunkt der ersten Shuntanlage lag mit 3 Jahren deutlich über dem in der vorliegenden Arbeit, welches im Durchschnitt bei 1,9 Jahren lag, im Median bei 2,15 Monaten. Dies könnte der Grund für die um 9 % höhere Komplikationsrate darstellen, die in unserer Studie gefunden wurde. 38 % der primär implantierten Shuntsysteme in unserer Studie wurden innerhalb eines Jahres

revidiert, somit waren 62 % der primär implantierten Shuntsysteme nach einem Jahr noch revisionsfrei. Auch der Vergleich mit neueren Studien zeigte bezüglich der Rate der Shuntsysteme, die mindestens ein Jahr revisionsfrei blieben, entsprechende Werte. DRAKE et al. (1998) berichteten, dass 61 % der primär implantierten Shuntsysteme nach einem Jahr noch revisionsfrei waren.

ZEMACK et al. (2003) gaben an, dass 60.5 % der primären Shuntsysteme nach einem Jahr revisionsfrei waren, KESTLE und WALKER (2005) veröffentlichten eine Rate von 67 % in einer prospektiven Multicenter-Studie.

In vielen Arbeiten der Literatur wird das Alter zum Zeitpunkt der ersten Shuntimplantation als ein entscheidender Faktor bezüglich des Auftretens von Komplikationen und der Lebensdauer des Shuntsystems angesehen. LIPTAK et al. (1985) beschrieben, dass Shuntsysteme, die bei Kindern im Alter unter einem Jahr implantiert wurden, eher ausfielen, als solche bei Kindern im Alter über einem Jahr. PIATT und CARLSON (1993) beschrieben ein erhöhtes Risiko für das Auftreten einer Shuntobstruktion bei unter-2-jährigen Kindern. DI ROCCO et al. (1994) beschrieben ebenfalls einen Zusammenhang zwischen dem Patientenalter und dem vermehrten Auftreten von Komplikationen. So traten vermehrt Shuntobstruktionen bei Kindern im Alter bis zu einem Monat im Vergleich zu älteren Kindern auf. TULI et al. (2000) sahen ebenfalls einen Zusammenhang zwischen dem Alter der Kinder zum Zeitpunkt der primären Shuntanlage und dem Auftreten von Komplikationen. Auch McGIRT et al. (2002) zeigten ein erhöhtes Risiko für das Auftreten von Shuntkomplikationen auf, je jünger die Patienten zum Zeitpunkt der Operation waren. HANLO et al. (2003) beschrieben ein deutlich niedrigeres komplikationsfreies Intervall des Shuntsystems bei Kindern im Alter unter 6 Monaten. Auch in der vorliegenden Arbeit stellte das Alter der Patienten zum Zeitpunkt der ersten Shuntimplantation einen Hauptfaktor dar, der das Auftreten einer späteren Revision begünstigte. Das Durchschnittsalter der 146 Patienten betrug bei der primären Anlage eines Shuntsystems / Rickham-Reservoir 1,9 Jahre (Median 2,15 Monate), das der 76 revisionsfreien Kinder lag bei 2,6 Jahren (Median 8 Monate). Im Vergleich dazu lag das Durchschnittsalter der 70 Kinder, die revidiert werden mussten, bei 1,1 Jahren (Median 1,13 Monate). Nach

Altersgruppen betrachtet zeigte sich ein noch deutlicheres Bild bezüglich der Revisionsanfälligkeit junger Kinder. Von den 100 Kindern im Alter bis zu einem Jahr mussten sich 57 % einer Revisionsoperation unterziehen, verglichen mit nur 27,7 % in der Altersgruppe der 1- bis 5-jährigen und 29,4 % in der Altersgruppe der 6- bis 15-jährigen. Auch die Betrachtung des Alters der Patienten zum Zeitpunkt einer Revisionsoperation zeigte, dass 105 (58,33 %) der Patienten sich in einem Alter unter 6 Monaten befanden.

Kontrovers wird die Ätiologie des Hydrozephalus als Ursache für das Auftreten von Shunt Dysfunktionen in der Literatur behandelt. So beschreiben SERLO et al. (1990), dass implantierte Shuntsysteme bei Patienten, die einen Hydrozephalus aufgrund einer Neoplasie entwickelt hatten, eher zu einer Komplikation neigen. Dies konnte in unserer Arbeit nicht bestätigt werden. Patienten mit einem intrakraniellen Tumor, die einen Hydrocephalus occlusus ausgebildet hatten, zeigten im Vergleich mit den Hydrozephalien anderer Genese keine erhöhte Komplikationsrate. COZZENS und CHANDLER (1997) fanden eine signifikant erhöhte Komplikationsrate bei Patienten mit einem Hydrozephalus aufgrund einer intraventrikulären Blutung. Kein Zusammenhang zwischen der Ätiologie des Hydrozephalus und dem vermehrten Auftreten von Shuntkomplikationen wurde von McGIRT et al. (2002) beschrieben. Dies wird auch in den Arbeiten von PIAT und CARLSON (1993) sowie GRIEBEL et al. (1985) angegeben. DI ROCCO et al. (1994) beschrieben dagegen eine erhöhte Komplikationsrate beim posthämorrhagischen Hydrozephalus. HAHN (1994) beschrieb ein dreimal höheres Risiko für das Auftreten von Shuntausfällen bei Patienten mit einem posthämorrhagischen Hydrozephalus gegenüber Patienten mit einem posttraumatischen Hydrozephalus.

LAZAREFF et al. (1998) sahen einen deutlich erhöhten relativen Anteil an Patienten mit einer intraventrikulären Blutung als Ursache des Hydrozephalus in der Gruppe, welche 4 oder mehr Shuntrevisionen bedurften, als auch in der Patientengruppe mit zwei bis drei Revisionen im Vergleich zu den Patientengruppen, die keine oder nur eine Shuntrevision benötigten. Dies zeigte sich auch in unserer Arbeit, wo sich der relative Anteil an Kindern mit einem

posthämorrhagischen Hydrozephalus kontinuierlich von 21 % an der 1. Revision bis auf 36 % an der 5. Revision steigerte.

Weiterhin zeigte sich in der vorliegenden Arbeit, dass die Komplikationsrate in der Gruppe der Patienten mit einem Hydrozephalus bei Myelomeningozele sowie beim posthämorrhagischen Hydrozephalus im Vergleich mit den anderen Hydrozephalusgruppen am höchsten war. 51,1 % (n=92) der Revisionen entfielen auf den posthämorrhagischen Hydrozephalus sowie auf den Hydrozephalus bei Myelomeningozelen, die einen Gesamtanteil von 36,9 % aller Hydrozephaluspatienten in dieser Arbeit stellten.

Die funktionellen Fehlfunktionen im Sinne einer Über- bzw. Unterdrainage trat vornehmlich bei Patienten mit einem Hydrocephalus occlusus auf

LIPTAK et al. (1985) sowie LIPTAK und McDONALD (1985/86) beschrieben, dass Kinder mit Neuralrohrdefekten, die mit einem Shuntsystem versorgt wurden, eine längere Zeit revisionsfrei blieben als Kinder mit einem Hydrozephalus anderer Ätiologie. Diese Aussage von Liptak und Mc Donald konnte in unserer Arbeit nicht bestätigt werden. Das Zeitintervall von der ersten Shuntoperation bis zur ersten Revision betrug im Durchschnitt 104 Tage beim Hydrozephalus bei Myelomeningozelen. Beim kongenitalen Hydrozephalus sowie beim Hydrocephalus occlusus lag das durchschnittliche Zeitintervall mit 138 Tagen und 194 Tagen zwischen primärer Shuntanlage und erster Revision darüber.

Im Gegensatz zu den oben beschriebenen Aussagen bezüglich einer erhöhten Komplikationsrate bei bestimmten Ätiologien des Hydrozephalus, stellten GRIEBEL et al. (1985) in einer Serie von 195 Shuntoperationen fest, dass weder das Patientenalter, das Geschlecht, der Typ des Hydrozephalus, die Dauer der Operation noch die prophylaktische Gabe eines Antibiotikums mit einzelnen Shuntkomplikationen signifikant korrelieren würde. Nur die Art der Durchführung der Operation durch den Operateur und der Shunttyp selbst zeigten eine signifikante Korrelation mit den aufgetretenen Komplikationen.

Im Gegensatz zu der Aussage von Griebel, dass der Shunttyp eine signifikante Korrelation mit den aufgetretenen Komplikationen aufweisen würde, beschrieben PUCA et al. (1991), dass ein statistisch signifikanter Unterschied in

der Revisionshäufigkeit bei den verschiedenen Shunt- und Ventiltypen nicht bestehen würde. Einzig die Tatsache, ob vorher eine Operation vorausgegangen war oder nicht, zeigte ein statistisch signifikant erhöhtes Revisionsrisiko. Diese Aussage konnte in den Ergebnissen dieser Arbeit bestätigt werden, so stieg die Revisionsrate nach jedem operativen Eingriff bis zur 3. Revision deutlich an.

So zeigte sich in unserer Arbeit bei den 146 Patienten ein Anstieg der Revisionsrate bis zur 2. Revision, um danach wieder auf hohem Niveau abzusinken. Es wurden von den 146 Patienten, die sich erstmalig einer Shuntoperation unterziehen mussten, 47,94 % 1-mal revidiert, von diesen wurden 70 % ein zweites Mal revidiert von diesen wiederum 57 % ein drittes Mal und von diesen 46,42 % ein viertes Mal. In der Literatur werden ähnliche Werte von SHURTLEFF et al. (1971) sowie TISCHER (1969) angegeben. SHURTLEFF et al. gab eine Rate von 60 % bei der ersten Revision an, für die folgenden Revisionen Werte von 60 % und 64 % sowie für die 4. Revision einen Anteil von 59 %.

Ventiltypen

Bezüglich der in dieser Studie implantierten Ventiltypen zeigte sich, dass 61 % der Revisionen (n= 128) auf das Hakim-Ventil entfielen und 15,6 % auf das Hakim-pediatric-Ventil. Dies ist durch den Umstand erklärbar, dass diese beiden Ventiltypen einen Anteil von 66,4 % an der Gesamtzahl der implantierten Ventile im Untersuchungszeitraum aufwiesen und diese beiden Ventiltypen permanent in jedem Jahr der Untersuchung implantiert wurden. Somit zeigte sich bezüglich der implantierten Ventiltypen eine relative Konstanz. Einschränkend muss daher beim Vergleich bezüglich der Zuverlässigkeit der einzelnen Ventiltypen auf die geringe absolute Anzahl der übrigen Ventile hingewiesen werden. Der Anteil dieser Ventile lag bei 33,6 % (Codman-Medos-Ventil, Sophy SU8 Ventil Cordis Omnishunt Ventil).

Wird die Revisionsrate der Ventile nach der Primäroperation betrachtet (ohne Rickham-Reservoirs), zeigte sich eine Revisionsrate von 41,98 %.

Borgbjerg et al. (1995) veröffentlichte eine Revisionsrate von 45 % und gaben in ihrer Arbeit eine Revisionsrate für das Hakim-Ventil von 34,8 % an. In unserer Arbeit lag die Revisionsrate nach der Primärenoperation beim Hakim-Ventil bei 46,15 %. Dabei muss beachtet werden, dass bezüglich der Patienten in der Arbeit von Borgbjerg keine Altersbeschränkung bestand. Die höchste Revisionsrate nach der primären Operation lag in unserer Arbeit beim Hakim-pediatric-Ventil mit 61,11 % vor. Diese hohe Rate ist durch den Umstand erklärbar, dass diese Ventile vornehmlich bei sehr jungen Kindern implantiert wurden und vermehrt Infektionen auftraten. Werden die aufgetretenen Komplikationen innerhalb der einzelnen Ventilgruppen untersucht, zeigt sich, dass die Ventildysfunktionen hauptsächlich beim Hakim-Ventil mit 17,9 % sowie beim Sophy SU8 Ventil mit 11,8 % auftraten. Es folgte das Hakim-pediatric-Ventil mit 9,7 %. Beim nicht programmierbaren Codman-Medos-Ventil lag die niedrigste Rate an Ventildysfunktionen mit 3,3 % vor. Bezüglich des vermehrten Auftretens von Dysfunktionen der Ventileinheit beim Sophy SU8 Ventil wurden ähnliche Angaben in der Literatur veröffentlicht. O'REILLY und WILLIAMS (1995) fanden 4 Ventildysfunktionen bei 16 implantierten Sophy-Ventilen. WILL et al. (1994) fanden spontane Veränderungen des vorgewählten Öffungsdruck beim Sophy SU8 Ventil. KRÄHLING et al. (1995) explantierte 7 Sophy SU8 Ventile wegen eines inkonstanten Öffungsdruck sowie spontaner Veränderungen der eingestellten Druckstufe. Andere Autoren fanden dagegen keine erhöhte Rate an Ventildysfunktionen beim Sophy SU8 Ventil (SINDOU et al. 1993 sowie LUMENTA et al. 1990). In unserer Studie trat eine Ventildysfunktion bei 18 implantierten programmierbaren Codman-Medos-Ventilen auf. ROHDE et al. (1998) beschrieben 3 (5 %) Ventildysfunktionen bei 60 implantierten programmierbaren Codman-Medos-Ventilen. Aufgrund der veröffentlichten Daten bezüglich des Sophy SU8 Ventils sowie den eigenen Erfahrungen mit dem Codman-Medos-Ventil sahen sie das Codman-Medos-Ventil als zuverlässiger an. Auch in unserer Studie zeigte sich, dass ab dem Jahr 1993 kein Sophy SU8 Ventil mehr implantiert wurde, und diese durch die programmierbaren Codman-Medos-Ventile ersetzt wurde.

Auch die programmierbaren Ventile, die in dieser Studie untersucht wurden, konnten keine eindeutige Überlegenheit gegenüber den nicht programmierbaren Ventilen aufweisen. Im Gesamtzeitraum der Untersuchung wurden 50 % der Shuntsysteme mit einem programmierbaren Codman-Medos-Ventile revidiert.

Der Vergleich eines konventionellen Differentialdruck-Ventils mit zwei Ventiltypen anderen Funktionsprinzip, dem Delta-Ventil mit einer Antisiphon-Komponente sowie dem Orbis-Sigma-Ventil (flussgesteuert) in einer randomisierten internationalen Multizenter-Studie konnte keinen Vorteil eines Ventiltyps gegenüber den anderen Ventilen aufzeigen (DRAKE et al. 1998). Weiterhin beschrieben DRAKE et al. (1998) in dieser Studie, dass die Shuntobstruktionen sowie die Infektionen weiterhin die Hauptprobleme der Shunttherapie beim pädiatrischen Hydrozephalus darstellen.

Auch die Langzeitergebnissen dieser Studie, die von KESTLE et al. im Jahr 2000 veröffentlicht wurden, bestätigten die primären Resultate aus dem Jahr 1998 und zeigten ebenfalls keine Überlegenheit eines Ventilsystems.

Auch POLLACK et al. (1999) konnte keine Überlegenheit des programmierbaren Codman-Hakim-Ventils gegenüber einem konventionellen Differentialdruck- Ventil mit fest eingestellter Druckstufe feststellen. Eine weitere retrospektive Studie von RINGEL et al. (2005), die allerdings nur erwachsene Patienten umfasste, verglich die Revisionsraten bei Standard-Hakim-Ventilen mit denen von programmierbaren Codman-Hakim-Ventilen, die in einem 12-jährigen Untersuchungszeitraum implantiert wurden. Hierbei zeigte sich ebenfalls keine niedrigere Revisionsrate bei den programmierbaren Ventilen. So kamen sie zum Schluss, dass es weiterhin gerechtfertigt sei, Standard Hakim-Ventile bei erwachsenen Patienten zu implantieren.

VP- / VA- Shunt

MAZZA et al. (1980) verglichen in einer Serie von 165 Kindern mit einem Hydrozephalus nicht tumoraler Genese über ein Zeitraum von 11 Jahren die Komplikationsraten bei den implantierten VP-Shunts mit denen bei den VA - Shunts. Dabei traten bei 45 % der Kinder, die mit einem VA-Shunt versorgt wurden, eine oder mehrere Revision auf, im Gegensatz zu den Kindern, die mit

einem VP-Shunt versorgt wurden; bei diesen lag die Revisionsrate bei 51 % . Allerdings war die Inzidenz einer Revision nach 6 Monaten, ausgehend von der primären Shuntimplantation, in der VP-Shunt-Gruppe niedriger als in der VA-Shunt-Gruppe. Weiterhin war die Schwere der Komplikationen bei der VP-Shunt-Gruppe geringer als in der VA-Shunt-Gruppe. Sie kamen daher zu dem Schluß, dass beim kindlichen Hydrozephalus die Liquorableitung mittels des VP-Shunts zu bevorzugen ist. Gleicher Meinung ist auch VILLAREJO (1979), der in einer Serie die Komplikationen bei 100 Kindern, die entweder mit einem VA- Shunt oder mit einem VP-Shunt versorgt wurden, untersuchte. Dabei war einer der Hauptgründe für eine Revision die Obstruktion des Ventrikelkatheters bei beiden Shuntformen. Weiter stellte er fest, dass bei den VP-Shunts eine geringere Rate an Revisionen notwendig war als bei den VA-Shunts. Weiter wurde berichtet, dass die Inzidenz an schweren Infektionen ebenfalls bei den VP-Shunts geringer war. Aufgrund der geringen Anzahl der VA - Shunts in unserer Studie lässt sich dazu keine Aussage treffen. Im Untersuchungszeitraum wurde bei den primären Shuntimplantationen in 113 Fällen (77,4%) die ventriculo-peritoneale Ableitung gewählt, nur 5-mal die ventriculo-atriale Ableitungsform. So zeigt sich in Bezug auf die gewählte Ableitungsform in unserer Arbeit eine eindeutige Konstanz. Die Ergebnisse einer internationalen Multicenterstudie, die von DI ROCCO (1994) veröffentlicht wurden, zeigte ebenfalls eine eindeutige Bevorzugung der ventriculo-peritonealen Ableitungsform. Auch andere Autoren beschreiben eine eindeutige Bevorzugung der ventriculo-peritonealen Ableitung gegenüber der ventriculo-arterialen Ableitung im Kindesalter (SMELY et al. 1997) und begründen dies mit einer zwar insgesamt höheren Komplikationsrate gegenüber der ventriculo-arterialen Ableitung, allerdings sind die schweren und ernsthaften Komplikationen bei den ventriculo-peritonealen Shuntsystemen deutlich geringer. Zu ähnlichen Ergebnissen gelangten auch IGNELZI und KIRSCH (1975), die in einer Serie von 300 Patienten, wobei das Patientenalter zum Zeitpunkt der Shuntimplantation von einem Tag bis zu 90 Jahren reichte, eine höhere Komplikationsrate bei den Patienten, die mit einem VP-Shunt versorgt worden waren, fanden als bei denen, die einem VA-Shunt erhalten hatten.

So bedurften 58 % der implantierten VP-Shunts gegenüber 48 % der VA-Shunts einer spätere Revision.

Revisionsgründe

Die in unserer Studie aufgetretenen Komplikationen sind mit denen, die in der Literatur beschrieben werden, vergleichbar (DI ROCCO et al. 1994, SAINT-ROSE et al. 1991, DRAKE 1995). Hauptrevisionsgründe in der vorliegenden Studie waren die mechanischen Komplikationen mit 51,6 %, gefolgt von den Infektionen mit einem Anteil von 27,3 % sowie den funktionellen Dysfunktionen der Shuntsysteme mit 12,5 %. In der Literatur wird ebenfalls beschrieben, dass die mechanischen Fehlfunktionen die häufigste Ursache für Shuntrevisionen darstellen. Nach DI ROCCO et al. (1994) erfolgten die Revision in 61,8 % der Fälle aufgrund einer mechanischen Störung des Shuntsystems, gefolgt von Infektionen, die einen Anteil von 22,7 % der Komplikationen der Shuntsysteme ausmachten. Im Einzelnen beschreibt DI ROCCO weiter, dass in 86 Fällen (63,2 %) eine Obstruktion der Ventrikelkatheter aufgetreten war und somit die proximale Obstruktion die häufigste mechanische Fehlfunktion in dieser Studie darstellte, wobei in der Studie von DI ROCCO et al. nur die erste aufgetretene Komplikation berücksichtigt wurde. Auch MAZZA et al. (1980) beschrieben, dass die meisten Revisionen der Shuntsysteme wegen einer Obstruktion erfolgten. SAINT-ROSE et al. (1991) berichteten in einer Serie von 1719 Patienten, die in den Jahren 1973 bis 1984 operativ versorgt wurden, eine Rate an Obstruktionen von 56,1 %. Dabei trat die proximale Obstruktion mit 208 Fällen (30,2 %) am häufigsten auf, gefolgt von den distalen Obstruktionen, die in 94 Fällen (13,6%) auftraten. Allerdings wurde in dieser Studie ebenfalls nur die erste Komplikation gezählt, die bei den Patienten auftrat. Im Gegensatz dazu beschreiben IGNELZI und KIRSCH (1975), LITTLE et al. (1972) sowie ROBERTSON et al. (1973) als häufigsten Revisionsgrund die distale Obstruktion des Shuntsystems, wobei in diesen Studien ein hoher Anteil an VA-Shuntsystemen enthalten war, der diesen Umstand erklären könnte. BORGBJERG et al. (1995) berichteten in einer Serie von 884 Patienten, die in den Jahren 1958 bis 1989 mit einem Shuntsystem versorgt wurden, dass die

proximalen Obstruktionen den häufigste Grund für eine Shuntrevision darstellten. Insgesamt betraf dies 89 Fälle (10,3 %), die von einer proximalen Obstruktion oder eines anderen Defekts des proximalen Schenkels des Shuntsystems betroffen waren. Auch in unserer Arbeit lag der Anteil der proximalen Fehlfunktionen über dem der distalen Fehlfunktionen. Dies zeigte sich sowohl bei den Revisionen nach Primäroperation, als auch bei der Betrachtung der Revisionen im Gesamtzeitraum der Untersuchung. In unserer Arbeit lag der Anteil der Fehlfunktionen, die den proximalen Abschnitt des Shuntsystems betreffen, bei 19,5 % (n=25) und somit über den Werten der oben zitierten Arbeit. Die funktionellen Fehlfunktionen (Überdrainagen und Unterdrainagen) traten in einer relativen Konstanz in den 6 Untersuchungsjahren auf. Auch mit Veränderung des Ventilspektrums im Untersuchungszeitraum ergab sich keine gravierende Änderung der Rate an funktionellen Fehlfunktionen. So ließ sich in dieser Studie bezüglich der einzelnen Ventiltypen keine Tendenz zur Über- bzw. Unterdrainage feststellen. Wird die Ätiologie des Hydrozephalus bei den Patienten betrachtet, deren Shuntsysteme eine Obstruktion erlitten, so zeigt sich, dass hauptsächlich Patienten mit einem Hydrozephalus bei Myelomeningozelen von einer mechanischen Fehlfunktion betroffen waren. 43,9 % dieser Komplikation traten in dieser Hydrozephalusgruppe auf. Weiterhin zeigte sich, dass die meisten Obstruktionen des Ventrikelkatheters (55,6 %) sowie die Dysfunktionen des peritonealen Schenkels des Shuntsystems (63,6%) auf diese Hydrozephalusgruppe entfielen. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die Patienten mit einer Myelomeningozele in unserem Patientengut das niedrigste Durchschnittsalter (3,5 Monate) gegenüber allen anderen Hydrozephalusgruppen aufwiesen. PIATT und CARLSON (1993) konnten keinen Zusammenhang zwischen der Ätiologie des Hydrozephalus und dem vermehrten Auftreten von Shuntobstruktionen erkennen. Sie stellten dagegen fest, dass der wichtigste Faktor, der eine Obstruktion begünstigen würde, das Alter des Patienten zum Zeitpunkt der Shuntimplantation darstellt: Kinder im Alter unter 2 Jahren hätten ein deutlich höheres Risiko als ältere Kinder.

Wird das Alter der Patienten betrachtet, so zeigte sich, dass 50 % der mechanische Fehlfunktionen bei Kindern im Alter unter 6 Monate auftraten.

Zeitliches Auftreten der Komplikationen

In der vorliegenden Studie traten 62,2 % der Komplikationen innerhalb eines Monats nach vorausgegangener Operation auf. 77,2 % der Komplikationen waren innerhalb von 2 Monaten und nach einem Jahr waren 95 % der Revisionen nach vorausgegangener Operation aufgetreten.

Ähnliche Zahlen werden auch von DRAKE (1995) beschrieben, der das Risiko, dass ein Patient in den ersten Monaten nach einer Shuntoperation eine Shuntfehlfunktion erleidet, zwischen 25 % und 45 % sieht. Nach dieser kritischen Phase, beschreibt er weiter, verringert sich das Risiko auf 4% bis 5% pro Jahr und verbleibt dort. Dies wird auch in der Untersuchung von IGNELZI und KIRSCH (1975) beschrieben, in deren Untersuchung die höchsten Komplikationsraten im ersten Monat nach erfolgter Shuntimplantation auftraten. In ihrer Arbeit beschrieben sie, dass 18 % der VP-Shunts und 12% der VA-Shunts bis zum ersten Monat nach erfolgter Implantation revidiert werden mussten. Nach Revisionsgründen betrachtet, traten in unserer Untersuchung die mechanischen Fehlfunktionen im Durchschnitt nach 90 Tagen auf.

Nach DRAKE (1995) ereignen sich die meisten mechanischen Shuntfehlfunktionen in den ersten 2 Jahren nach Implantation eines Shuntsystems. Nach SAINTE-ROSE (1993) ist das Risiko einer Shuntfehlfunktion in der unmittelbaren postoperativen Phase am größten. Im ersten postoperativen Jahr beträgt das Risiko 30 % und in den darauffolgenden Jahren 2- 5 %. In unserer Arbeit lag das durchschnittliche Zeitintervall bis zum Auftreten einer Komplikation (Revisionseingriff) bei 74 Tagen.

In der vorliegenden Studie bestätigte sich, dass die Mehrzahl der Komplikationen in den ersten Monaten nach einer Shuntanlage bzw. Revisionsoperation auftraten.

Infektionen

Nach CHOUX et al. (1992) stellen die Infektionen des Shuntsystems nach den mechanischen Fehlfunktionen das Hauptproblem der pädiatrischen Hydrozephalustherapie dar.

Insgesamt traten 35 Infektionen bei 326 operativen Behandlungen im gesamten Untersuchungszeitraum auf, womit sich eine Gesamtinfektionsrate von 10,7 % ergab. Von diesen 35 Infektionen waren 27 Patienten im gesamten Untersuchungszeitraum betroffen. Daraus errechnet sich eine Infektionsrate von 18,5 % bezogen auf die Patientenzahl. Die Infektionsrate nach primärer Anlage eines Shuntsystems /Rickham-Reservoir lag bei 8,9 %. Diese ermittelten Infektionsraten stehen im Einklang mit den Angaben in der Literatur. McGIRT et al. (2003) veröffentlichten in einer retrospektiven Studie eine Infektionsrate von 11 % bezogen auf die implantierten Shuntsysteme. IVAN et al. (1980) beschreibt bei 125 Patienten, die sich 243 Shuntoperationen in den Jahren 1974 bis 1980 unterziehen mussten, eine Infektionsrate von 14,4 %. MAZZA et al (1980) beschrieben bei 165 Kindern die mit einem VA- bzw. VP-Shunt versorgt wurden eine Infektionsrate von 11 %. RENIER et al. (1984) ermittelte bei 802 Hydrozephaluspatienten, die sich 1174 Operationen unterziehen mussten, eine Gesamtinfektionsrate von 7,9 %. Auch ERSAHIN et al. (1994) fanden bei 306 Kindern, die sich in den Jahren 1983 bis 1992 einer Shuntoperationen unterziehen mussten, eine Infektionsrate bezogen auf die Patientenzahl von 12,7 %. Bezogen auf alle 612 operativen Eingriffe lag die Rate an Infektionen bei 7,5 %. So ermittelte GEORGE (1979) aus 25jähriger Beobachtung mit einer durchschnittlichen Patientenbetreuung von 4,2 Jahren eine Infektionsrate von 12 % bezogen auf die Operationsanzahl. Im Gegensatz dazu dokumentierte 1984 eine großangelegte Studie von WALTERS et al. eine Infektionsrate von 5,2 % bei 222 Infektionspatienten mit 267 Infektionsfällen nach 5179 Shuntoperationen, nur den postoperativen Verlauf nach Erstversorgung mit einem Shuntsystem, während andere Studien, wie die von ODIO et al. (1984), primäre Shuntoperationen, Revisionen, Systemwechsel und Reimplantationen berücksichtigten und eine Infektionsrate von 11 % bezogen auf die Anzahl der notwendigen Operationen feststellte sowie eine

Patienten-bezogene Infektionsrate von 17 %, womit sich sehr identische Werte bezüglich unserer Arbeit zeigten, wo ebenfalls primäre Shuntoperationen, Revisionen, Systemwechsel und Reimplantationen im 6-jährigen Untersuchungszeitraum berücksichtigt wurden.

SPANU (1986) verfolgte den postoperativen Verlauf nach Shuntoperationen bei Jugendlichen und Erwachsenen bis zum 79. Lebensjahr und errechnete eine Infektionsrate von 5,2 %, während SCHOENBAUM (1975) an einer reinen Kinderklinik eine höhere Infektionsrate von 13,2% ermittelte. Eine große Anzahl von Autoren forschten in ihren Studien nach Faktoren, welche mit Shuntinfektionsfällen in Verbindung zu setzen sind und ihr Entstehen möglicherweise beeinflusst haben. Diskutiert wurden in diesem Zusammenhang das Patientenalter, die Ätiologie des Hydrozephalus, die Art und Anzahl vorausgegangener Shuntoperationen, Begleiterkrankungen, das Vorliegen anderer Infektionen zum Zeitpunkt der Shuntoperation, vorausgegangene Shuntinfektionen, die Operationsdauer, die Krankenhausverweildauer, Operationstechnik und verwendetes Operationsmaterial, die Erfahrung des Operateurs und die Durchführung oder das Fehlen einer perioperativen Antibiotika - Prophylaxe. AMMIRATI und RAIMONDI (1987) ermittelten bei 431 Patienten eine Infektionsrate von 22%, bezogen auf die Patienten, sowie eine Infektionsrate von 6 %, bezogen auf die operativen Eingriffe an. QUIGLEY et al. (1989) beschrieben in einem Zeitraum von Juli 1982 bis Dezember 1987 eine Infektionsrate von 6,9 %. Weiter gaben sie an, dass nur die intraventrikuläre Blutung als Ursache des Hydrozephalus als auch die Internalisierung einer externen Ventrikeldrainage mit dem Infektionsrisiko korrelieren würde. PIATT und CARLSON (1993) ermittelten eine Infektionsrate von 8,5 %. DRAKE et al. (1998) gaben eine Infektionsrate von 8,1 % an. In dieser internationalen Multicenter-Studie wurde allerdings nur die erste aufgetretene Komplikation gezählt. Eine ähnliche Infektionsrate wurde von HANLO et al. (2003) veröffentlicht. Die Daten dieser weiteren internationalen prospektiven Multicenter-Studie ergaben eine Infektionsrate von 8,9 %. Bedacht werden muß dabei, das keine Altersbeschränkung bezüglich der beteiligten Patienten erfolgte. BORGBJERG et al. (1995) beschreiben bei 884 Patienten eine

Infektionsrate von 7,4 % in den Jahren 1958 bis 1989. Die Infektionsrate war bei allen Variablen konstant, mit Ausnahme bei der Ausbildung des Neurochirurgen. RONAN et al. (1995) fanden in den Jahren 1981 bis 1991 bei 900 Shuntoperationen 41 Shuntinfektionen, was einer Infektionsrate von 4,5 % entspricht. Die meisten Infektionen ereigneten sich dabei bis zu 4 Monate nach der letzten Shuntoperation.

Das Patientenalter bei Shuntoperationen wird besonders häufig als eine Größe dargestellt, die Einfluss auf das Auftreten einer postoperativen Shuntinfektion haben könnte. ERSAHIN et al. (1994) beschrieben, dass Patienten im Alter unter einem Jahr ein höheres Infektionsrisiko aufwiesen als Kinder im Alter über einem Jahr. Auch andere Publikationen zeigen eine tendenziell oder statistisch signifikant höhere Infektionsrate in der niedrigsten Altersklasse im Vergleich zu den anderen Altersklassen (MEIROVITCH et al. 1987, Renier et al. 1984).

Als ursächlich für das erhöhte Infektionsrisiko der jungen Patienten diskutierte RENIER (1984) das Vorliegen eines postnatalen Immundefizits, bedingt durch eine Abnahme des von der Mutter übertragenen Immunglobulin G, bei noch insuffizienter Kapazität des Komplementsystems und unzureichendem Vorrat von Immunglobulin M. Entsprechender Meinung sind auch ENGER et al. (2003). POPLE (1992) wies darauf hin, dass Bakterien, sobald sie ein Venenkathetersystem oder Shuntsystem erreicht haben, sicher vor Opsonierung und Antikörpern sind.

Nach DALLACASA et al. (1995) ist der Hauptrisikofaktor für eine Shuntinfektion ein Alter unter 6 Monaten. Dies führt er, wie auch in anderen Studien schon beschrieben, auf das Immunologische Defizit sowie die besondere Bakterienflora der Haut, die in dieser Altersgruppe vorherrschen, zurück. In dieser Arbeit von Dallacasa wurden in einem Zeitraum von 1991 bis 1992 191 Shuntoperationen an 81 Kindern im Alter unter 6 Monate durchgeführt. Dabei lag die Infektionsrate bezogen auf die Operationen bei 7,8 % und auf die Patientenzahl bezogen bei 17,2 %.

POPLE (1992) fand eine Gesamtinfektionsrate von 10 % sowie eine signifikant höhere Infektionsrate bei Patienten im Alter unter 6 Monaten. Hier lag sie bei 15,7 % im Vergleich zu Kindern im Alter über 6 Monate mit einer Infektionsrate

von 5,6 %. Die Infektionsrate wurde durch keine weiteren Faktoren beeinflusst, so berichtet er weiter. Auch KEY et al. (1995) beschreiben, dass der wichtigste Faktor, der mit einer Infektion korreliert, ein Alter des Patienten unter 3 Monaten ist. Diese Beobachtungen bezüglich des vermehrten Auftretens von Infektionen bei Kindern im Alter unter 6 Monaten konnte auch in unserer Studie festgestellt werden. Von den 35 Infektionen, die in unserer Untersuchung auftraten, ereigneten sich 71,4 % (n =25) in der Altersgruppe der Säuglinge im Alter unter 6 Monaten. Dieser Umstand wurde auch von CASEY et al. (1997) beschrieben, sie fanden eine erhöhte Inzidenz an Shuntinfektion bei Kindern im Alter unter 6 Monaten. Auch in der Arbeit von ENGER et al. (2003) wurde eine erhöhte Infektionsrate bei Patienten im Alter bis zu 6 Monaten festgestellt. Ein weiterer Faktor, der in dieser Studie von Enger et al. aufgezeigt wurde, betraf die Ätiologie des Hydrozephalus der Kinder. Kinder mit einer Myelomenigozele wiesen eine höhere Infektionsrate auf als Kinder mit einem Hydrozephalus anderer Ätiologie. Die anderen Hydrozephalusgruppen zeigten nach Aussage von ENGER et al. keine erhöhte Infektionsrate.

Auch andere Publikationen zeigten als Tendenz oder mit statistischer Signifikanz ein erhöhtes Infektionsrisiko bei Vorliegen einer Meningomyelozele (ODIO et al. 1984, AMMIRATI und RAIMONDI 1987, ERSAHIN et al.1994 CALDARELLI et al. (1996). Kinder mit dysraphischen Fehlbildungen haben oft eine Verbindung ihres Liquorsystems nach außen, die postnatal vor der Shuntimplantation verschlossen werden muß. SHURTLEFF et al. (1985/86) schilderte die Gefahr einer bakteriellen Kontamination, bedingt durch diese offene Verbindung, ebenso wie durch die vorausgegangene plastische Deckung der entsprechenden Körperregion, sie konnten aber keine signifikant erhöhte Infektionsrate bei Patienten mit einer Meningomyelozele feststellen. Ebenso stellte AMMIRATI und RAIMONDI (1987) das oft enge Zeitintervall von operativer Deckung der Zele und dem Einsetzen von Fremdkörpermaterial zur Diskussion. Im Gegensatz zu den oben zitierten Arbeiten sah eine Reihe von Autoren das Vorliegen einer dysraphischen Fehlbildung nicht als Risikofaktor für das Auftreten einer Shuntinfektion an (GEORGE et al. 1979, RENIER 1984, QUIGLEY 1989). Auch neuere Studien sahen keinen Zusammenhang zwischen

dem Vorliegen einer dysraphischen Fehlbildung und einem erhöhten Infektionsrisiko (McGIRT et al. 2003). CHOKSEY und MALIK (2004) fanden ebenfalls keinen Zusammenhang zwischen der Ätiologie des Hydrozephalus und einer erhöhten Infektionsrate. In unserem Patientengut war das Vorliegen einer dysraphischen Fehlbildung zwar eine häufige Ursache für eine ventrikulo-peritoneale Shuntimplantation, es ließ sich aber keine erhöhte Infektionsrate im Vergleich mit anderen Hydrozephalusätiologien nachweisen. Insgesamt traten 17,1 % (n= 6) der 35 Infektionen nach einer Shuntsystemimplantation bei Patienten mit einer Myelomeningozele auf. Die höchste Infektionsrate in der vorliegenden Studie betraf den posthämorrhagischen Hydrozephalus. 40 % der 35 aufgetretenen Infektionen betrafen Patienten mit dieser Ätiologie des Hydrozephalus. Die Patienten mit einer Myelomeningozele waren in unserer Studie vornehmlich von mechanischen Fehlfunktionen betroffen. Diese Beobachtung wurde auch von CALDARELLI et al. (1996) festgestellt. Sie beschrieben bei 170 Patienten mit einer Myelomeningozele, dass 45,9 % der Patienten im ersten postoperativen Jahr nach Shuntanlage eine Komplikation aufwiesen. Dabei zeigte sich, dass die Komplikationen zu $\frac{3}{4}$ auf mechanische Ursachen des Shuntsystems zurückzuführen waren und zu $\frac{1}{4}$ auf Infektionen. Vergleichbare Daten zeigten sich auch in unserer Studie. Von den insgesamt 48 Revisionen, die in dieser Hydrozephalusgruppe auftraten, waren 60,4 % (n = 29) auf mechanische Fehlfunktionen zurückzuführen und 12,5 % (n= 6) auf Infektionen.

Vorausgegangene Revisionen

Ein weiterer Punkt, der sich in dieser Arbeit darstellte, war die sich tendenziell erhöhende Infektionsrate mit dem Anstieg der Anzahl vorausgegangener Revisionen. So ergab sich eine Infektionsrate von 8,9 % nach Erstversorgung mit einem ventrikulo-peritonealen Shunt und von 11,4 % nach der ersten Revision. Die Infektionsrate stieg bei der 2. Revision auf 12,2 % um bei der 3. Revision ihren Höchststand mit 17,9 % zu erreichen. Danach fiel sie ab, um danach bis zu der 6. Revision erneut anzusteigen. Im Hinblick auf die wenigen Patientenfälle mit bis zu 8 Revisionseingriffen war das vorliegende Zahlen-

material für eine kritische Bewertung zu gering. Dieser Anstieg der Infektionsrate wurde auch von ERSAHIN et al. (1994) beschrieben. Sie berichteten, dass Patienten mit multiplen Shuntrevisionen eine höhere Infektionsrate aufwiesen als diejenigen Patienten mit nur einer bzw. keiner Revision im Anschluß an die primäre Shuntoperation. RENIER et al. (1984) ermittelten eine statistisch signifikant höhere Infektionsrate für Patienten, bei denen ein Shuntsystem nach stattgefundener Infektion reimplantiert wurde. So lag die Infektionsrate bei 8,4 % nach primärer Shuntanlage und bei 17,5% nach der Neuanlage eines Shuntsystems, welches wegen einer Infektion explantiert wurde. Dies wurde auch von McGIRT et al. (2003) beschrieben. Sie fanden ein 4-fach erhöhtes Infektionsrisiko für Shuntsysteme, die nach einer stattgehabten Shuntinfektion implantiert wurden.

Auch andere Autoren sahen einen Zusammenhang zwischen der Revisionshäufigkeit und insbesondere der Infektionshäufigkeit in Abhängigkeit mit der Art und Anzahl vorausgegangener Shuntoperationen (SCHOENBAUM 1975, LAMBERT 1984, RENIER 1984).

Bei GEORGE et al. (1979) stieg die Infektionsrate statistisch signifikant mit der Anzahl der durchgeführten Shuntoperationen pro Patient an. ODIO et al. (1984) konnten ebenfalls mit statistischer Signifikanz die Anzahl der Shuntoperationen als einen Risikofaktor für Shuntinfektionen dokumentieren. Andere Autoren gaben allerdings ein gleich hohes Infektionsrisiko für jede Shuntoperation, unabhängig von der Anzahl vorausgegangener Shuntoperationen an (KEUCHER 1979).

In unserer Studie zeigte sich weiter, dass eine kleine Gruppe von Patienten von der Mehrzahl der aufgetretenen Komplikationen betroffen war. Werden die Patienten betrachtet, die von 4 oder mehr Revisionen betroffen waren, so zeigt sich, dass 8,9 % (n=13) der 146 Patienten 37,8 % (n=68) der Revisionen bedurften. Noch deutlicher wird dies, wenn die Patienten betrachtet werden, die 3 oder mehr Revisionen bedurften. Hier waren 19,2 % der Patienten von 62,8 % der Revisionen betroffen. Dieses Phänomen wurde auch von LAZAREFF et al. (1998) beschrieben. Weiter stellte er fest, dass sich nach der 2. Revision das Zeitintervall zwischen den folgenden Revisionen deutlich verkürzte. Als Gründe

für dieses Phänomen wurden von Lazareff et al. Faktoren vermutet, die ausserhalb der eigentlichen Shuntoperation liegen würden. Er vermutete eher einen reaktiven Prozess des betroffenen Hirnparenchyms auf die mehrfachen Revisionsoperationen. In unserer Studie zeigte sich diese Verkürzung des Zeitintervalls nicht.

Zeitliches Auftreten der Infektion

Die 35 Infektionen traten im Durchschnitt nach 36 Tagen (Median 24 Tage) auf. 68,6 % (n= 24) der Infektionen traten innerhalb von 30 Tagen auf. So lag die Rate an Frühinfektionen bei 7,36 % in unserer Studie. Diese Angaben sind mit denen der Literatur vergleichbar. MAZZA et al (1980) beschreiben, dass die meisten Infektionen nach weniger als 2 Monaten nach erfolgter Shuntoperation auftraten. ODIO et al. (1984) gaben an, dass im Median die Infektionen nach 8 Tagen auftraten. BORGBJERG et al (1995) veröffentlichten eine Rate an akuten Infektionen von 6,1 %, 54 Infektionen traten innerhalb eines Monats auf. Auch KEY et al. (1995) berichteten, dass 70 % aller Shuntinfektionen innerhalb von 2 Monaten nach der Shuntimplantation auftraten.

Rolle des Operateurs

Auch die Rolle des Operateurs und die Anzahl der von ihm durchgeführten liquorableitenden Operationen sowie die Korrektheit des chirurgischen Eingriffes werden in der Literatur kontrovers diskutiert. So beschreiben GEORGE et al. (1979), dass der Chirurg der größte Einzelfaktor in der Inzidenz von Infektionen ist. Auch CHOUX et al. (1992) beschreiben eine erhöhte Infektionsrate bei weniger erfahrenen Operateuren. BORGBJERG et al. (1995) gaben an, dass die Infektionsrate bei allen überprüften Variablen konstant war, nur der Ausbildungsstand des Operateurs würde mit der Infektionsrate korrelieren. Weniger erfahrene Operateure würden eine höhere Infektionsrate aufweisen, beschreiben sie.

Dagegen konnte DI ROCCO (1994) in einer internationalen Multicenter-Studie keinen Unterschied in der Komplikationsrate bezüglich des Ausbildungsstandes des Chirurgen feststellen. Auch ENGER et al. (2003) sahen keinen

Zusammenhang zwischen dem Ausbildungsstand des Chirurgen und einer erhöhten Infektionsrate. Dagegen wird in einer großen, retrospektiven kanadischen Studie von COCHRANE und KESTLE (2002) beschrieben, dass die Infektionsrate sowie die Dauer der Funktionsfähigkeit eines Shuntsystems mit der Ausbildung und klinischen praktischen Erfahrung des einzelnen Chirurgen korreliert. Weiter beschreiben sie, dass die Infektionsrate des einzelnen Chirurgen in den ersten 4 Jahren seiner Arbeit um oder über 20 % liegt und erst danach auf den Durchschnitt von ca. 10 % zu sinken. Weiter wird in dieser Studie beschrieben, dass ein höheres Risiko für eine Shunt Dysfunktion innerhalb eines Jahres besteht, wenn die Operation durch eine weniger erfahrenen Chirurgen durchgeführt wird. Zu ähnlichen Ergebnissen gelangte auch eine amerikanische Studie, die 2004 von SMITH et al. veröffentlicht wurde. Sie fanden eine niedrigere Mortalitätsrate bei denjenigen Patienten, deren Shuntoperationen von Chirurgen durchgeführt wurde, die zahlenmäßig mehr Shuntoperationen durchführten, gegenüber denjenigen, die anteilmäßig weniger Shunteingriffe durchgeführt hatten. Auch in unserer Arbeit zeigte sich die Tendenz, dass Operateure, welche häufiger Shuntimplantationen sowie Revisionsoperationen durchführten, eine niedrigere Infektionsrate aufwiesen. So lagen die individuellen Infektionsraten der einzelnen Operateure in unserer Studie nach der Primäroperation in einer Spannbreite zwischen 7,1% und 22,2%. COCHRANE und KESTLE (2003) gaben an, dass die Infektionsrate bei weniger erfahrenen Operateuren bei 9,4 % im Vergleich zu 7,1 % bei erfahrenen Operateuren lag. Weiter stellten sie fest, dass das Risiko für das Auftreten einer Shuntfehlfunktion nach 6 Monaten bei erfahrenen Operateuren bei 31 % lag, im Gegensatz zu 38 % bei weniger erfahrenen Operateuren. So folgerten sie, dass ein direkter Zusammenhang zwischen der operativen Erfahrung eines Operateurs und der fehlerfreien Funktionsdauer eines Shuntsystems bestehen würde. GEORGE et al. (1979) ermittelten in ihrer Studie individuelle Infektionsraten der Operateure, die zwischen 1,8 % und 50 % lagen. Bezüglich der beteiligten Operateure gaben GEORGE et al. an, dass in 25 Jahren 58 Neurochirurgen an den Shuntoperationen beteiligt waren. Die höchste Anzahl an Operationen, die ein einzelner Neurochirurg durchführte, lag bei 55. Im

Gegensatz dazu lag die Anzahl der beteiligten Operateure in unserer Studie bei 16, wobei ein einzelner Neurochirurg 49,4 % (n= 161) der Operationen durchführte. ENGER et al. (2003) beschrieben individuelle Infektionsraten, die zwischen 0 % und 10,5 % variierten und ein einzelner Neurochirurg 62 % aller 407 Operationen im 11 jährigen Untersuchungszeitraum von 1986 - 1996 durchführte.

Neue Verfahren

Die seit den 90er Jahren zunehmend eingesetzte Neuroendoskopie zum sicheren Platzieren des Ventrikelkatheters hat die Erwartungen nicht erfüllt. So beschreibt McGIRT et al. (2003) eine erhöhte Infektionsrate bei diesen Patienten. Als Gründe werden eine deutlich verlängerte OP-Zeit, umfangreiches Equipment, deutliche komplexere Operationssituation sowie ein möglicherweise kontaminiertes Equipment angesehen. KESTLE et al. (2003) konnten in einer prospektiven randomisierten Multicenter Studie nachweisen, dass die endoskopische Platzierung des Ventrikelkatheters keinen eindeutigen Vorteil gegenüber der herkömmlichen Platzierung erbrachte und dieses Verfahren nicht zu empfehlen ist. KORINTH et al. (2003) empfahlen die primäre Überdrainage bei Kleinkindern und Säuglingen, die mit einem programmierbaren Ventil versorgt wurden, in der Phase der Wundheilung, um eine Liquorfistel sowie Wundheilungsstörungen zu vermeiden. Nach Abschluss der Wundheilung wurde die Druckstufe wieder erhöht. Die betroffenen Kinder würden diese Verfahren ohne Nebenwirkungen tolerieren. KULKARNI et al. (2001) sahen ein erhöhtes Infektionsrisiko in den Fällen, wo das Shuntsystem während der Operation unbeabsichtigt häufig in Kontakt geriet mit Operationshandschuhen, die Perforationen aufwiesen, die nicht bemerkt wurden. Sie fanden eine Inzidenz von 33,4 % bezüglich des Ausretens von Perforationen in den Operationshandschuhen. Sie empfahlen daher die Benutzung von doppelten Handschuhen sowie die Vermeidung eines direkten Kontaktes des Shuntsystems. GOVENDER et al. (2003) verwendeten Antibiotika-imprägnierte Shuntsysteme und fanden bei diesen nur 3 postoperative Infektionen im Gegensatz zu einer Kontrollgruppe. In dieser

Kontrollgruppe, die keine Antibiotika-imprägnierte Shuntsysteme erhielt, traten 10 Infektionen auf.

Auch ARYAN et al. (2005) verwendeten Antibiotika imprägnierte Shuntsysteme und fanden bei diesen Patienten keine Infektion im postoperativen Verlauf.

7 Schlussfolgerung

Die in dieser Arbeit ermittelten Revisionsraten aus dem Untersuchungszeitraum 1989 bis 1994 sind mit denen in der Literatur veröffentlichten vergleichbar. Dabei zeigte sich, dass die Revisionsraten, die im Zeitraum vor unserer Studie veröffentlicht wurden, als auch diejenigen neueren Datums mit unseren vergleichbar sind. In den letzten beiden Jahrzehnten haben sich keine gravierenden Veränderungen in den Revisionsraten der Shuntsysteme ergeben. Es zeigte sich, dass die Revisionsraten und insbesondere die Infektionsraten in den neueren Studien in ähnlichen Bereichen liegen wie in Studien der letzten Jahrzehnte wie McGIRT et al. (2002) sowie HANLO et al. (2003) bemerkten. Die Hauptprobleme der Hydrozephalustherapie betreffen auch heute noch die mechanischen Fehlfunktionen sowie die Infektionen.

LIPTAK et al. (1985) kommt, wie auch wir in unserer Arbeit, zu dem Schluss, dass wichtige Faktoren, welche die Überlebenszeit der Shuntsysteme beeinflussen, das Alter der Kinder sowie die Ätiologie des Hydrozephalus sind. Neuentwicklungen von Ventilen haben zu keiner gravierenden Senkung der Revisionsraten führen können, wie in mehreren internationalen prospektiven Multicenter-Studien nachgewiesen werden konnte. Die Auswahl der Shuntsysteme sollte sich an die speziellen Erfordernissen und der klinischen Erfahrung an den einzelnen Kliniken mit einzelnen Shuntsystemen orientieren. So scheinen andere Faktoren, die bis heute nicht eindeutig identifiziert sind, die Lebensdauer von Shuntsystemen wesentlich mehr zu beeinflussen.

Grössten Wert sollte darauf gelegt werden, dass die Shunttherapie in Zentren von spezialisierten Operateuren durchgeführt wird, wie in unserer Studie gezeigt und in der Literatur beschrieben wird.

8 Abkürzungen

Abb.	Abbildung
ASD	Anti-Siphon-Device
ext. VD	externe Ventrikeldrainage
H.	Hydrocephalus
MMC	Myelomeningocele
prog.	programmierbar
RH	Rickham-Reservoir
Tab.	Tabelle
VA	ventrikulo-atrial
VD	Ventrikeldrainage
VP	ventrikulo-peritoneal

Die Nennung von Firmennamen sowie von Warennamen war zur Darstellung der Problematik, die in dieser Arbeit behandelt wurde, notwendig. Der Autor steht in keinem finanziellen Verhältniss zu den erwähnten Firmen.

9 Literaturverzeichnis

1. Albright A.L., Haines S.J., Taylor F.H.:
Function of parietal and frontal shunts in childhood hydrocephalus.
J Neurosurg 1988 Dec;69(6):883-886
2. Amacher A.L., Wellington J.:
Infantile Hydrocephalus. Long-Term results of Surgical Therapy.
Child's Brain, 11 (1984)217-229
3. Ames, R.H.:
Ventriculo-peritoneal shunts in the management of hydrocephalus.
J. Neurosurg. 27 (1967), 525- 529
4. Ammirati M., Raimondi A.J.:
Cerebrospinal fluid shunt infections in children. A study on the relationship
between the etiology of hydrocephalus, age at the time of shunt placement, and
infection rate.
Childs Nerv Syst 1987;3(2):106-9
5. Arnold, H., Laas, R.:
Hydrocephalus, Extrazellulärraum und Liquorresorption. In: Voth, D.:
Hydrozephalus im frühen Kindesalter.
F. Enke, Stuttgart 1983: 46-48.
6. Aryan H.E., Meltzer H.S., Park M.S., Bennett R.L., Jandial R., Levy M.L.:
Initial experience with antibiotic-impregnated silicone catheters for shunting of
cerebrospinal fluid in children.
Childs Nerv Syst. 2005 Jan;21(1):56-61. Epub 2004 Oct 12
7. Aschoff A., Benesch C., Kremer P., Klank A., Osterloh M., Fruh K.:
The solved and unsolved problems of hydrocephalus valves.
A critical comment.
Adv Neurosurg 21: (1993) 103–114

8. Aschoff A., Kremer P., Oikonomou J., Hashemi B., Kunze S.:
50 Years Hydrocephalus Valves. The way to 195 Different designs
Poster, presented on the 43th Annual Scientific Meeting of the
Society for Research into Hydrocephalus & Spina Bifida
Sheffield, June 23-26th, 1999

9. Bischoff A., Schiller H.H.:Liquordiagnostik
In :Dietz H., Umbach W., Wüllenweber R.:
Klinische Neurochirurgie Band I
Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York 1984

10. Borgbjerg B.M., Gjerris F., Albeck M.J., Hauerberg J., Borgesen S.E.:
Frequency and causes of shunt revisions in different cerebrospinal fluid shunt
types.
Acta Neurochir (Wien) 1995;136(3-4):189-94

11. Borgbjerg B.M., Gjerris F., Albeck M.J., Borgesen S.E.:
Risk of infection after cerebrospinal fluid shunt: an analysis of 884 first-time
shunts.
Acta Neurochir (Wien) 1995;136(1-2):1-7

12. Borgbjerg B.M., Gjerris F., Albeck M.J., Hauerberg J., Borgesen S.V.:
A comparison between ventriculo-peritoneal and ventriculo-atrial cerebrospinal
fluid shunts in relation to rate of revision and durability.
Acta Neurochir (Wien) 1998;140(5):459-64; discussion 465

13. Brock M., Dietz H.:
Produktion und Resorption des Liquors.
In :Dietz H., Umbach W., Wüllenweber R.:
Klinische Neurochirurgie Band I
Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York 1984

14. Caldarelli M., Di Rocco C., La Marca F.:
Shunt complications in the first postoperative year in children with meningomyelocele.
Childs Nerv Syst. 1996 Dec;12(12):748-54
15. Carbon R.T., Lugauer S., Geitner U., Regenfus A., Boswald M., Greil J.,
Bechert T., Simon S.I., Hummer H.P., Guggenbichler J.P.:
Reducing catheter-associated infections with silver-impregnated catheters in
long-term therapy of children.
Infection 1999;27 Suppl 1:S69-73
16. Casey A.T., Kimmings E.J., Kleinlugtebeld A.D., Taylor W.A., Harkness W.F.,
Hayward R.D.:
The long-term outlook for hydrocephalus in childhood. A ten-year cohort study
of 155 patients.
Pediatr Neurosurg 1997 Aug;27(2):63-70
17. Choksey M.S., Malik I.A.:
Zero tolerance to shunt infections: can it be achieved?
J Neurol Neurosurg Psychiatry. 2004 Jan;75(1):87-91
18. Choux M., Genitori L., Lang D., Lena G.:
Shunt implantation: reducing the incidence of shunt infection.
J Neurosurg 1992 Dec;77(6):875-80
19. Cochrane D.D., Kestle J.:
The influence of surgical operative experience on the duration of first
ventriculoperitoneal shunt function and infection.
Pediatr Neurosurg. 2003 Jun;38(6):295-301
20. Cochrane D.D., Kestle J.:
Ventricular shunting for hydrocephalus in children: patients, procedures,
surgeons and institutions in English Canada, 1989-2001.
Eur J Pediatr Surg. 2002 Dec;12 Suppl 1:S6-11

21. Couldwell W.T. , LeMay D.R., McComb J.G.:
Experience with use of extended length peritoneal shunt catheters.
J Neurosurg 1996; 85 : 425-7.
22. Czosnyka Z., Czosnyka M., Richards H.K., Pickard J.D.:
Posture-related overdrainage: comparison of the performance of 10
hydrocephalus shunts in vitro.
Neurosurgery 1998 Feb;42(2):327-33; discussion 333-4
23. Dallacasa P., Dappozzo A., Galassi E., Sandri F., Cocchi G., Masi M.:
Cerebrospinal fluid shunt infections in infants.
Childs Nerv Syst 1995 Nov;11(11):643-8
24. Drake J.M. , Sainte-Rose C.:
The Shunt Book.
Blackwell Science, New York 1995
25. Drake J.M., Kestle J.:
Rationale and methodology of the multicenter pediatric cerebrospinal fluid shunt
design trial. Pediatric Hydrocephalus Treatment Evaluation Group.
Childs Nerv Syst 1996 Aug;12(8):434-447
26. Drake J.M., Kestle J.R., Milner R., Cinalli G., Boop F., Piatt J. Jr,
Haines S., Schiff S.J., Cochrane D.D., Steinbok P., MacNeil N.:
Randomized trial of cerebrospinal fluid shunt valve design in pediatric
hydrocephalus.
Neurosurgery 1998 Aug;43(2):294-303
27. Di Rocco C., Marchese E., Velardi F.:
A survey of the first complication of newly implanted CSF shunt devices for the
treatment of nontumoral hydrocephalus. Cooperative survey of the 1991-1992
Education Committee of the ISPN.
Childs Nerv Syst 1994 Jul;10(5):321-7

28. Enger P.O., Svendsen F., Wester K.:
CSF shunt infections in children: experiences from a population-based study.
Acta Neurochir (Wien). 2003 Apr;145(4):243-8
29. Ersahin Y., Mutluer S., Guzelbag E.:
Cerebrospinal fluid shunt infections.
J Neurosurg Sci 1994 Sep;38(3):161-5
30. Fernell E., von Wendt L. , Serlo W. , Heikkinen E. , Andersson H.:
Ventriculoatrial or Ventriculoperitoneal Shunts in the Treatment of
Hydrocephalus in Children ?
Z Kinderchir 40 Supplement I: 12 – 14 (1985)
31. Fisher, R. G.:
Surgery of the congenital anomalies.
In: A history of neurological surgery, hrsg. von A. E. WALKER.
Williams & Wilkins, Baltimore 1951
32. George R., Leibrock L., Epstein M.:
Long-term analysis of cerebrospinal fluid shunt infections.A 25-year experience.
J Neurosurg 1979 Dec;51(6):804-11
33. Giuffre R., Palma L., Fontana M.:
Extracranial CSF shunting for infantile non tumoral hydrocephalus -
a retrospective analysis of 360 cases.
Clin Neurol Neurosurg 1979;81(3):199-210
34. Govender S.T., Nathoo N., van Dellen J.R.:
Evaluation of an antibiotic-impregnated shunt system for the treatment of
hydrocephalus.
J Neurosurg. 2003 Nov;99(5):831-9
35. Griebel R., Khan M., Tan L.:
CSF shunt complications: an analysis of contributory factors.
Childs Nerv Syst 1985;1(2):77-80

36. Grote, R. W.:
Neurochirurgie, 2.Auflage.
Stuttgart: Thieme – Verlag; S.307-325 (1986)
37. Gruber R.:
Zur Therapie des kindlichen Hydrocephalus.
Z.Kinderchir. 28 (1979), 212-225
38. Guggenbichler J.P., Juhl G., Braun G.G., Fraß M., Künstle O.A., Plötz J.
Saffartzik W.,Steinhäuser M., Wenisch C.:
Klinische Untersuchungen mit einem neuen Nano-Silber imprägnierten
zentralvenösen Katheter.
Hyg Med 28, 2003, 228-34
39. Guidetti B., Giuffre R., Palma L., Fontana M.:
Hydrocephalus in infancy and childhood. Our expericnce of CSF shunting.
Childs Brain 1976;2(4):209-225
40. Gulotta F.:
Fehl- und Mißbildungen.
In :Dietz H., Umbach W., Wüllenweber R.:
Klinische Neurochirurgie Band II
Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York 1984
41. Guzelbag E., Ersahin Y., Mutluer S.:
Cerebrospinal fluid shunt complications.
Turk J Pediatr 1997 Jul-Sep;39(3):363-71
42. Hahn Y.S.:
Use of the distal double-slit valve system in children with hydrocephalus.
Childs Nerv Syst. 1994 Mar;10(2):99-103

43. Hakim S.:
Hydraulic and mechanical mis-matching of valve shunts used in the treatment of hydrocephalus: the need for a servo-valve shunt.
Dev Med Child Neurol. 1973 Oct;15(5):646-53
44. Heller R., Richard K.-E., Frowein R.A.:
Ergebnisse ventrikulo-atrialer und ventrikulo-peritonealer Shunttherapie bei frühkindlichen Hydrozephalus.
In: Dieter Voth.(Ed): Hydrocephalus im frühen Kindesalter.
Enke, Stuttgart 1983, 332-339
45. Hemmer R.:
Klinik und Therapie der dysrhapischen Fehlbildungen und des Hydrozephalus.
In :Dietz H., Umbach W., Wüllenweber R.:
Klinische Neurochirurgie Band II
Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York 1984
46. Heppner F.:
On the history of hydrocephalus and its therapy.
Wien Med. Wochenschr. 1966 Nov 26;116(48):1046-8
47. Ignelzi R.J., Kirsch W.M.:
Follow-up analysis of ventriculo-peritoneal and ventriculoatrial shunts for hydrocephalus.
J Neurosurg 1975 Jun;42(6):679-682
48. Ivan L.P., Choo S.H., Ventureyra E.C.:
Complications of ventriculoatrial and ventriculo-peritoneal shunts in a new children's hospital.
Can J Surg 1980 Nov;23(6):566-8
49. Kestle J.R., Hoffman H.J., Soloniuk D., Humphreys R.P., Drake J.M., Hendrick E.B.:
A concerted effort to prevent shunt infection.
Childs Nerv Syst 1993 Jun;9(3):163-5

50. Kestle J., Drake J., Cochrane D., Milner R, Walker L., Abbott R. 3rd, Boop A.,
Endoscopic Shunt Insertion Trial participants:
Lack of benefit of endoscopic ventriculoperitoneal shunt insertion: a multicenter
randomized trial.
J Neurosurg. 2003 Feb;98(2):284-90
51. Kestle J., Walker M.:
A multicenter prospective cohort study of the Strata valve
for the management of hydrocephalus in pediatric patients.
J Neurosurg (Pediatrics 2) 102:141–145, 2005
52. Keucher T.R., Mealey J.:
Long-term results after ventriculoatrial and ventriculoperitoneal shunting for
infantile hydrocephalus.
J Neurosurg 1979 Feb;50(2):179-186
53. Key C.B., Rothrock S.G., Falk J.L.:
Cerebrospinal fluid shunt complications: an emergency medicine perspective.
Pediatr Emerg Care 1995 Oct;11(5):265-73
54. Kulkarni A.V., Drake J.M., Lamberti-Pasculli M.:
Cerebrospinal fluid shunt infection: a prospective study of risk factors.
J Neurosurg. 2001 Feb;94(2):195-201
55. Kunz U.: Hydrozephalus
In: Moskopp D., Wassmann H.: Neurochirurgie: Handbuch für die Weiterbildung
und interdisziplinäres Nachschlagewerk.
Schattauer, Stuttgart , New York (2005)
56. Kontny U., Hofling B., Gutjahr P., Voth D., Schwarz M., Schmitt H.J.:
CSF shunt infections in children.
Infection 1993 Mar-Apr;21(2):89-92

57. Korinth M.C., Weinzierl M.R, Gilsbach J.M.:
Experience with a new concept to lower non-infectious complications in infants with programmable shunts.
Eur J Pediatr Surg. 2003 Apr;13(2):81-6.
58. Küchen M.,Piotrowski W., Do Duc L.,Lenard H.G.:
"Spät"-Komplikationen beim Hakim-Shunt.
in: Dieter Voth.(Ed.): Hydrocephalus im frühen Kindesalter.
Enke, Stuttgart 1983., 274-275
59. Krähling K.H., Maasjosthusmann U.:
Programmable shunt Systems: Results in complicated hydrocephalus.
Zentralbl Neurochir 1995 [Suppl]: 30 (Abstrakt)
60. Kretschmer H.:
Aus der Geschichte des Hydrocephalus und seiner Behandlung.
In Dieckhoff, J., Harnapp, G., Liebe,S., Merrem,G., Ocklitz,H. (Hrsg.):
Pädiatrie und Grenzgebiete.
Akademie-Verlag Berlin 1971, Bd. 10, S. 197-205.
61. Lazareff J.A., Peacock W., Holly L., Ver Halen J., Wong A., Olmstead C.:
Multiple shunt failures: an analysis of relevant factors.
Childs Nerv Syst 1998 Jun;14(6):271-5
62. Little J.R., Rhoton A.L. Jr, Mellinger J.F.:
Comparison of ventriculoperitoneal and ventriculoatrial shunts for hydrocephalus in children.
Mayo Clin Proc 1972 Jun;47(6):396-401
63. Liptak G.S., Masiulis B.S., McDonald J.V.:
Ventricular shunt survival in children with neural tube defects.
Acta Neurochir (Wien) 1985;74(3-4):113-7

64. Liptak G.S., McDonald J.V.:
Ventriculoperitoneal shunts in children: factors affecting shunt survival.
Pediatr Neurosci 1985-86;12(6):289-93
65. Lozier A.P., Sciacca R.R., Romagnoli M.F., Connolly E.S. Jr.:
Ventriculostomy-related infections: a critical review of the literature.
Neurosurgery. 2002 Jul;51(1):170-81
66. Lumenta C.B., Roosen N., Dietrich U.:
Clinical experience with a pressure-adjustable valve SOPHY in the
management of hydrocephalus.
Childs Nerv Syst. 1990 Aug;6(5):270-4
67. Lund-Johansen M., Svendsen F., Wester K.:
Shunt failures and complications in adults as related to shunt type, diagnosis,
and the experience of the surgeon.
Neurosurgery 1994 Nov;35(5):839-44
68. Mahlmann M., Schwarz E., Voth D.:
Komplikationen der peritonealen Shuntverfahren.
In; Dieter Voth.(Ed): Hydrocephalus im frühen Kindesalter.
Enke, Stuttgart 1983,277-281
69. Mazza C., Pasqualin A., Da Pian R. :
Results of treatment with ventriculoatrial and ventriculoperitoneal shunt in
infantile nontumoral hydrocephalus.
Childs Brain 1980;7(1):1-14
70. McGirt M.J., Leveque J.C., Wellons J.C. 3rd, Villavicencio A.T.,
Hopkins J.S., Fuchs H.E., George T.M.:
Cerebrospinal fluid shunt survival and etiology of failures: a seven-year
institutional experience.
Pediatr Neurosurg. 2002 May;36(5):248-55

71. McGirt M.J., Zaas A., Fuchs H.E., George T.M., Kaye K., Sexton D.J.:
Risk factors for pediatric ventriculoperitoneal shunt infection and predictors of infectious pathogens.
Clin Infect Dis. 2003 Apr 1;36(7):858-62.

72. Meirovitch J., Kitai-Cohen Y., Keren G., Fiendler G., Rubinstein E.:
Cerebrospinal fluid shunt infections in children.
Pediatr Infect Dis J 1987 Oct;6(10):921-4

73. Merrem G., Goldhahn W.-E.:
Neurochirurgische Operationen.
Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1981

74. Nulsen F.E., Spitz E.B.:
Treatment of hydrocephalus by direct shunt from ventricle to jugular vein.
Surg Forum. 1951;94:399-403.

75. Odio C., McCracken G.H. Jr, Nelson J.D.:
CSF shunt infections in pediatrics. A seven-year experience.
Am J Dis Child 1984 Dec;138(12):1103-8

76. Olsen L., Frykberg T.:
Complications in the treatment of hydrocephalus in children. A comparison of ventriculoatrial and ventriculoperitoneal shunts in a 20-year material.
Acta Paediatrica Scandinavica 72: 3; 385-90; 1983

77. Oksche, A.:
Vergleichende Zellbiologie der Plexus choroidei.
In: Voth, D.: Hydrozephalus im frühen Kindesalter
F. Enke, Stuttgart 1983: 15-20.

78. Opperl F.:
Klinik und Therapie der anderen Fehlbildungen von Schädel und Hirn.
In :Dietz H., Umbach W., Wüllenweber R.:
Klinische Neurochirurgie Band II
Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York 1984
79. O'Reilly G., Williams B.:
The Sophy valve and the el-Shafei shunt system for adult hydrocephalus.
J Neurol Neurosurg Psychiatry. 1995 Dec;59(6):621-4
80. Pia H.W.:
Kompressionstrepanation. Ein Operationsverfahren bei sekundärer
Schädelvergrößerung im frühen Kindesalter.
Zbl.Neurochir. 18 348-357 1959
81. Piatt J.H. Jr:
Cerebrospinal fluid shunt failure: late is different from early.
Pediatr Neurosurg 1995;23(3): 133-139
82. Piatt J.H. Jr, Carlson C.V.:
A search for determinants of cerebrospinal fluid shunt survival: retrospective
analysis of a 14-year institutional experience.
Pediatr Neurosurg 1993 Sep;19(5):233-241
83. Pople I.K., Quinn M.W., Bayston R.:
Morbidity and outcome of shunted hydrocephalus.
Z Kinderchir 1990 Dec;45 Suppl 1:29-31
84. Pople I.K., Bayston R., Hayward R.D.:
Infection of cerebrospinal fluid shunts in infants: a study of etiological factors.
J Neurosurg 1992 Jul;77(1):29-36

85. Puca A., Anile C., Maira G., Rossi G.:
Cerebrospinal fluid shunting for hydrocephalus in the adult: factors related to shunt revision.
Neurosurgery 1991 Dec;29(6):822-6
86. Pudenz R.H., Foltz E.L.:
Hydrocephalus: overdrainage by ventricular shunts. A review and recommendations.
Surg Neurol 1991 Mar;35(3):200-12
87. Quigley M.R., Reigel D.H., Kortyna R.:
Cerebrospinal fluid shunt infections. Report of 41 cases and a critical review of the literature.
Pediatr Neurosci 1989;15(3):111-20
88. Reinprecht A., Dietrich W., Bertalanffy A., Czech T.:
The Medos Hakim programmable valve in the treatment of pediatric hydrocephalus.
Childs Nerv Syst 1997 Nov-Dec;13(11-12):588-93; discussion 593-4
89. Reinprecht A., Czech T., Dietrich W.:
Clinical experience with a new pressure-adjustable shunt valve.
Acta Neurochir (Wien) 1995;134(3-4):119-24
90. Renier D., Lacombe J., Pierre-Kahn A, Sainte-Rose C., Hirsch J.F.:
Factors causing acute shunt infection. Computer analysis of 1174 operations.
J Neurosurg 1984 Dec;61(6):1072-8
91. Resch B., Muller W., Oberbauer R.:
Precipitating factors for shunt insufficiency in post-hemorrhagic hydrocephalus in the premature infant.
Z Kinderchir 1990 Aug;45(4):203-8

92. Ringel F., Schramm J., Meyer B.:
Comparison of programmable shunt valves vs standard valves for communicating hydrocephalus of adults: a retrospective analysis of 407 patients.
Surg Neurol. 2005 Jan;63(1):36-41
93. Robertson J.S., Maraqa M.I., Jennett B.:
Ventriculoperitoneal shunting for hydrocephalus.
Br Med J 1973 May 5;2(861):289-92
94. Rohde V., Mayfrank L., Ramakers V.T., Gilsbach J.M.:
Four-year experience with the routine use of the programmable Hakim valve in the management of children with hydrocephalus.
Acta Neurochir (Wien) 1998;140(11):1127-34
95. Ronan A., Hogg G.G., Klug G.L.:
Cerebrospinal fluid shunt infections in children.
Pediatr Infect Dis J 1995 Sep;14(9):782-6
96. Rotim K., Miklic P., Paladino J., Melada A., Marcikic M., Scap M.:
Reducing the incidence of infection in pediatric cerebrospinal fluid shunt operations.
Childs Nerv Syst 1997 Nov-Dec;13(11-12):584-7
97. Sainte-Rose C.:
Shunt obstruction: a preventable complication ?
Pediatr-Neurosurg. 1993 May-Jun; 19(3): 156-64
98. Sainte-Rose C., Piatt J.H., Renier D., Pierre-Kahn A., Hirsch J.F., Hoffman H.J., Humphreys R.P., Hendrick E.B.:
Mechanical complications in shunts.
Pediatr Neurosurg. 1991-92;17(1):2-9

99. Saint-Rose C., Hoffmann H.J., Hirsch J.F.:
Shunt failure . In Marlin AE (ed): Concepts in Pediatric Neurosurgery,
Vol 9. Basel : Karger 1989, 7-20
100. Sainte-Rose C., Hooven M.D., Hirsch J.F.:
A new approach in the treatment of hydrocephalus.
J Neurosurg. 1987 Feb;66(2):213-26
101. Samuel U., Guggenbichler J.P.:
Prevention of catheter-related infections: the potential of a new nano-silver
impregnated catheter.
Int. J. Antimicrob. Agents 2004 Mar;23 Suppl 1:S75-8
102. Schrandt-Stumpel C., Fryns J.P.:
Congenital hydrocephalus: nosology and guidelines for clinical approach and
genetic counselling.
Eur. J. Pediatr. 1998;157:355-362
103. Sekhar L.N., Moossy J., Guthkelch A.N.:
Malfunctioning ventriculoperitoneal shunts. Clinical and pathological features.
J Neurosurg 1982 Mar;56(3):411-416
104. Sells C.J., Shurtleff D.B., Loeser J.D.:
Gram-negative cerebrospinal fluid shunt-associated infections.
Pediatrics 1977 Apr;59(4):614-8
105. Simon, C., Geile, G.:
Hydrozephalus. In: Simon, C., Geile, G.:
Pädiatrie: Lehrbuch der Kinderheilkunde.6. Aufl.
Schattauer, Stuttgart- New York 1991: 321-326.
106. Sloffer C.A., Augspurger L., Wagenbach A., Lanzino G.:
Antimicrobial-impregnated External Ventricular Catheters: Does the Very Low
Infection Rate Observed in Clinical Trials Apply to Daily Clinical Practice?
Neurosurgery 56(5) 2005 1041-1044

107. Schoenbaum S.C., Gardner P., Shillito J.:
Infections of Cerebrospinal Fluid Shunts: Epidemiology, Clinical Manifestation,
and Therapy.
The Journal of Infectious Diseases 131,5 (1975), 543-552
108. Serlo W., Saukkonen A.L., Heikkinen E., von Wendt L.:
The incidence and management of the slit ventricle syndrome.
Acta Neurochir (Wien) 1989;99(3-4):113-6
109. Serlo W., Fernell E., Heikkinen E., Anderson H., von Wendt L.:
Functions and complications of shunts in different etiologies of childhood
hydrocephalus.
Childs Nerv Syst 1990 Mar;6(2):92-94
110. Smely C., van Velthoven V.:
Comparative Study of Two Customary Cerebrospinal Fluid Shunting Systems in
Early Childhood Hydrocephalus.
Acta Neurochir (Wien) 1997 139; 875-882
111. Shurtleff D.B., Christie D., Foltz E.L.:
Ventriculoauriculostomy-associated infection. A 12-year study.
J. Neurosurg. 35: 686-694 (1971)
112. Shurtleff D.B, Stuntz J.T., Hayden P.W.:
Experience with 1201 cerebrospinal fluid shunt procedures.
Pediatr Neurosci 1985-86;12(1):49-57
113. Sindou M., Guyotat-Pelissou I., Chidiac A., Goutelle A.:
Transcutaneous pressure adjustable valve for the treatment of hydrocephalus
and arachnoid cysts in adults. Experiences with 75 cases.
Acta Neurochir (Wien). 1993;121(3-4):135-9

114. Spanu G., Karussos G., Adinolfi D, Bonfanti N.:
An analysis of cerebrospinal fluid shunt infections in adults. A clinical
experience of twelve years.
Acta Neurochir (Wien) 1986;80(3-4):79-82
115. Tischer W.:
Vergleichende Ergebnisse peritonealer und ventrikulokardialer Drainagen beim
frühkindlichen Hydrozephalus.
Neurochirurgia 12: 127-137 (1969)
116. Tuli S., Drake J., Lawless J., Wigg M., Lamberti-Pasculli M.:
Risk factors for repeated cerebrospinal shunt failures in pediatric patients with
hydrocephalus.
J Neurosurg. 2000 Jan;92(1):31-8
117. Villarejo F.J. :
Ventriculo-atrial vs. cerebral-peritoneal shunts in the treatment of
hydrocephalus.
An Esp Pediatr 1979 Aug-Sep;12(8-9):583-90
118. Voth D. , Henn M.:
Historischer Überblick über die Behandlungsverfahren des Hydrozephalus
internus im Kindesalter.
In: Voth, D.:Hydrozephalus im frühen Kindesalter
F. Enke, Stuttgart 1983: 168-180
119. Walker A. E.:
A history of neurological surgery.
Williams & Wilkins, Baltimore 1951
120. Walters B.C., Hoffman H.J., Hendrick E.B., Humphreys R.P.:
Cerebrospinal fluid shunt infection. Influences on initial management and
subsequent outcome.
J Neurosurg 1984 May;60(5):1014-21

121. Will B., Müller-Korbsch U., Buchholz R.:
Experience with the programmable Sophy SU8 valve.
Childs Nerv Syst 1994;10: 476 (Abstrakt)

122. Zabramski J.M., Whiting D., Darouiche R.O., Horner T.G., Olson J.,
Robertson C., Hamilton A.J.:
Efficacy of antimicrobial-impregnated external ventricular catheters: a
prospective, randomized, controlled trial.
J Neurosurg 98, 2003, 725-730

123. Zemack G., Bellner J., Siesjo P., Stromblad L.G., Romner B.:
Clinical experience with the use of a shunt with an adjustable valve in children
with hydrocephalus.
J Neurosurg. 2003 Mar;98(3):471-6

10 Lebenslauf

11 Danksagung

Herrn Chefarzt Prof. Dr. med. Kretschmer danke ich für die zahlreichen Anregungen sowie für die freundliche Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit und Übernahme der Aufgaben des Koreferenten.

Herrn Univ.-Prof. Dr. med. H. Wassmann danke ich für die Übernahme der Aufgaben des Referenten.

Meiner Frau Ivonne danke ich für die Unterstützung und Geduld, die sie mir entgegenbrachte.

Meinen Eltern danke ich für die Ermöglichung des Studiums.