

AUS DER  
ABTEILUNG FÜR NEUROCHIRURGIE  
BUNDESWEHRKRANKENHAUS ULM  
AKADEMISCHES KRANKENHAUS DER  
UNIVERSITÄT ULM  
LEITER: OBERSTARZT PRIV. DOZ. DR. U. KUNZ

**DIE OPERATIVE VERSORGUNG DES FRÜHKINDLICHEN  
HYDROCEPHALUS**

RETROSPEKTIVE STUDIE AN 39 KINDERN  
MIT FRÜHKINDLICHEM HYDROCEPHALUS,  
DEREN KÖRPERGEWICHT ZUM ZEITPUNKT  
DER OPERATION UNTER 2500 g BETRUG

**D I S S E R T A T I O N**  
ZUR ERLANGUNG DES DOKTORGRADES DER MEDIZIN  
DER MEDIZINISCHEN FAKULTÄT DER UNIVERSITÄT ULM

VORGELEGT VON  
UTE GROSSERT  
AUS MAYEN/RHEINLAND-PFALZ  
IM JAHR 2009

Amtierender Dekan: Prof. Dr. Klaus-Michael Debatin  
1. Berichterstatter: PD Dr. Ulrich Kunz  
2. Berichterstatter: Prof. Dr. Christoph Sparwasser  
Tag der Promotion: 18. Dezember 2009

Die Natur kennt keinen Makel,  
nur der Verstand;  
niemand ist mißgestaltet,  
nur der Herzlose

William Shakespeare ( 1564 – 1616 )

Was Ihr wollt, Dritter Akt, 4. Szene

Für meine Familie

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
<b>1. EINLEITUNG</b>	<b>7</b>
1.1. Definition und Pathogenese des Hydrocephalus	7
1.2. Historischer Hintergrund	9
<b>2. MATERIAL UND METHODIK</b>	<b>13</b>
2.1. Patientengut	13
2.2. Operationstechnik	14
2.2.1. Implantation eines Shuntsystemes	15
2.2.2. Implantation eines Rickham-Reservoirs	18
2.2.3. Kontrolluntersuchungen	18
<b>3. ERGEBNISSE</b>	<b>19</b>
3.1. Patientengut	19
3.2. Operationen	21
3.2.1. Primäreingriff	21
3.2.2. Komplikationen	23
3.2.3. Folgeoperationen	25
3.2.4. Operationszeiten	25
3.3. Entwicklung der Kinder	25
3.3.1. Vergleich Shunt / Rickham bei der primären Operation	25
3.3.2. Vergleich posthämorrhagischer / connataler Hydrocephalus	26
3.4. Zusammenfassung der Ergebnisse	27
<b>4. DISKUSSION</b>	<b>29</b>
4.1. Inzidenz und Pathogenese	29
4.2. Therapie	31

4.3. Komplikationen	34
4.4. Entwicklung	35
4.5. Subjektive Beurteilung	37
<b>5. ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>40</b>
<b>6. LITERATUR</b>	<b>42</b>
<b>7. CURRICULUM VITAE</b>	<b>53</b>

## Abkürzungsverzeichnis

CRP:	c-reaktives Protein
CT :	Computertomographie
ICP:	“intracranial pressure” = intrakranieller Druck
IVH:	intraventrikuläre Hämorrhagie
g:	Gramm
KU:	Kopfumfang
Max.:	Maximum
Min.:	Minimum
MMC:	Meningomyelocele
MR:	Magnetresonanztomographie
M. rectus:	Musculus rectus
PHH:	posthämorrhagischer Hydrocephalus
v.-a. Shunt:	ventriculo-atriales Shuntsystem
v.-p. Shunt:	ventriculo-peritoneales Shuntsystem
Z.n.	Zustand nach

# 1. Einleitung

## 1.1. Definition und Pathogenese des Hydrocephalus

Unter einem Hydrocephalus versteht man eine Zunahme des Liquorvolumens auf Kosten von Hirngewebe und intrakraniellm Blutvolumen. Diese ist meistens bedingt durch eine verminderte Liquorresorption [58, 36]. In selteneren Fällen kann auch eine Erhöhung der Liquorproduktion oder der Verschluss der Liquorwege zu diesem Krankheitsbild führen [5].

Nach der Genese wird der angeborene von dem erworbenen Hydrocephalus unterschieden. Dem angeborenen oder connatalen Hydrocephalus kann eine Aquäduktstenose oder Fehlbildungen wie die Arnold-Chiari-Malformation, meistens verbunden mit der Spina bifida oder dem Dandy-Walker-Syndrom, zu Grunde liegen. Als primäre angeborene Störung ist der connatale Hydrocephalus mit einer Inzidenz von 0,9 bis 1,5 pro tausend Geburten anzunehmen [55, 21].

Die Besonderheit beim kindlichen Hydrocephalus ist der fehlende Nahtschluss und die offenen Fontanellen. Während es beim Erwachsenen durch den Liquoraufstau sehr rasch zu einem Anstieg des intrakraniellen Druckes (ICP) und damit zu einer Bewusstseinsstörung kommt [77, 60], zeigt sich bei den Kindern zunächst eine Vorwölbung der Fontanelle, man spricht auch von einer gespannten Fontanelle. Im Weiteren entsteht dann ein zunehmendes Kopfwachstum, das im Rahmen der Vorsorgeuntersuchungen durch ein Ausbrechen aus den Perzentilenkurven festgestellt werden kann [56].

Mit Diagnosestellung steht die Indikation zur Shuntimplantation, und ein frühes therapeutisches Vorgehen beim Verschluss-Hydrocephalus liegt außerhalb jeder Diskussion.

Neben diesem connatalen Hydrocephalus hat die zunehmende technische Entwicklung und die damit verbundenen Möglichkeiten der modernen Medizin das Überleben immer kleinerer Kinder mit geringerem Gestationsalter ermöglicht, und somit sind in größerer Zahl Ventrikulomegalien und erworbene Hydrocephali durch intraventrikuläre Blutungen (IVH), aufgrund von noch unreifen Organsystemen, in den Blickpunkt gerückt. Bei Frühgeborenen mit einem Geburtsgewicht von unter 1500 g liegt die Inzidenz bei ca. 31%, bei niedrigerem Geburtsgewicht werden sogar Zahlen von 50 % angegeben [3, 77, 19, 23, 29, 31, 41, 42, 46, 17, 64, 65, 71, 80, 83, 91, 95]. Als Erklärung für die IVH wird das

unreife Gefäßsystem der germinalen Matrix in den Wänden der Seitenventrikel angesehen. In diesen Gefäßen sind noch keine adäquaten Adventitiafasern ausgebildet. Blutdruckschwankungen, Hypertonie durch schnelle Volumenexpansion, systemische Hypotension und ähnliche Faktoren, die bei insuffizienter Autoregulation nicht ungewöhnlich sind, führen zu Gefäßrupturen und Blutungen. Diese lassen sich einfach sonografisch erkennen und werden üblicherweise in vier Grade nach Volpe und Papille [90] eingeteilt:

- Grad 1: subependymale Blutung
- Grad 2: Ventrikeleinbruchsblutung ohne Ventrikelerweiterung
- Grad 3: Ventrikeleinbruchsblutung mit Ventrikelerweiterung
- Grad 4: Ventrikelausgussblutung mit Parenchymeinbruch

Die Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin verwendet auch gelegentlich eine Einteilung in drei Grade, wobei der Einbruch in das Hirnparenchym (dem eigentlichen Grad 4 entsprechend) gesondert beschrieben wird.

Bei drittgradigen Blutungen ist ein Liquoraufstau nicht untypisch, er kann aber auch bei niedriggradigeren Blutungen auftreten. Bei viertgradigen Blutungen ist er als regelhaft anzunehmen. Der Liquoraufstau führt über den zunehmenden intrakraniellen Druck zu einer Verdrängung und Ausdünnung des Hirngewebes, was therapeutisch zu beeinflussen gilt, um die zukünftige geistige Entwicklung der Kinder adäquat zu ermöglichen [42]. Besonders die viertgradigen Hirnblutungen stellen ein großes Problem für die zukünftige Entwicklung der Kinder dar, weil das zerstörte Hirngewebe durch therapeutische Maßnahmen nicht zu ersetzen ist [29]. Die weitere Entwicklung der Kinder hängt hier primär von der Größe des Parenchymschadens durch die stattgefundene Blutung und dem erlittenen hypoxischen Schaden des Gehirns ab [55, 74, 90].

Steht die Indikation zur Shuntimplantation als Primärversorgung bei einem connatalen Hydrocephalus außer Frage, so wird die Indikation beim posthämorrhagischen Hydrocephalus der Frühgeborenen noch immer kontrovers diskutiert. Der hohe Blut- und Eiweißanteil des Liquors nach einer akuten Blutung kann zu einem frühzeitigen Verschluss der Ventilsysteme führen. Daneben haben die Frühgeborenen keinerlei subkutanes Fettgewebe und daher wenig Stabilität der Haut, die die Implantation größerer subkutaner Kunststoffmaterialien erlauben. Es muss mit einer Dekubitusentwicklung über dem Shuntsystem und anschließender Shuntinfektion gerechnet werden. Daher werden noch immer transfontanelläre Ventrikelpunktionen, zur temporären Senkung des ICP

durchgeführt. Als Standardverfahren hat sich weiterhin die Implantation von subkutanen Punktionsreservoirs etabliert [71, 115]. Ventrikulo-subgaleale Ableitungen ohne Ventilanteil und externe Ventrikeldrainage sind nicht mehr üblich.

## 1.2. Historischer Hintergrund

Historisch gesehen kam die Diagnose eines Hydrocephalus im Altertum und Mittelalter einem Todesurteil gleich. Erste Beobachtungen finden sich bereits bei Hippokrates im 5. Jh. v.C.. Später beschrieb auch Galen (130 – 200 n.C.) das Krankheitsbild. Im Mittelalter ruhte die weitere Forschung auf dem Gebiet des Hydrocephalus. Erst Vesalius (1514 – 1564) beschrieb dann das eigentliche Krankheitsbild des Hydrocephalus mit Ventrikelerweiterung und Ausdünnung des Hirngewebes [5]. Abbildungen von klinischen Fällen, die zumindest ein längeres Überleben von Patienten mit einer derartigen Veränderung ohne Behandlung darstellen, sind bei Vimont [88] in seiner anatomischen Publikation zu finden (Abb. 1).

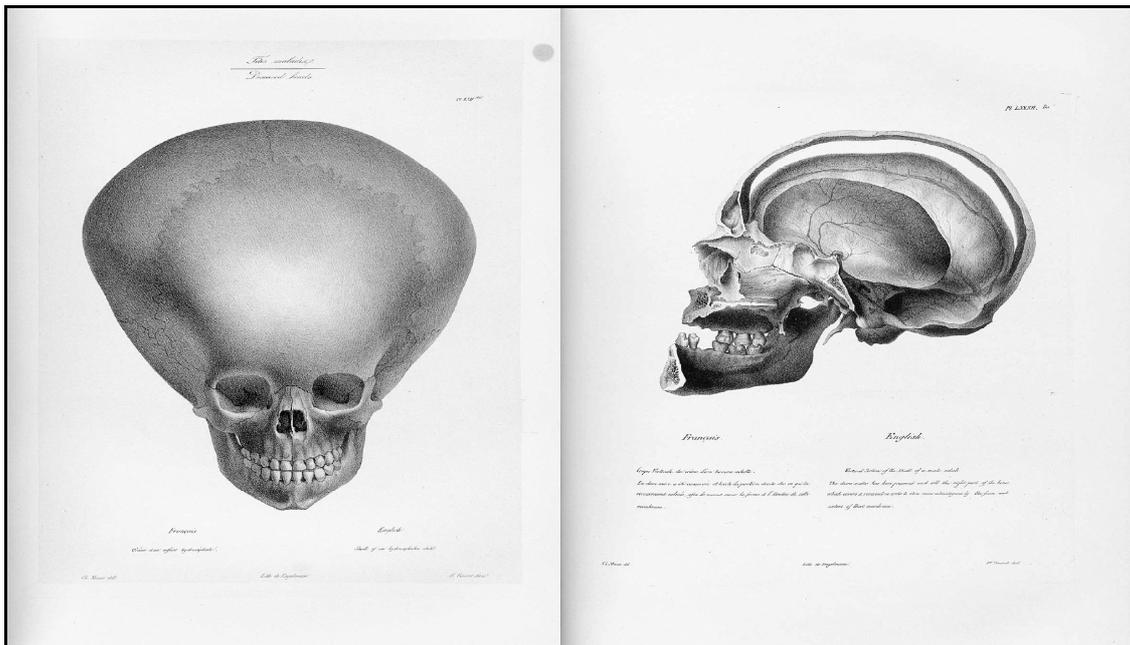


Abb. 1 : Veränderung der Schädelform durch einen Hydrocephalus nach Vimont, aus “Traité de phrenologie humaine et comparée“ (1832)

Eine genauere Differenzierung und Beschreibung ursächlicher Zusammenhänge entstand erst im 19. Jh.. Die Unterscheidung zwischen einem erworbenen und einem connatalen Hydrocephalus ist mit dem Namen Cheyne (1848) verbunden. Das heutige Verständnis der Liquorzirkulation ist mit den anatomischen Beschreibungen von Magendi (1825) [33, 34]

und der wegweisenden Arbeit von Key und Retzius [45] entstanden. 1875 veröffentlichten sie einen Atlas des Liquorsystems. Dieses wurde von Harvey Cushing (1889 – 1939), dem Vater der modernen Neurochirurgie, [36] in den Begriff der 3. Zirkulation aufgenommen.

Lange Zeit nahm man die Entwicklung eines Hydrocephalus als angeborenes Schicksal und den Tod oder schwere geistige Defekte, dieser Kinder als seine logische Folge hin - eine adäquate Behandlung blieb aus. Erst zu Beginn des 19. Jahrhunderts begannen schließlich erste Therapieversuche mit wiederholten Ventrikelpunktionen. Diese basierten auf der Überlegung, dass die erweiterten inneren Liquorräume durch Ablassen von Liquor an einer weiteren Expansion gehindert werden könnten - eine Therapie, die in Anbetracht mangelnder Hygiene und Anästhesie fatale Folgen mit sich brachte, so dass sich diese Technik zunächst nicht durchsetzen konnte.

Neben vielen, nicht weiter verfolgten und wenig anhaltend erfolgreichen therapeutischen Ansätzen ist die moderne Behandlung diagnostisch zunächst durch Walter E. Dandy (1886 -1946) und der Ventrikulographie mit Luftinsufflation gebahnt worden. Neben der Resektion des Plexus choroideus verdankt man ihm insbesondere die Technik der Ventrikulostomie [18] als Therapie der Aquäduktstenose. Durch eine operative Öffnung im Bereich des 3. Ventrikels oder der Lamina terminalis bildet sich ein Umgehungskreislauf für den verschlossenen Aquädukt. Es war eine noch mit einer sehr hohen Mortalität verbundene Technik. Wirkliche Alternativen bestanden zum damaligen Zeitpunkt nicht. Das Überleben der Operation war immerhin mit einem Erfolg von 70 % verbunden.

Die moderne Behandlungsära begann 1952 mit der Einführung von biokompatiblen, synthetischen Shuntmaterialien und Ventilen [20]. Die erste Entwicklung ist mit den Namen Nulsen und Spitz sowie Holter verbunden, die 1949 ein Kugelventil entwickelten [4]. Dieses wurde erfolgreich bei einem Kind mit Hydrocephalus zur Ableitung des Liquors vom Ventrikelsystem in die Vena jugularis verwendet.

Vier unabhängige Gruppen entwickelten in den Folgejahren Schlitz-Ventile und Membranventile (Pudenz) mit verschiedenen Mechanismen, die zwischen 1955 und 1960 zum eigentlichen Durchbruch der Shunttherapie führten. Die Entwicklung zu Anfang des vergangenen Jahrhunderts vollzog sich über die unterschiedlichsten Ableitungsorte. Vom Ventrikelsystem erfolgte die Ableitung zuerst nach extrakraniell, dann nach intravesikal, oder intradural -lumbal bis schließlich die Shuntableitung nach subgaleal, atrial und intraperitoneal gewählt wurde. Raymondi und Matsumoto haben dann mehr die ventrikulo-peritoneale Ableitung favorisiert, die heute überwiegend verwendet wird [39].

Es gibt inzwischen viele Arten von Ventilen. Bestimmte Vorteile und Nachteile der einzelnen Ventile und Ableitungsarten versuchte man durch weitere technische Ergänzungen, wie z.B. Antisyphon-Device, zu verbessern. Letztere dienen der Vorbeugung unangenehmer Überdrainageeffekte. So wurde auch ein flussgesteuertes System entwickelt, das unter allen intrakraniellen Drucksituationen einen konstanten Durchfluss sichert [20, 4].

Ein weiterer, noch aktueller Meilenstein war die Einführung programmierbarer, von außen verstellbarer Ventiltypen, die zunächst von der Fa. Sophy [24, 79] und später dem Ingenieur Hakim [20, 6] angeboten wurden.

Heute werden von fast allen namhaften Herstellern druckregulierbare Ventilsysteme produziert. Sie unterscheiden sich besonders in ihren mechanischen Eigenschaften. Einige können sehr leicht ihren Öffnungsdruck durch äußere Magnetfelder wie z.B. Handys verändern [75]. Allerdings wird der Sinn verstellbarer Ventile unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten bereits wieder in Frage gestellt [72].

Den therapeutisch technischen Verfahren parallel ging der Fortschritt der Diagnostik mit Einführung der Computertomographie [44, 43] und dem weiteren Durchbruch, und heute als Standard anzusehenden Verfahren, der Kernspintomographie [7], das direkt die Ursache des Hydrocephalus darstellen kann. Ähnlich war in dieser Hinsicht zu der damaligen Zeit die Pneumencephalography zu verstehen. So verdanken wir auch Dandy als deren Erfinder die heute noch gebräuchliche Einteilung der Art des Hydrocephalus in einen:

- Verschluss-Hydrocephalus
- kommunizierenden Hydrocephalus
- Ventrikelerweiterung auf Grund einer Hirnatrophie

Die adäquate bildgebende Diagnostik besteht beim kindlichen Hydrocephalus mittlerweile in der Sonografie, die bei offener Fontanelle durch die technische Verbesserung mit Digitalisierung der Bildgewinnung und Bearbeitung heute als das diagnostische Mittel der Wahl anzusehen ist. Sie kann beliebig oft sogar am Krankenbett wiederholt werden und ist ohne Strahlenbelastung und dadurch besonders für die Kinder ohne Folgeschäden (wie z. B. den Strahlenkatarakt). Auch bei einem unruhigen Kind ist noch orientierendes Bildmaterial zu erhalten. Aus der kontinuierlichen Beobachtungsmöglichkeit und dem Einsatz der Sonographie als Screening-Methode bei Neugeborenen ist das Verständnis für die Ätiologie und Genese des Hydrocephalus weiter verbessert worden [55, 49]. Durch sehr großzügige diagnostische Anwendung dieses Verfahrens können Störungen sogar

bereits intrauterin oder nach Blutungsereignis vor der typischen Zunahme des Kopfumfanges diagnostiziert werden [27, 49, 83, 25].

Die vorliegende Auswertung ist als Beitrag zur Bewertung der operativen Versorgung von Frühgeborenen mit dem Krankheitsbild eines Hydrocephalus zu sehen. Hierzu sollte retrospektiv aus dem bei uns vorhandenen Patientengut ermittelt werden, in wie weit, unter Berücksichtigung der notwendigerweise durchgeführten Operationen und der Folgeentwicklung der Kinder, eine frühe Shuntimplantation sinnvoll erscheint im Vergleich zur Implantation eines Rickham-Reservoirs mit nachfolgend intermittierenden Punktionen. Es wurden die Daten von 39 Kindern, die im Zeitraum vom 01.01.89 bis 31.12.98 in unserer Klinik operativ versorgt wurden, erfasst und ausgewertet.

## 2. Material und Methodik

### 2.1. Patientengut

In der vorliegenden Arbeit wurden retrospektiv die Daten aller Kinder ausgewertet, die zwischen 01.01.89 und 31.12.98 in unserer Abteilung mit dem Krankheitsbild eines symptomatischen Hydrocephalus vorgestellt und anschließend auch operativ versorgt wurden. Ein Auswahlkriterium war das Körpergewicht, das zum Zeitpunkt der Operation unter 2500 g liegen sollte. Eine Infektion oder eine Meningomyelocele als Ursache des Hydrocephalus führten zum Ausschluss. Insgesamt verblieben danach 39 Kinder, 22 Jungen und 17 Mädchen. Aufgrund dieser Selektion des Patientengutes und der geringen Patientenanzahl war eine valide statistische Auswertung nicht möglich und die Auswertung der Ergebnisse unserer Untersuchung kann nur als Tendenz angesehen werden.

Als wichtigste Untersuchungsergebnisse wurden in unserer Arbeit

- die Dehiszenz der Schädelnähte
- eine vorgewölbte, pralle große Fontanelle
- eine Kopfwachstumszunahme mit Überschreiten der 90. Perzentile
- eine sonografisch nachgewiesene Blutung mit Verlegung der Liquorabflußwege und konsekutiver Zunahme der Ventrikelweite
- Symptome wie Apnoe, Bradykardie

festgehalten. Weiterhin wurden präoperativ folgende Daten erfasst:

- Geburtsdatum und Geschlecht
- Schwangerschaftswoche, in der das Kind geboren wurde
- Geburtsgewicht
- Operationsdatum
- Körpergewicht zum Zeitpunkt der Operation
- Ursache der Ventrikeldilatation
- bei vorliegender Blutung Grad und Verteilung

Im weiteren Verlauf dokumentierten wir:

- Folgeoperationen / Art der Operation
- Entwicklung des Kindes
- durchgeführte Operation
- Komplikationen postoperativ

Mit Hilfe der Sonographie war es möglich, objektiv eine Progredienz des Ventrikelsystems, auch bei mehrmaliger Wiederholung, ohne große Belastung für das Neugeborene, darzustellen. Außerdem war auf diesem Weg das Ausmaß einer stattgefundenen Blutung festzustellen und zu dokumentieren. Wenn nötig, wurde in Fällen, in denen keine Blutung vorlag und die Ursache der Ventrikulomegalie geklärt werden musste, eine MR-Untersuchung des Schädels durchgeführt. Da bei den Neugeborenen eine solche Untersuchung eine Narkose notwendig macht, wurde hier jedoch auf eine genaue Indikationsstellung geachtet.

Die Ultraschalluntersuchungen wurden transfontanellär mit einem multifrequenten Schallkopf (Mischtyp) mit Centerfrequenz 7,5 MHz durchgeführt. Der Schädel wurde coronar und sagittal durchgemustert. Dokumentiert wurde der Durchmesser der Vorderhörner der beiden Seitenventrikel, der Temporalhörner und des III. Ventrikels im Coronarschnitt, sowie die Ausdehnung des IV. Ventrikels im Sagittalschnitt.

Grundlage für die Operationsindikation stellten empirisch begründete Kriterien dar:

- Kopfumfangszunahme über 2 cm / Woche [2, 15]
- Überschreiten der Perzentilen um mehr als 2 Standardabweichungen [53]
- Überschreiten der 90er Perzentile [61]
- Klinische Symptome einer Hirndrucksteigerung bei Neugeborenen

## **2.2. Operationstechnik**

Zur operativen Versorgung standen zwei mögliche Systeme zur Verfügung: Shuntsystem mit Ventil oder Rickham-Reservoir.

## 2.2.1. Implantation eines Shuntsystemes

Von uns wurde in erster Linie das programmierbare Medos-Hakim Ventil der Firma Codman® (mit oder ohne Vorkammer) verwendet. Das Ventil besteht aus einer Pumpkammer, die durch die Haut tast- und pumpbar ist und somit einen Eindruck über die Funktionstüchtigkeit des Ventils geben kann. Der Pumpkammer vorgeschaltet ist die eigentliche Ventileinheit, bestehend aus einer Rubinkugel die von einer Feder gehalten wird. Durch Veränderung der Vorspannung dieser Feder wird der Öffnungsdruck des Ventils verändert. Die Vorspannung wird bestimmt durch Einrastung auf einer bestimmten Stufe auf einer Treppe des Verstellrades (siehe Abb. 6).

Diese Umstellung auf einen anderen Öffnungsdruck erfolgt mit Hilfe eines speziellen Magnetsystems von außen. Durch den Magneten wird die Treppe gedreht und die Feder auf eine andere Stufe gehoben.

Der Druck ist veränderbar in Schritten von 10 mm H<sub>2</sub>O im Bereich von 30 bis 200 mm H<sub>2</sub>O. Dem Reservoir nachgeschaltet ist ein Rückschlagventil, bestehend aus einer Feder und einer Kugel, die einen gerichteten Liquorfluß und das manuelle Pumpen ermöglichen (siehe Abb. 5 und 6). In manchen Fällen ist es sinnvoll, ein Ventil zu wählen, das zusätzlich mit einer Vorkammer ausgestattet ist, die, wie der Name schon sagt, vor der gesamten Ventileinheit liegt. Diese Vorkammer besitzt einen festen Titanboden, so dass hier z.B. Liquorpunktionen relativ sicher erfolgen können. Einen Überblick geben die folgenden Abbildungen (Abb. 2-4), die Detailansichten dieses verstellbaren Ventils darstellen:

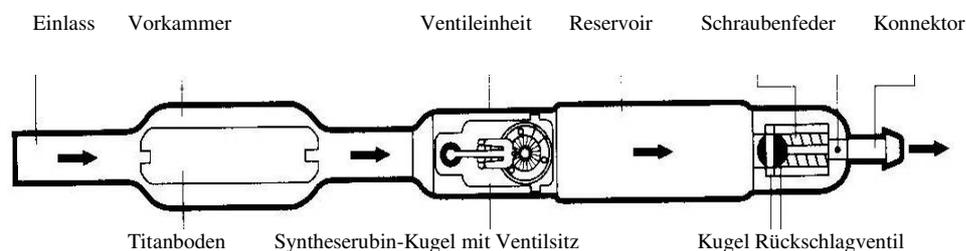


Abb. 2: Aufsicht Vorkammer, Ventileinheit, Rückschlagventil; aus "The CODMANN®-MEDOS® Programmable Valve Shunt System and Valve Programmer-Instruction Manual", Medos S.A. (1991)

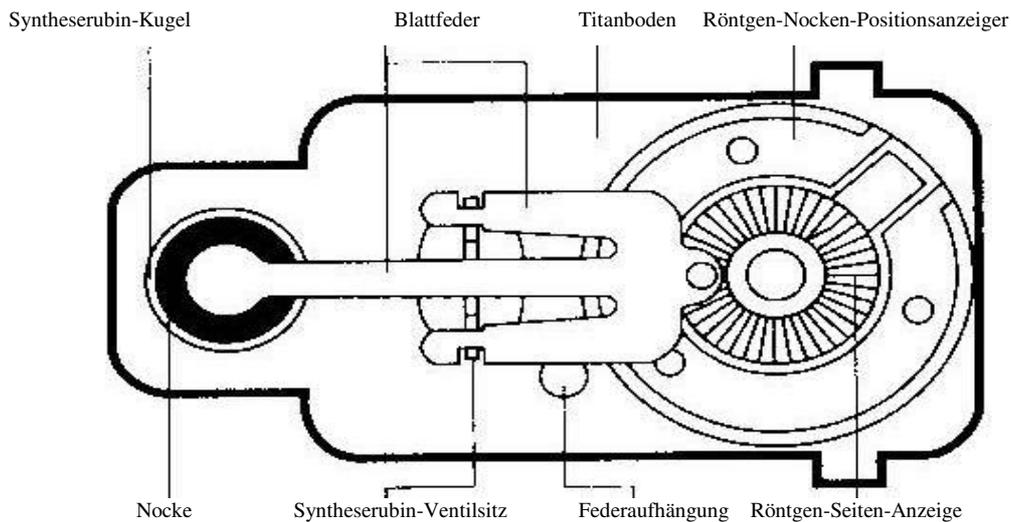


Abb. 3: Detailansicht der Ventileinheit, Aufsicht aus "The CODMANN®-MEDOS® Programmable Valve Shunt System and Valve Programmer-Instruction Manual", Medos S.A. (1991)

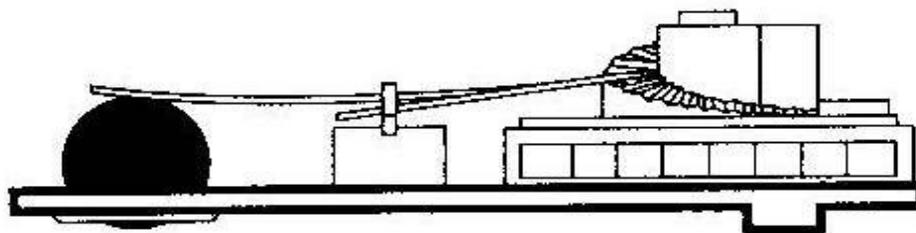


Abb. 4: Detailansicht Ventileinheit von der Seite (die Treppe auf dem Verstellrad (rechts) regelt die Vorspannung der Feder) aus "The CODMANN®-MEDOS® Programmable Valve Shunt System and Valve Programmer-Instruction Manual", Medos S.A. (1991)

Die Implantation eines Shuntsystems erfolgte, wenn die Hautverhältnisse des Kindes dieses zuließen, das heißt, wenn das Risiko einer zu erwartenden Wundheilungsstörung eher unwahrscheinlich war. Hierzu wurde palpatorisch geprüft, ob eine Hautfalte in adäquater Dicke abhebbar war. Wir implantierten die Systeme mit bevorzugt ventriculo-peritonealer Ableitung, wenn nicht abdominelle Eingriffe vorangegangen waren, die die Implantation dieses Shuntsystems unmöglich machten. Abhängig vom Operateur wurden Ventile mit oder ohne Vorkammer verwendet. Zur Implantation des Systems wird bereits vor der Operation das Shuntsystem zusammengesetzt. Hierzu wird das bereits programmierte Ventil entweder mit einer Snap-on-Katheterverbindung für den Ventrikelkatheter oder mit einem Winkelkonnektor verbunden und der Peritonealkatheter angeschlossen. Die Konnektionsstellen werden mit Seidenfäden (Stärke 3-0) gesichert, wobei die Knoten in situ unter dem Schlauch zu liegen kommen. Im Bereich der großen

Fontanelle erfolgt der bogenförmige Hautschnitt mit anschließender Präparation eines kleinen Hautlappchens. Es folgt die Präparation eines subgalealen Tunnels nach retroauriculär, wo ein kleiner Entlastungsschnitt parallel zum Shuntverlauf gelegt wird. Nun wird das Shuntsystem durchgezogen und mit Hilfe der Durchzugshilfe subkutan über den Thorax bis nach abdominell, ca. 3 cm paramedian und 1 cm oberhalb des Bauchnabels noch im Bereich des M. rectus, vorgeschoben. Durch mehrmaliges Pumpen des Ventils vor der Verlagerung des Peritonealkatheters nach intraperitoneal wird kontrolliert, ob Flüssigkeit frei durch das System fließt. Anschließend wird der Peritonealkatheter mit Hilfe eines Punktionstrokars nach intraperitoneal versenkt. Der Ventrikelkatheter wird über eine osteoklastische Erweiterung der großen Fontanelle in das Vorderhorn des gleichseitigen Seitenventrikels, der mit einer Cushingkanüle anpunktiert wird, um so die korrekte Lage und Tiefe zu bestimmen, eingeführt. Anschließend erfolgt das “Ansnapen“ oder Verbinden mit dem bereits liegenden System (siehe Abb. 5).

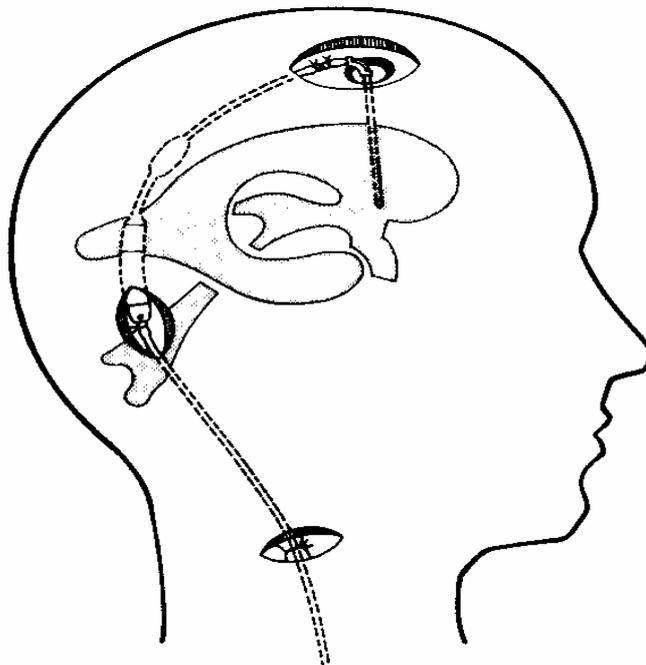


Abb. 5: Seitenansicht des implantierten Shuntsystemes aus “The CODMANN®-MEDOS® Programmable Valve Shunt System and Valve Programmer-Instruction Manual“, Medos S.A. (1991)

Die primäre Einstellung der Druckstufe lag zwischen 140 – 160 mm H<sub>2</sub>O und wurde den individuellen Bedürfnissen des Kindes im weiteren Verlauf angepasst.

### **2.2.2. Implantation eines Rickham-Reservoirs**

Ließen die Hautverhältnisse eine Shuntanlage nicht zu, so erfolgte primär die Implantation eines Rickham-Reservoirs zur anschließenden Liquorpunktion und, wenn nötig, erst sekundär die Shuntanlage. Hierzu wurde ebenfalls ein Hautläppchen im Bereich der großen Fontanelle gebildet mit anschließender osteoklastischer Vergrößerung der Fontanelle. Nach Punktion des Vorderhornes des Seitenventrikels wird ein Ventrikelkatheter vorgeschoben, der nach korrekter Lage mit einer kleinen Rickham-Kapsel verbunden wird. Die Kapsel ist anschließend gut unter der Haut zu tasten und kann bei Bedarf zur Liquorgewinnung perkutan anpunktiert werden.

Die Indikation zur sekundären Shuntanlage war gegeben, wenn eine gleich bleibende oder sogar zunehmende Frequenz von Punktionen über das Rickham-Reservoir nötig wurde, um eine Größenzunahme des Ventrikelsystems zu verhindern.

### **2.2.3. Kontrolluntersuchungen**

Nach jedem Eingriff erfolgten Kontrolluntersuchungen der Kinder, die je nach Entwicklung und postoperativem Verlauf zuerst im wöchentlichen Abstand, dann alle 3, 6 und schließlich alle 12 Monate durchgeführt wurden. Hierbei wurde neben der Funktion des Shuntes auch der Entwicklungsstand des Kindes festgehalten. Untersucht wurde die körperliche und geistige Entwicklung des Kindes. Schließlich wurde eine Unterteilung in folgende Gruppen möglich:

- normale Entwicklung
- leicht verzögerte Entwicklung ( motorisch/geistig )
- deutlich verzögerte Entwicklung ( motorisch/geistig )
- globale Retardierung

### 3. Ergebnisse

#### 3.1. Patientengut

In dem angegebenen Zeitraum vom 01.01.89 bis 31.12.98 wurden in unserer Abteilung 39 Kinder mit der Diagnose eines symptomatischen Hydrocephalus, deren Körpergewicht zum Zeitpunkt des Eingriffes nicht über 2500 g lag, operativ versorgt. 17 dieser Kinder waren Mädchen, 22 Jungen. Bei 31 Kindern konnte ein posthämorrhagischer Hydrocephalus nachgewiesen werden, bei 8 Kindern lag ein connataler Hydrocephalus vor. Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die geschlechts-spezifische Verteilung.

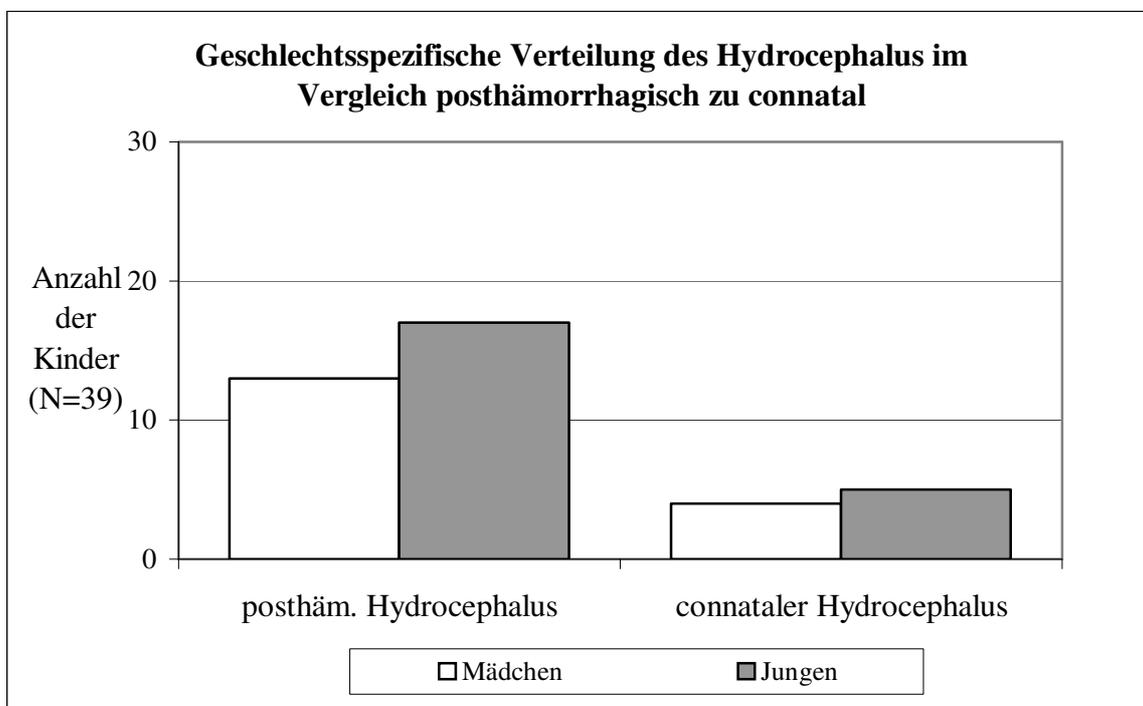


Abb. 6: Geschlechtsspezifische Verteilung der beiden Hydrocephalusarten bezogen auf das gesamte Patientengut

Von den 31 Kindern mit einem posthämorrhagischen Hydrocephalus hatten 6 Kinder eine II° Blutung, 1 Kind eine II-III°, 13 Kinder eine III°, 4 Kinder eine III-IV° und 7 Kinder eine IV° Blutung erlitten (siehe Abb. 7).

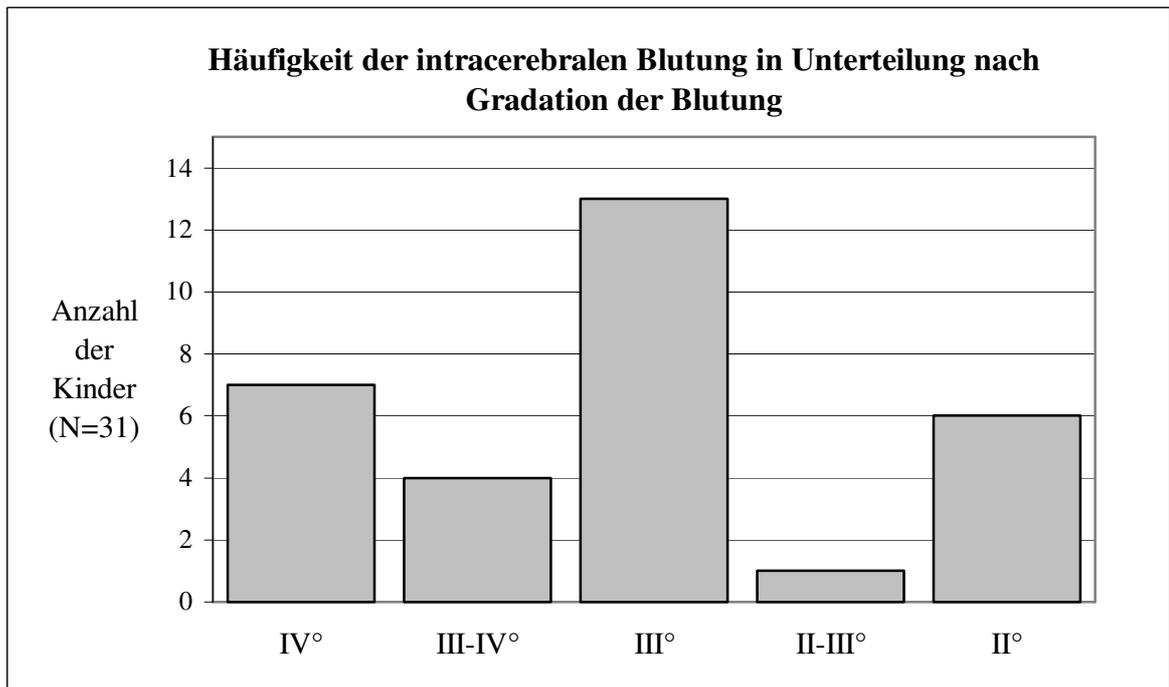


Abb. 7: Unterteilung der Blutung nach Gradation bezogen auf die Häufigkeit in der Gesamtpatientenzahl

Bezogen auf die Erstoperation zeigte sich hier folgende Verteilung:

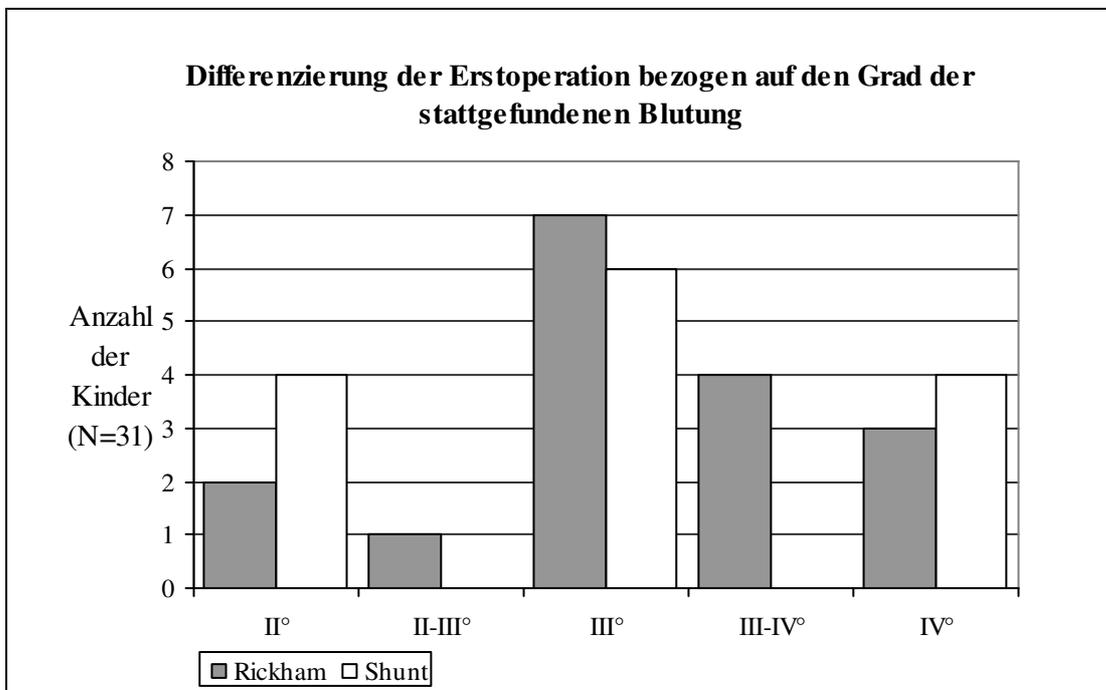


Abb. 8: Differenzierung der Erstoperation nach Rickham- und Shuntimplantation bezogen auf die stattgefundenene Blutung

Der connatale Hydrocephalus der 8 Kinder wurde bereits intrauterin bei routinemäßig durchgeführten Ultraschalluntersuchungen erkannt. Die Kinder wurden frühzeitig aufgrund des progredienten Kopfwachstums entbunden. Bei allen 8 Kindern konnte im Rahmen der weiterführenden bildgebenden Diagnostik in MR-Untersuchungen eine idiopathische Aquäduktstenose als Ursache des Hydrocephalus festgestellt werden.

Die Unterlagen aller Kinder wurden retrospektiv vom 01.12.1998 bis zum 31.12.2002 ausgewertet.

## 3.2. Operationen

### 3.2.1. Primäreingriff

Der Zeitpunkt der Operation wurde bestimmt durch das Ausmaß des Krankheitsbildes und des klinischen Verlaufes. Bestanden klinische Zeichen einer Hirndrucksymptomatik oder kam es zum Fortschreiten des Kopfwachstums über die Perzentilenkurven, stellten wir die Indikation zum operativen Vorgehen. Im Durchschnitt war dies 37,7 Tage (Min. 0 Tage, Max. 102 Tage) nach der Geburt der Fall. Bei Kindern mit posthämorrhagischem Hydrocephalus nach 43,2 Tagen (Min. 0 Tage, Max. 102 Tage), bei connatalem Hydrocephalus nach 11,6 Tagen (Min. 1 Tag, Max. 31 Tage).

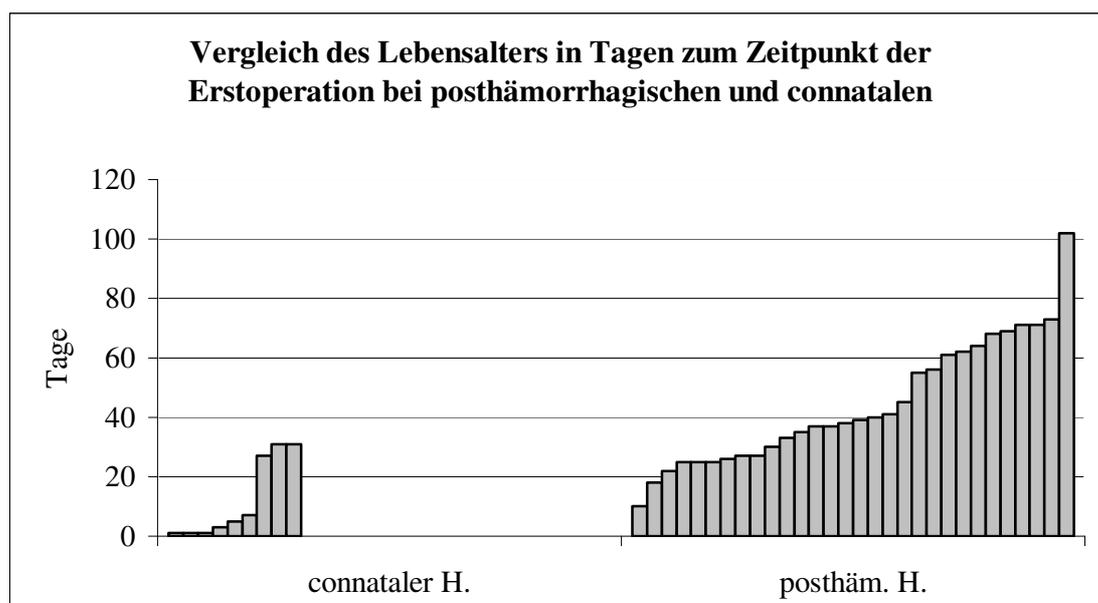


Abb. 9: Lebensalter der Kinder mit connatalem und posthämorrhagischem Hydrocephalus in Tagen zum Zeitpunkt der Erstoperation

Zum Zeitpunkt der Operation lag das Körpergewicht der Kinder mit einem connatalen Hydrocephalus durchschnittlich bei 1962g (Min. 1000 g, Max. 2500 g), bei Kindern mit einem PHH bei 1214,7 g (Min. 700 g, Max. 2300 g).

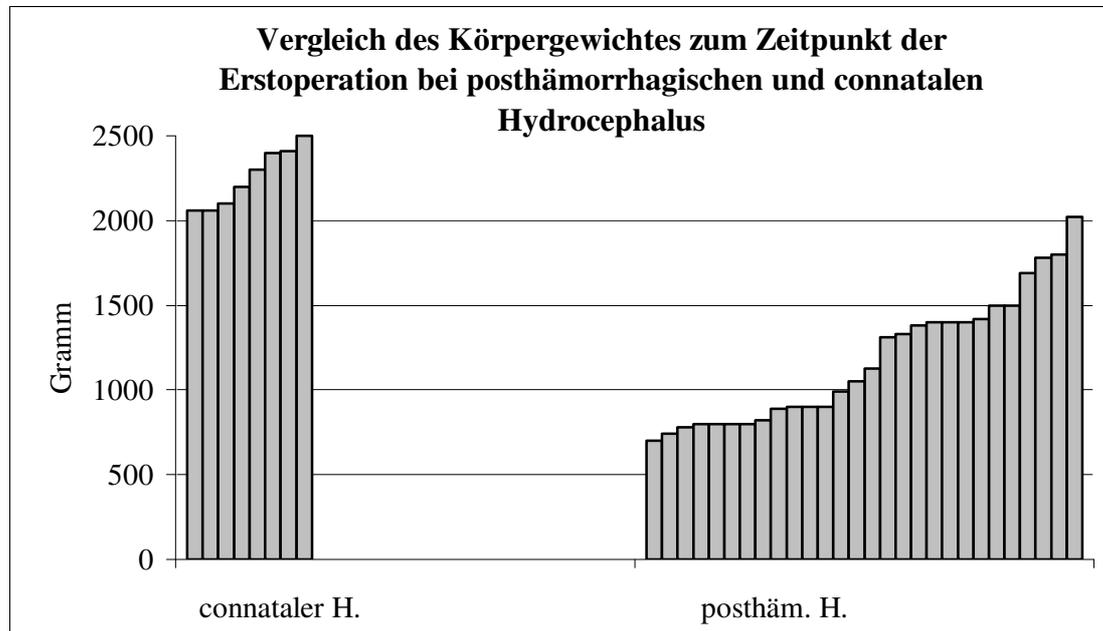


Abb. 10: Körpergewicht der einzelnen Kinder in Gramm zum Zeitpunkt der Erstoperation

Die Art des gewählten Ersteingriffes richtete sich nach den körperlichen Voraussetzungen. Lagen gute Hautverhältnisse vor, die die Implantation eines Shuntsystems ermöglichten, ohne dass die Wahrscheinlichkeit für zu erwartende Wundheilungsstörungen unverhältnismäßig hoch lag, so implantierten wir ein ventrikulo-peritoneales Shuntsystem auf der rechten Seite. Dieses Vorgehen war bei 22 Kindern möglich. Von diesen 22 Kindern bestand bei 8 Kindern ein connataler, bei 14 ein posthämorrhagischer Hydrocephalus. Bei den Kindern mit einem PHH lag das durchschnittliche Gewicht zum Zeitpunkt der Operation bei 1417,3 g (Min. 780 g, Max. 1800 g).

War aufgrund vorangegangener Baueingriffe eine Liquorableitung nach intraperitoneal nicht möglich, so musste ein ventrikulo-atriales Shuntsystem implantiert werden, was jedoch bei keinem der Kinder im Rahmen des Ersteingriffes notwendig war.

Erschienen die Voraussetzungen für eine Shuntimplantation ungünstig, entschlossen wir uns zur primären Anlage eines Rickham-Reservoirs. Dieser Eingriff wurde bei 17 der Kinder mit einem posthämorrhagischen Hydrocephalus durchgeführt. Das durchschnittliche Gewicht dieser Kinder lag zum Zeitpunkt des Eingriffes bei 1160,9 g (Min.700 g, Max. 1780 g).

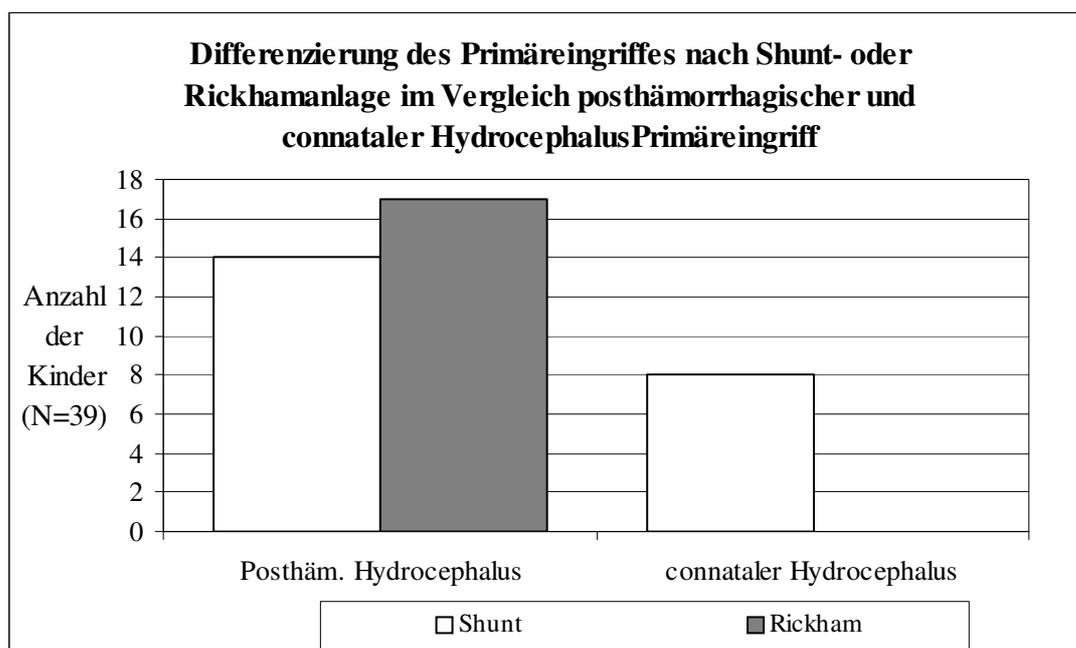


Abb. 11: Vergleich Primäreingriff bei posthämorrhagischem und connatalem Hydrocephalus bezogen auf das gesamte Patientengut

### 3.2.2. Komplikationen

#### Infektion:

Nach der ersten Operation kam es bei insgesamt 5 der Kinder zu einer Infektion (3 aus der Gruppe der mit Rickham versorgten und 2 Kinder aus der Gruppe der mit Shunt versorgten Kinder), die die Explantation des eingebrachten Materials und die temporäre Anlage einer externen Liquordrainage nötig machte. Alle Kinder gehörten zur Gruppe der posthämorrhagischen Hydrocephalie. Bei 3 Kindern trat die Infektion als Folge einer Liquorfistel bei Nahtdehiszenz nach Implantation eines Rickham-Reservoirs auf. Bei einem Kind war dies erst 5 Wochen nach der Operation während regelmäßiger Punktion der Fall. Bei einem Kind bildete sich nach Anlage eines v-p Shuntsystems eine Liquorfistel im Bereich eines Subkutanfadens. Die Fistel persistierte trotz zweimaligen Übernähens, so dass wir den Ventrikelkatheter revidierten und gleichzeitig mit einem Hautläppchen deckten. Entzündungsparameter waren im Labor nicht nachweisbar. Bei dem zweiten Kind zeigte sich ca. 5 Wochen nach Shuntimplantation (Z.n. Zwerchfellhernie mit Enterothorax links (operative Versorgung vor Implantation des Shuntsystemes) und Dauerbeatmung bei Lungenhypoplasie) eine Hautrötung im thorakalen Shuntverlauf. Da das bestimmte CRP auf 100 mg/dl anstieg, entschieden wir uns zur temporären Anlage einer externen

Liquordrainage. Nach Infektsanierung wurde ein v-a Shunt implantiert. Es kam jedoch zu einer erneuten Infektion und das System musste erneut entfernt werden. Anschließend erfolgte die Implantation eines linksseitigen v-p Shunts. Es trat eine Wundheilungsstörung mit Hautnekrosen auf, so dass auch dieses System explantiert und anschließend ein v-a Shunt links implantiert wurde. Nach Korrektur einer aortalen Fehlanlage kam es zu einer erneuten Infektion des Shuntsystems. Nach Explantation und Infektsanierung wurde dem Kind ein neuer v-p Shunt implantiert. Im Rahmen von späteren Folgeoperationen entwickelte ein Kind (Z.n. Anlage v-p Shunt und Zuschaltung eines isolierten Ventrikels) nach Revision eines Ventrikelkatheters Infektzeichen, so dass auch hier eine temporäre externe Liquordrainage angelegt werden musste.

#### **Katheterdysfunktion:**

Im Rahmen der Folgeoperationen musste bei insgesamt 7 Kindern ein Ventrikelkatheter revidiert werden. Davon fielen 4 Operationen auf Kinder mit einem posthämorrhagischen Hydrocephalus (3 Kinder hatten primär ein Shuntsystem erhalten, bei einem Kind war 2 Jahre vorher das Rickham-Reservoir durch ein Shuntsystem ersetzt worden) 3 Operationen wurden an Kindern mit einem connatalen Hydrocephalus durchgeführt.

Bei 5 Kindern musste bisher ein neuer, längerer Peritonealkatheter implantiert werden. Bei einem Kind musste ein atrialer Katheter revidiert werden.

#### **Ventildysfunktion:**

Bei einem Kind mit v-p Shunt (posthämorrhagischer Hydrocephalus) traten subdurale Ergüsse auf, die auf eine Ventilüberfunktion zurückgeführt werden konnten. Nach Ventilwechsel waren die Ergüsse rückläufig und es kam zu keinen weiteren Komplikationen.

#### **Isolierter Ventrikelaufstau:**

Nach primärer Anlage eines Shuntsystems zeigten 4 Kinder (mit einem posthämorrhagischen Hydrocephalus) einen isolierten Aufstau des 4. Ventrikels. Dieser wurde zugeschaltet. In einem Fall verstopfte der Katheter und musste revidiert werden. Bei zwei Kindern (ebenfalls posthämorrhagische Hydrocephalie) kam es zum isolierten Aufstau eines Seitenventrikels. Die entsprechenden Ventrikel wurden über einen eigenen Katheter drainiert und an das liegende System angeschlossen.

### **3.2.3. Folgeoperationen**

Bei allen untersuchten Kindern mit posthämorrhagischem Hydrocephalus, die primär mit Rickham-Reservoir versorgt wurden, war eine dauerhafte Liquorableitung notwendig und die Kinder wurden sekundär mit einem Shuntsystem versorgt. Von den 14 Kindern mit einem posthämorrhagischen Hydrocephalus, die primär mit Shuntsystem versorgt wurden, mussten bei 7 Kindern bis heute keine weiteren Eingriffe erfolgen. Bei 2 Kindern war lediglich die Implantation eines längeren Peritonealkatheters notwendig.

In der Gruppe der connatalen Hydrocephalie wurde bei 4 Kindern nur die Shuntanlage durchgeführt. Bei 3 Kindern musste zwischenzeitlich ein neuer Peritonealkatheter implantiert werden, bei 3 Kindern musste der Ventrikelkatheter und bei einem Kind der atriale Katheter revidiert werden.

### **3.2.4. Operationszeiten**

Die Anlage eines Shuntsystems als Primäreingriff dauerte bei den Kindern mit posthämorrhagischem Hydrocephalus im Durchschnitt 49 min (Min. 30 min, Max. 95 min) bei den connatalen 65 min (Min. 25 min, Max. 125 min).

Die Anlage einer Rickham-Kapsel als Primäreingriff dauerte 52 min (Min. 20 min, Max. 155 min). Die Revision eines Peritonealkatheters (Entfernen des zu kurzen Katheters und Implantation eines neuen Katheters) dauerte im Durchschnitt 75 min (Min 60 min, Max. 95 min). Die Revisionszeit bei einer Ventrikelkatheterdysfunktion betrug 78 min (Min. 70 min, Max. 90 min).

## **3.3. Entwicklung der Kinder**

### **3.3.1. Vergleich Shunt / Rickham bei der primären Operation**

Bezogen auf die unterschiedlichen Primäreingriffe (Shunt / Rickham) ergab sich folgendes Bild:

Von 39 Kindern hatten primär 22 (100%) eine Shuntimplantation. 14 (63,6%) dieser Kinder entwickelten sich normal bis leicht verzögert. Bei 8 (36,4%) Kindern bestand eine deutliche Entwicklungsverzögerung bis globale Retardierung. 17 (100%) Kinder erhielten

primär ein Rickham-Reservoir. 12 (70,1%) dieser Kinder zeigten eine normale bis leicht verzögerte Entwicklung. 4 dieser Kinder hatten eine I-II° IVH erlitten, 8 eine III-IV°. Bei 5 (29,9%) Kindern lag eine deutliche Entwicklungsverzögerung bis globale Retardierung vor. Bei allen Kindern war eine III-IV° IVH vorangegangen.

Betrachten wir in diesem Kreis nur die Kinder mit einem PHH, so waren von den 14 primär mit Shunt versorgten 7 weitgehend selbständig lebensfähig (normale oder leicht verzögerte Entwicklung). 5 dieser Kinder hatten ein III-IV° IVH, 2 eine I-II° IVH erlitten. Weitere 7 Kinder waren auf fremde Hilfe angewiesen (deutliche bis globale Retardierung). Hierbei fanden sich 6 Kinder mit einer III-IV° IVH und ein Kind mit einer I-II° IVH.

### 3.3.2. Vergleich posthämorrhagischer / connataler Hydrocephalus

Bezogen auf den Vergleich zwischen posthämorrhagischem und connatalem Hydrocephalus konnten folgende Ergebnisse festgehalten werden:

26 der untersuchten Kinder entwickelten sich normal oder nur leicht verzögert, davon gehörten 7 Kinder der Gruppe der connatalen Hydrocephalie und 19 der Gruppe der posthämorrhagischen Hydrocephalie an. Eine deutliche Entwicklungsverzögerung bis globale Retardierung konnte bei 12 der Kinder festgestellt werden (1 connatalen Hydrocephalus und 11 posthämorrhagische Hydrocephalie). Einen tabellarischen Überblick hierzu gibt die nachfolgende Abbildung.

#### Vergleich der geistigen Entwicklung (normal bis global retardiert ) von Kindern mit posthämorrhagischen und connatalen Hydrocephalus

Art / Entwicklung	posthämorrhagischer Hydrocephalus	connataler Hydrocephalus
Normal	10	4
leicht verzögert	9	3
Deutlich verzögert	3	0
Globale Retardierung	8	1
Nicht erfasst	1	0

Abb. 12 Differenzierung des Entwicklungsstandes bezogen auf die verglichenen Hydrocephalusarten

Bezogen auf die Entwicklung und das Führen eines selbständigen Lebens konnte somit festgestellt werden, dass in der Gruppe der connatalen Hydrocephalie auf Dauer und nach

entsprechender Förderung 7 Kinder alleine lebensfähig sind. Ein Kind wird immer Unterstützung und Pflege brauchen. Wobei die Retardierung hier sicherlich nicht nur auf das Vorliegen eines Hydrocephalus zurückzuführen ist, sondern berücksichtigt werden muss, dass dieses Kind aufgrund komplexer Fehlbildungen eine monatelange Intensivmedizinische Behandlung und multiple Operationen durchstehen.

In der Gruppe der Kinder mit einem posthämorrhagischen Hydrocephalus werden auf Dauer 19 Kinder ein selbständiges Leben führen können, 3 werden Unterstützung brauchen und 8 Kinder werden in allen Dingen des täglichen Lebens auf fremde Hilfe angewiesen sein.

### **3.4. Zusammenfassung der Ergebnisse**

Insgesamt wurden 39 Kinder (22 Jungen, 17 Mädchen) im Zeitraum vom 01.01.89 bis 31.12.98 operiert und bis 31.12.2002 nachuntersucht. 31 Kinder hatten einen posthämorrhagischen Hydrocephalus (PHH) nach intraventrikulärer Blutung (IVH), bei 8 Kindern konnte eine Aquäduktstenose mit daraus folgendem connatalen Hydrocephalus nachgewiesen werden.

Die Erstversorgung der Kinder mit einem connatalen Hydrocephalus erfolgte im Alter von 11,6 Tagen (Min. 1 Tag, Max. 31 Tage). Zu diesem Zeitpunkt wogen die Kinder durchschnittlich 1962 g (Min.1000 g, Max. 2500 g). Bei allen 8 Kindern wurde ein ventrikulo-peritoneales (v-p) Shuntsystem implantiert. Dieser Ersteingriff dauerte durchschnittlich 52 min. (Min. 20 min., Max. 155 min). Bei 4 Kindern stellte dieser Eingriff die gewünschte one-step Versorgung dar. Bei 2 Kindern musste bisher der distale Katheter verlängert. Die Eingriffe dauerten im Durchschnitt 75 min. (Min. 60 min., Max. 95 min.). Bei 3 Kindern musste der Ventrikelkatheter bei Dysfunktion erneuert werden. Die Eingriffe dauerten im Durchschnitt 78 min (Min. 70 min, Max. 95 min.).14 Kinder mit einem PHH erhielten im Rahmen der Erstoperation ein Shuntsystem, 17 Kinder erhielten primär ein Rickham-Reservoir. Die Erstoperation erfolgte nach durchschnittlich 43,2 Tagen (Min.0 Tage, Max.102 Tage). Die Implantation eines Shuntsystems dauerte durchschnittlich 49 min (Min. 30 min, Max. 95 min). Die Anlage einer Rickham-Kapsel als Primäreingriff dauerte 52 min (Min. 20 min, Max. 155 min). Zum Zeitpunkt der Erstoperation lag bei diesen Kindern im Mittel ein Körpergewicht von 1214,7 g (Min. 700 g, Max. 2300 g) vor.

Alle nachuntersuchten Kinder, die primär mit einem Rickham-Reservoir versorgt worden waren, wurden shuntpflichtig. Hier war mindestens eine Folgeoperation, die Implantation eines v-p Shuntsystems, notwendig. Bei 7 Kindern, die primär mit einem Shuntsystem versorgt worden waren, stellte dieser Eingriff bis heute die einzige Operation dar. Bei 2 Kindern musste lediglich der distale Katheter verlängert werden. Bei 5 Kindern traten Komplikationen auf, die weitere Eingriffe nötig machten.

Insgesamt zeigten 26 Kinder (66,7%) eine normale bis leicht verzögerte Entwicklung. 7 dieser Kinder gehörten zur Gruppe der connatalen Hydrocephalie, die primär mit einem Shuntsystem versorgt wurden. Von 19 Kindern mit einem PHH, die eine normale bis leicht verzögerte Entwicklung zeigten, hatten 14 eine II-III° Blutung und 5 eine III-IV° Blutung erlitten. In dieser Gruppe erhielten 7 Kinder primär ein Shuntsystem, 12 Kinder ein Rickham-Reservoir. Eine deutlich verzögerte Entwicklung fand sich bei 12 Kindern (30,8%). Hierbei gehörte ein Kind zur Gruppe der connatalen Hydrocephalie. 11 Kinder gehörten zur Gruppe der posthämorrhagischen Hydrocephalie. Bei 6 Kindern war eine II-III° Blutung vorangegangen, bei 5 Kindern eine III-IV° Blutung. Hier war bei 6 Kindern eine Shuntimplantation als Primäreingriff vorausgegangen, bei 5 die Implantation eines Rickham-Reservoirs. Ein Kind mit Z.n. II gradiger IVH, das primär ein Rickham-Reservoir erhielt, fällt aus der Beobachtung, nachdem es, nach Umzug der Eltern, nicht mehr zur Nachuntersuchung erschien.

## 4. Diskussion

### 4.1. Inzidenz und Pathogenese

Welchen Stellenwert das Thema frühkindlicher Hydrocephalus einnimmt, wird erneut deutlich, wenn man die hohe Inzidenzrate des posthämorrhagischen und connatalen Hydrocephalus der Frühgeborenen betrachtet. Zwar kann aus unserer retrospektiven Untersuchung keine Inzidenzrate ermittelt werden, die Berücksichtigung der Inzidenz des PHH aus anderen Studien [1, 74, 62, 57] und die Entwicklung in den letzten Jahren zeigen aber, dass der Hydrocephalus des frühen Kindesalters ein an Bedeutung zunehmendes Krankheitsbild ist. In den letzten 20 Jahren konnte eine deutliche Abnahme der Mortalitätsrate der Kinder mit einem Geburtsgewicht zwischen 700 und 1500 g verzeichnet werden. Ahmann gibt 1978 noch eine Mortalität von 55% [1] an, bis 1997 sinkt diese Rate auf 0-31% in den Untersuchungen von Levy und vergleichbare 15% bei Roland [74, 55].

Die Inzidenz für eine IVH sank nicht signifikant und damit stieg die Anzahl der Patienten mit einer IVH. Bereits 1978 gibt Papille die Inzidenz für eine solche Blutung mit 43% bei Kindern mit einem Geburtsgewicht von unter 1500 g an [66]. Levene [52] und Dolfin [19] beschreiben in ihren Studien eine Inzidenz von 34%, wobei sich auch hier viele Kinder (45%) in der Gruppe der Kinder unter 1500 g und in einem Gestationsalter von unter 29 Wochen finden. Je geringer das Körpergewicht der Kinder, desto höher ist also die Wahrscheinlichkeit einer IVH. Dieser Gesichtspunkt wird von Marks [58] über 10 Jahre später in einer differenzierten Studie verdeutlicht. Er gibt eine Inzidenz von 24,6% für Kinder mit einem Geburtsgewicht unter 2000 g, 31% für Kinder mit einem Geburtsgewicht unter 1500 g und sogar bis zu 50% bei einem Geburtsgewicht unter 1250 g an. In der aktuelleren Studie von Antoniuk [3] wird die Inzidenz in der Gruppe der Kinder unter 1500 g Geburtsgewicht und einem Gestationsalter unter 32 Wochen immer noch mit 20-40% angegeben.

In der Kinderklinik der Universität Ulm wurden im Beobachtungszeitraum insgesamt 3147 Kinder auf der Kinderintensivstation betreut. Die großen Erfahrungen und sicherlich auch die technische Entwicklung ließen in der Kinderklinik der Universität Ulm die Mortalität der Frühgeborenen mit einem Geburtsgewicht zwischen 700 und 1500 g auf 15% sinken. In dieser Gruppe lag die Inzidenz einer IVH bei 31%, in der Gruppe von

1500-2000 g betrug sie hingegen nur 25%. 55 dieser Kinder unter 1500g erlitten eine III-IV° IVH (8,6%), 5 eine II° Blutung (0,8%) und wurden engmaschig beobachtet. Bei 25.5% der Kinder unter 1500 g konnte dann ein PHH festgestellt werden.

Als Grund für die IVH ist an erster Stelle das unreife pulmonale System mit dem Mangel an Surfactant zu nennen. Des Weiteren haben die Frühgeburten noch ein äußerst vulnerables Gefäßsystem. Dieses erklärt sich aus der germinalen Matrix, einem unreifen Netz an Gefäßen in den Wänden der Seitenventrikel, deren Struktur hauptsächlich aus Endothelzellen besteht und noch keine Adventitiafasern ausgebildet hat [44, 77, 11, 69, 22, 55]. Im zweiten Trimenon der Schwangerschaft (25. – 37. Gestationswoche) ist dieses Gefäßnetz in der Ventrikelwand prominent und vulnerabel, so dass Blutdruckschwankungen, Hyperkapnie, schnelle Volumenexpansion, systemische Hypotension und ähnliche Faktoren angesichts der insuffizienten Autoregulation dieses Gefäßnetzes zu einer Ruptur und damit zur Blutung führen können [30, 90, 81, 99]. Diese IVH kann nun, wie bereits erwähnt, auf unterschiedliche Art zu einem PHH führen. Ahmann [1] beschreibt 1980 diese Entstehung eines PHH bei 22% der von ihm untersuchten Kinder mit IVH. Bei 33% dieser Patienten beobachtete er nach 4 Wochen, unter wiederholten Liquorpunktionen, einen Stillstand des Hydrocephalus in einem sogenannten "arrested Hydrocephalus", der nicht weiter versorgt werden musste. Die restlichen Kinder zeigten das klinische Bild eines progredienten Hydrocephalus und bedurften somit einer weiteren Versorgung.

Levene [53] untersuchte 39 Frühchen mit einer IVH und fand bei 15 (39%) einen PHH. Bei 3 (7,5%) Kindern entwickelte sich ein rasch progredienter Hydrocephalus und die Kinder mussten operativ versorgt werden. Bei 8 Kindern (21%) entwickelte sich ein arrested Hydrocephalus und bei 4 Kindern (10%) zeigte sich in weiteren Beobachtungen eine komplette Remission der Ventrikulomegalie. Roland [74] gibt die Inzidenz des behandlungsbedürftigen PHH mit 35% bei Frühgeburten und die Zahl der Kinder mit einem nicht behandlungsbedürftigen arrested Hydrocephalus mit 65% an. Kazan gibt in einer Untersuchung von 2005 eine Inzidenz von 26% für eine PHH nach IVH an [114].

Die Pathogenese des connatalen Hydrocephalus ist, wie an anderer Stelle bereits erwähnt, immer noch nicht ganz geklärt.

Die Inzidenz des connatalen Hydrocephalus des Neugeborenen als alleinige Erkrankung wird mit 0,9 – 1,5 pro 1000 Geburten wesentlich niedriger angegeben als die des PHH [59, 51, 37] und hat sich in den letzten Jahrzehnten konstant gehalten, wie aktuellere

Studien von Sipek [118] mit 0,64 pro 1000 Geburten oder Chi [117] mit 0,2 – 0,8 pro 1000 Geburten zeigen.

## 4.2. Therapie

Das Ziel der bestmöglichen Versorgung der Frühgeborenen mit einem symptomatischen Hydrocephalus setzt eine enge Zusammenarbeit von Pädiater und Neurochirurgen voraus. Erreicht werden soll eine weitgehend normale geistige Entwicklung der Kinder. Die unterschiedlichen Methoden, dieses Ziel zu erreichen werden noch immer kontrovers betrachtet. In den meisten Studien wird die Vermeidung der Shuntimplantation, um eine Shuntabhängigkeit zu verhindern, angestrebt. Oder es wird empfohlen, die Shuntimplantation bis zu einem Gewicht von 2000 g hinauszuzögern [34, 44, 74, 83, 85, 95, 57]. Als Grund hierfür wird ein hohes Operationsrisiko, schlechte Wundheilung und hohe Frühkomplikationen wie Infektion und Shuntobliteration angegeben [83, 85, 70, 16]. Andere Studien empfehlen eine möglichst frühzeitige Shuntimplantation um die bestmögliche Entwicklung der Kinder zu sichern [35, 93].

In der vorliegenden Arbeit sollte im Rahmen der retrospektiven Auswertung ermittelt werden, ob ein Unterschied in der Entwicklung der Kinder in den Gruppen derer, die primär mit Shuntsystem versorgt wurden und derer, die primär mit Rickham-Reservoir versorgt wurden, vorliegt. Die Entscheidung über die Art des Primäreingriffes oblag dem Operateur. Wenn die Hautverhältnisse es zuließen, erfolgte primär die Implantation eines Shuntsystemes, auch wenn das Körpergewicht der Kinder unter den in vielen Studien empfohlenen 2000 g lag [74, 56, 16, 83, 14, 34, 41, 42]. Der v.-p. Shunt wurde bevorzugt. Die Implantation ist von der Technik her bei derart kleinen Kindern wesentlich einfacher als die Anlage eines v.-a. Shuntes [76], die Operationszeiten sind somit geringer und eine intraoperative Röntgenkontrolle ist nicht erforderlich. Die Anlage eines ca. 20 – 40 cm langen Peritonealkatheters als Wachstumsreserve ist möglich, so dass die Revisionsoperation zur Verlängerung des Peritonealkatheters hinausgezögert werden kann. In einigen Studien wird sogar die Verwendung eines 90 cm langen Peritonealkatheters angegeben, ohne dass intraabdominelle Komplikationen beschrieben werden [76].

Bei ungünstigeren Hautverhältnissen stehen bis zum Erreichen besserer Operationsbedingungen mehrere Therapieoptionen zur Verfügung. Es können z.B. wiederholte Lumbalpunktionen durchgeführt werden. Ein Vorgehen, das bereits in älteren Studien von Chaplin favorisiert wurde [14]. Er sah hier eine große Chance, die

Entwicklung eines PHH zu verhindern und eine Shuntimplantation der Kinder zu vermeiden. 1980 konnte jedoch Mantovani [56] in einer prospektiven Studie an 48 Frühchen, die einen PHH nach IVH entwickelten, keinen positiven Effekt in wiederholten Lumbalpunktionen auf die Entstehung eines PHH nachweisen. Er sieht jedoch in den Punktionen das Mittel der Wahl, um die Zeit zu überbrücken, bis die Kinder ein Gewicht von über 2000 g erreicht haben. Gerade bei Frühgeborenen erfordert diese Methode jedoch sehr erfahrene Ärzte. Und sie stellt allein durch die notwendige Lagerung zur Punktion eine nicht unerhebliche Belastung für die meist beatmeten Kinder dar [76]. Auch das Risiko einer Infektion oder lokaler Verletzung ist nicht zu unterschätzen. Eine Studie von 1990 gibt das Risiko einer iatrogenen Meningitis bei dieser Therapie sogar mit bis zu 27% an [84].

Rahman [70] schlägt die Implantation eines ventrikulo-subgalealen Shuntes für Kinder mit einem Gewicht unter 1500 g vor. In seiner Studie an 15 Kindern mit einem Gewicht von unter 1500 g und dem Zustand nach IVH, konnten alle Kinder problemlos bei einer Narkosezeit, die deutlich unter einer Implantation eines ventrikulo-peritonealen Shuntes lag, mit einem solchen Shuntsystem versorgt werden. Infektionen traten keine auf. Bei 3 Kindern war keine weitere operative Behandlung notwendig. Bei den verbleibenden 12 Kindern konnte so die Zeit überbrückt werden bis der optimale Zeitpunkt zur Implantation eines v-p Shuntes erreicht war. Zusammenfassend betrachtet besteht also kein wesentlicher Unterschied zur Implantation eines Rickham-Reservoirs. Der Eingriff ist nur dahingehend belastender für das Kind, dass bei Anlage eines ventrikulo-subgalealen Shuntes eine größere subkutane Tasche, in der das System zu liegen kommt, geschaffen werden muss, was ein erhöhtes Risiko für Wundheilungsstörungen bedeuten kann.

Die Anlage einer externen Ventrikeldrainage wird z.B. von Cornips [16] empfohlen. Die EVD wurde von ihm über einen Zeitraum von durchschnittlich 38,5 Tagen belassen. Infektionen oder drainagebedingte Probleme werden nicht beschrieben. Bei 5 von 14 untersuchten Kindern konnte so eine Shuntanlage umgangen werden. Bei 9 Kindern wurde die Implantation des Shuntsystemes hinausgezögert bis die Kinder ein Gewicht von 2000 g erreicht hatten. Der Vorteil dieser Methode liegt sicherlich darin, dass der ICP hierdurch konstant niedrig gehalten werden kann. Nach Angaben von Volpe besteht ein Risiko einer Infektion bei EVD von 5% [91] gemäß anderer Studien sogar bis zu 27% [31, 71]. Zusätzlich beinhaltet der Flüssigkeits- und Elektrolytverlust die Möglichkeit einer

Elektrolytentgleisung, so dass die Kinder gleichzeitig immer medikamentös ausgeglichen und genauestens bilanziert werden müssen [31, 71].

Eine weitere Therapieoption, die auch wir anwenden, ist die Implantation eines Rickham-Reservoirs. Bereits 1965 wurde dieses subkutane Reservoir von Rickham zur Behandlung des Hydrocephalus entwickelt. 1980 wurde es dann auch erstmals zur Behandlung von Frühchen mit einem PHH verwendet. In aktuellen Studien z.B. von Heep [34] wird die Methode favorisiert. Er führte bei 20 untersuchten Kindern im Mittel 71 Rickham-Reservoir Punktionen durch. Die Infektionsrate lag bei 5%, andere Komplikationen wie Wundheilungsstörung oder subdurale Hygrome werden mit 15% angegeben.

Auch in anderen Untersuchungen wird hier bei sorgfältiger Punktion ein deutlich geringeres Infektionsrisiko als bei transfontanellärer Punktion angegeben [71, 74]. Der intrakranielle Druck wird durch die Punktion nur kurzzeitig korrigiert. Druckspitzen können zwischen den einzelnen Punktionen nicht sicher vermieden werden, genauso wenig wie ein deutlicher, unphysiologischer Druckabfall während der Punktion. Ebenfalls ist die Menge des jeweils abgelassenen Liquors begrenzt, da das Absinken des intrakraniellen Druckes bei zu großer Punktionsmenge eine erneute Blutung provozieren kann. Auch diese wiederholten Punktionen stellen für das Kind eine schmerzhafteste Prozedur dar. Verglichen mit wiederholten Punktionen transfontanellär und lumbal bestehen hier jedoch für das Frühgeborene weniger Schmerzen und Stress, und damit eine geringere Gefahr einer erneuten IVH. Das Verletzungsrisiko von Nervenstrukturen wird durch das Reservoir ausgeschlossen. In einigen Studien wird die Anlage des Reservoirs grundsätzlich der Shuntanlage vorgezogen. Wiederholte Liquorpunktionen sollen so einfach über einen längeren Zeitraum durchführbar sein und man will versuchen, dem Kind eine unnötige Shuntabhängigkeit zu ersparen [94, 16, 47].

In der vorliegenden Arbeit benötigte lediglich ein Kind von 17, denen primär ein Rickham-Reservoir implantiert wurde, keine Shuntanlage. Da dieses Kind jedoch nicht über den gesamten Beobachtungszeitraum betreut werden konnte, kann hier keine endgültige Aussage getroffen werden. Bei 16 Kindern war somit eine zweite Operation nötig.

Insgesamt 22 der 39 Kinder mit einem Shunt (14 Kinder mit posthämorrhagischem, 8 mit connatalem Hydrocephalus), 17 mit einem Rickham-Reservoir erstversorgt. Das Körpergewicht zum Zeitpunkt der Operation lag bei den Kindern mit einem connatalen Hydrocephalus durchschnittlich bei 1962 g (Min. 1000 g, Max. 2500 g), bei den Kindern mit einem PHH bei 1214,7 g (Min 700 g, Max. 2300 g).

Die Operationszeiten des Primäreingriffes variierten von Rickham-Reservoir zu Shuntsystem. Erstaunlicherweise lag bei uns die Operationsdauer bei Implantation einer Rickham-Kapsel zur Primärversorgung mit durchschnittlich 52 min (Minimum 20 min, Maximum 155 min) nur unwesentlich unter der Zeit einer Shuntimplantation mit durchschnittlich 57 min (Minimum 30 min, Maximum 95 min). Bei Durchsicht der Operationsberichte konnten die längeren Operationszeiten bei der Implantation eines Rickham-Reservoirs jedoch einem Operateur zugeschrieben werden, der sich bevorzugt zu den primären Reservoirimplantationen entschloss. Intraoperative Komplikationen lagen hier nicht vor und auch postoperative Komplikationen traten hier nicht häufiger auf.

### **4.3. Komplikationen**

Die Implantation des Shuntsystems, die von der Durchführung her einfach und von relativ geringem Zeitaufwand ist, gestaltet sich bei Frühgeborenen mit einem Geburtsgewicht weit unter 2500 g und zusätzlichen Beeinträchtigungen von Seiten der Lunge oder des Darmes schwierig und ist nach der allgemeinen Ansicht häufig mit Komplikationen verbunden.

Bei Beurteilung der Komplikationen unterschieden wir mehrere Punkte. Als häufigste Komplikationen werden in der Literatur nach Shuntanlage bei Frühgeborenen die Infektion und Shuntobstruktion angegeben [12, 46, 83, 59, 76]. Letzteres wäre durch die Blutungsreste und Eiweißerhöhung zu erklären. Die Infektionsrate liegt in älteren Studien noch bei über 20% [110]. Gängige Studien von Matsumoto [59] geben eine niedrigere Infektionsrate (Primär- und Folgeoperationen zusammengenommen) von 4,6% an. In aktuelleren Studien liegt sie zwischen 6 und 12%. [46, 12, 76, 83].

Bei den untersuchten Kindern trat bei 5 von 39 Kindern (12%) eine Infektion kurz nach dem Primäreingriff auf, so dass hier ein Zusammenhang mit der Operation zu sehen ist.

In 4 Fällen trat die Infektion als Folge einer Nahtdehiszenz auf und wäre retrospektiv betrachtet wahrscheinlich vermeidbar gewesen. In einem Fall ist die Infektion auf mangelnde Sterilität bei der Punktion zurückzuführen. Auch dies wäre vermeidbar gewesen. Primär- und Folgeoperationen zusammengenommen, traten bei 6 Kindern in 85 Operationen Infektionen auf (7,1 %), die in Zusammenhang mit dem Eingriff zu sehen sind. Damit liegt die Infektionsrate zwar im Bereich derer anderer Studien, ist aber immer noch zu hoch. Bezogen auf die Differenzierung nach der Primärversorgung ist festzustellen, dass 5 der Kinder bei denen Infektionen auftraten zur Gruppe der PHH

gehörten und bei 3 Kindern primär ein Shuntsystem und bei 2 Kindern primär ein Rickham-Reservoir implantiert worden war. Lediglich ein Kind gehörte zur Gruppe der connatalen Hydrocephalie, bei denen bereits im Rahmen der Erstoperation die Shuntanlage erfolgt war.

Als weitere Komplikation wird die Shuntobstruktion mit einer Rate von 40-50% angegeben [46, 12, 76, 83]. Von den untersuchten Patienten musste bei insgesamt 7 Kindern (18%) eine Revision des verschlossenen Ventrikelkatheters durchgeführt werden. Bei 5 dieser Kinder lag ein PHH vor, 4 Kindern waren primär mit einem Shunt, eines mit Rickham-Reservoir versorgt worden. Die verbleibenden 2 Kinder gehörten zur Gruppe der connatalen Hydrocephalie.

Als zusätzliche Komplikation ist in unserer Untersuchung der isolierte Aufstau des 4. Ventrikels zu nennen, den 4 Kinder zeigten (2 nach primärer Anlage eines Shuntsystems, 2 nach primärer Implantation eines Rickham-Reservoirs). Der aufgestaute Ventrikel wurde zugeschaltet. Bei 2 Kindern kam es zu einem isolierten Aufstau eines Seitenventrikels. Hier wurde ebenfalls ein eigener Ventrikelkatheter implantiert und an das liegende System angeschlossen. Beides sowohl der Aufstau des 4. Ventrikels als auch der isolierte Aufstau eines Seitenventrikels trat nur bei Kindern mit einem PHH auf.

#### **4.4. Entwicklung**

Eine im Jahr 2000 in Großbritannien durchgeführte Studie an Kindern, die zwischen der 25 und 30 Schwangerschaftswoche geboren wurden, stellt fest, dass Frühgeburtlichkeit allein schon Ursache für Entwicklungsstörungen sein kann [97]. Nur 49% der untersuchten Kinder zeigten keine Auffälligkeiten in ihrer geistigen Entwicklung. Ein ähnliches Ergebnis präsentiert eine in Heidelberg durchgeführte Studie [96]. Kommt es zusätzlich zu einer IVH und anschließender Entwicklung eines Hydrocephalus, verschlechtert sich die Prognose für eine normale Entwicklung weiter. Wille [96] beschreibt bei 73% der Frühchen mit einem PHH Störungen in der neurologischen Entwicklung. Brand [8] fand lediglich bei 25% von 16 Frühgeborenen mit PHH eine altersentsprechende Entwicklung, eine mäßig retardierte Entwicklung bei 62,5% und eine schwer retardierte Entwicklung bei 12,5% dieser Kinder. In einer aktuelleren Studie von Casey [12] wurden 155 Kinder mit

Hydrocephalus untersucht. Bei PHH entwickelten sich 52% normal. Bei den Kindern mit einem connatalen Hydrocephalus zeigten 60% eine normale Entwicklung. Dieses Ergebnis spiegelt sich auch in einer Untersuchung von Heinsbergen [35] wieder. Er untersuchte Risikofaktoren für ein schlechtes Outcome in der Entwicklung von Kindern mit einem shuntversorgtem Hydrocephalus. Auch in seiner Studie ist ein PHH ein hohes Risiko für ein schlechtes Outcome. Zusätzlich stellt er fest, dass die Entwicklung dieser Kinder noch schlechter wird, wenn die Shuntoperation mehr als einen Monat nach der Geburt stattfindet und mehr als 2 Revisionsoperationen notwendig sind. Leider wurden in seine Studie nur Kinder nach primärer Shuntanlage untersucht, so dass ein direkter Vergleich mit dem vorliegenden Patientengut nicht möglich ist, wenn auch die gleichen Entwicklungstendenzen deutlich werden. Futagi [28] untersuchte 38 Kinder, bei denen ein Hydrocephalus diagnostiziert worden war und denen ein Shuntsystem implantiert wurde. 21% der Kinder entwickelten sich normal, 18% zeigten eine globale Retardierung, 3% entwickelten sich verzögert und 58% zeigten Defizite in der motorischen Entwicklung. Sicherlich hängt die Entwicklung der Kinder bei frühzeitiger Therapie weniger von der Entwicklung eines PHH, als von dem Schaden, den die Blutung verursacht hat, ab [35, 55]. Ein Kind mit einer I gradigen Blutung hat bessere Chancen auf eine altersentsprechende Entwicklung als ein Kind mit einer IV gradigen IVH [96, 97, 55, 42, 48]. Die Entwicklung der Kinder mit einem connatalen Hydrocephalus ist insgesamt deutlich besser [35, 28, 79, 12].

In der vorliegenden Arbeit erfolgte eine Einteilung der Kinder entsprechend ihrer Entwicklung in folgende Gruppen:

- Altersentsprechende Entwicklung
- Leicht verzögerte Entwicklung (korrigiert nach dem geringeren Gestationsalter )
- Deutlich verzögerte Entwicklung (mit manifester Behinderung)
- Globale Retardierung (bezogen auf kognitiven und motorischen Bereich)

Die Einteilung erfolgte in Anlehnung an andere Studien, wie z.B. von Wille [63]. Hier wurde allerdings eine noch etwas differenziertere Einteilung in 5 mögliche Entwicklungsgruppen vorgenommen. Insgesamt spiegelt die Auswertung die Ergebnisse anderer Studien wieder [8, 63, 79, 93]. Im Vergleich zeigen die versorgten Kinder mit einem PHH jedoch bessere Entwicklungstendenzen. 19 der Kinder (62%) mit einem PHH entwickelten sich altersentsprechend oder mit leichter Entwicklungsverzögerung. 11 Kinder (37%) zeigten eine deutliche Entwicklungsretardierung.

Bezogen auf den Ersteingriff konnte festgestellt werden, dass von den 17 primär mit Rickham versorgten Kindern 12 (70,6%) eine normale bis leicht verzögerte Entwicklung zeigen. Bei den 14 primär mit Shunt versorgten Kindern ist dies bei 7 Kindern (50%) der Fall. Die Entwicklung eines Kindes mit PHH, bei dem primär ein Rickham-Reservoir implantiert wurde, konnte aufgrund fehlender Nachuntersuchungen nicht komplett erfasst werden.

Die Kinder mit einem idiopathischen Hydrocephalus zeigten eine erwartungsgemäß günstigere Entwicklung. 7 Kinder (87,5%) entwickelten sich altersentsprechend oder mit leichter Verzögerung und lediglich ein Kind zeigte eine deutliche Entwicklungsverzögerung, die bisher, trotz intensiver Therapie, keine Fortschritte zeigt. Eine globale Retardierung war bei keinem der Kinder dieser Gruppe nachweisbar.

#### **4.5. Subjektive Beurteilung**

Die technischen Möglichkeiten lassen es heute zu, dass eine frühe Diagnosestellung des connatalen (noch in utero) [33], sowie des posthämorrhagischen Hydrocephalus durch Ultraschall möglich ist.

Ist die Diagnose gesichert, muss eine intensive Überwachung der Kinder mit engmaschigen Ultraschallkontrollen erfolgen. Stellt sich das Bild eines symptomatischen Hydrocephalus ein, ist eine frühestmögliche Therapie erforderlich. Es bieten sich zwei adäquate Behandlungsoptionen an: Implantation eines Shuntsystems oder Implantation eines Rickham-Reservoirs. Die Art des gewählten Eingriffes richtet sich nach den individuellen Gegebenheiten des Patienten. Bei für eine Shuntimplantation ungünstigen Hautverhältnissen, sollte die Anlage eines Rickham-Reservoirs erfolgen [19, 46, 48]. Die Anlage ist von geringer Belastung für die Kinder, die anschließenden Punktionen sind einfach und sicher durchzuführen. Die Infektionsrate liegt bei sorgfältiger Arbeit niedriger als bei der transfontanellären oder lumbalen Liquorpunktion [10, 20, 37, 62]. Der Eingriff stellt eine sinnvolle Überbrückungsmöglichkeit bis zur Shuntimplantation dar. Im Rahmen unserer bisherigen Kontrollen war lediglich bei einem der primär mit Rickham-Reservoir versorgten Kinder kein erneuter Eingriff notwendig (5,9%). Die restlichen 16 Kinder (94,1%) mussten sekundär mit einem Shuntsystem versorgt werden. Die Versorgung mit einem Shuntsystem sollte dann erfolgen, wenn es trotz regelmäßiger Liquorpunktionen zum Fortschreiten des Hydrocephalus kommt. Der Versuch, eine Shuntanlage zu vermeiden, insbesondere bei I oder II gradiger Blutung, ist sicherlich gerechtfertigt, er

sollte aber nicht zu lange und nur unter pädiatrischer Überwachung durchgeführt werden. Diese Meinung unterstützt auch die Studie von Futagi [29], der hier einen Zusammenhang in der frühen Entwicklung des Hydrocephalus, deutlicher Ventrikelerweiterung bei später Therapie und ungünstiger neurologischer Entwicklung der Kinder sieht.

In der vorliegenden Auswertung hat sich gezeigt, dass von 39 Kindern mit einem symptomatischen Hydrocephalus lediglich 1 Kind mit einem PHH nicht shuntpflichtig geworden ist. Die Kinder mit einem connatalen Hydrocephalus wurden erwartungsgemäß alle shuntpflichtig. Somit kann eine frühe Shuntanlage als one-step Versorgung, sogar bei einem Frühgeborenen mit einem Körpergewicht unter 2000 g, sinnvoll und anzustreben sein. Diese one-step Versorgung war bei 11 Kindern (28%) möglich, bei einem Kind war bisher lediglich die Verlängerung des Peritonealkatheters notwendig. Bei 10 Kindern stellte die sekundäre Shuntanlage nach Implantation eines Rickham-Reservoirs die definitive Versorgung dar. Hier war bei 2 Kindern bisher die Peritonealkatheterverlängerung der einzige notwendige Zweiteingriff.

Somit verbleiben 15 Kinder, die weiterer operativer Versorgung bedurften. Diese Zahl ist immer noch zu groß. Insbesondere die Zahl der revisionsbedürftigen Ventrikelkatheter nach primärer Shuntanlage mit insgesamt 6 Kindern (15,4%) ist sehr hoch. Die Revision eines Ventrikelkatheters nach sekundärer Shuntanlage war nur bei einem Kind notwendig. Retrospektiv lässt sich zusammenfassend sagen, dass die Implantation eines v.-p. Shuntsystems bei einem Frühgeborenen zwar technisch gesehen ein einfacher Eingriff ist, jedoch nicht von einem unerfahrenen Assistenzarzt durchgeführt werden sollte. Für eine erfolgreiche Operation sind sehr erfahrene Operateure notwendig. Die Operationszeiten sollten kurz gehalten werden. Die Eingriffe sind so atraumatisch wie möglich durchzuführen. Unabdingbar ist auch eine strikte Einhaltung der Sterilität aller Beteiligten im Operationssaal. Dies kann nur von einem routinierten Team gewährleistet werden und sollte spezialisierten Kliniken vorbehalten bleiben.

Bezüglich der Entwicklung der Kinder konnten in der vorliegenden Untersuchung die Ergebnisse mehrerer vorangegangener Studien [89, 68, 43, 38, 55] nur bestätigen, dass der Schaden, den die Blutung angerichtet hat, auch durch die Anlage eines Shuntsystems nicht beseitigt werden kann. Eine frühe, suffiziente Versorgung der Kinder scheint jedoch die bestmögliche Entwicklung zu unterstützen. Insgesamt zeigten von den Kindern mit einem PHH 19 (63%) eine normale bis leicht verzögerte Entwicklung. Ein Unterschied in der Entwicklung zwischen Kindern mit einem PHH, die primär mit Shunt oder Rickham-Reservoir versorgt wurden, kann nicht sicher festgehalten werden.

Von 14 primär mit Shunt versorgten Kindern zeigten 7 (50%) eine normale bis leicht verzögerte Entwicklung, von den 17 primär mit Rickham-Reservoir versorgten Kindern zeigten 12 (70,6%) eine normale bis leicht verzögerte Entwicklung. Von den Kindern mit einem connatalen Hydrocephalus ist dies bei 7 (87,5%) der Fall.

Diese Ergebnisse liegen über denen der erwähnten Vergleichsstudien. Allerdings können diese Ergebnisse nur als Tendenzen gesehen werden. Eine statistisch valide Aussage ist aufgrund des vorselektierten Patientengutes und der geringen Patientenzahl nicht möglich.

## 5. Zusammenfassung

In den letzten 20 Jahren konnte eine deutliche Abnahme der Mortalitätsrate der Kinder mit einem Geburtsgewicht zwischen 700 und 1500 g verzeichnet werden. Heute überleben ca. über 85% dieser Kinder. Jedoch sind diese Kinder besonders aufgrund der Unreife des intracerebralen Gefäßsystemes anfällig für eine intraventrikuläre Hämorrhagie (IVH). Die Inzidenz für eine IVH liegt bei Kindern mit einem Geburtsgewicht unter 1500 g bei ca. 31%, bei Kindern mit einem Geburtsgewicht unter 1250 g sogar bei bis zu 50% [58]. Die Inzidenz für die Entstehung eines posthämorrhagischen Hydrocephalus (PHH) nach einer solchen Blutung variiert je nach Studie zwischen 15 und 50%. Diese Zahl blieb auch mit sinkender Mortalitätsrate konstant. [66, 82, 96, 3, 77, 19, 23, 29, 31, 41, 42, 46, 17, 64, 65, 71, 80, 83, 91, 95].

Die Pathogenese des connatalen Hydrocephalus des Neugeborenen ist dagegen immer noch nicht ganz geklärt. Die Inzidenz wird mit 0,9 – 1,5 pro 1000 Geburten angegeben und bleibt konstant [55, 21, 59].

Über die Art und den Zeitpunkt der primären Versorgung des frühkindlichen Hydrocephalus bestehen noch immer unterschiedliche Ansichten [2, 14, 16, 21, 71, 115, 95]. Wir haben versucht in einer retrospektiven Untersuchung zu klären, ob diese Kinder von einer frühzeitigen Shuntanlage profitieren oder, ob das in einigen Studien proklamierte Hinauszögern der Shuntanlage bis zu einem Körpergewicht über 2500 g gerechtfertigt ist. Hierzu wurden retrospektiv die Daten von 39 Kindern mit einem symptomatischen Hydrocephalus, deren Körpergewicht zum Zeitpunkt der Operation unter 2500 g lag, ausgewertet. Von diesen 39 Kindern hatten 31 Kinder eine IVH, die zu einem PHH führte und 8 Kinder waren bereits intrauterin durch einen connatalen Hydrocephalus aufgefallen. Als Ursache lag hier eine Aquäduktstenose vor. 22 dieser Kinder wurden primär mit einem Shuntsystem versorgt, 17 mit einem Rickham-Reservoir, das wiederholt punktiert wurde. Bei 16 Kindern musste in einer weiteren Operation ein Shuntsystem implantiert werden. Ein Kind fiel aus der Beobachtung heraus.

Bei 19 Kindern mussten über die Shuntanlage hinaus Folgeeingriffe durchgeführt werden. Die Infektionsrate lag bezogen auf alle durchgeführten Operationen bei 7,1% und ist damit vergleichbar mit anderen Studien [83, 46, 12, 76].

Die Entwicklung der Kinder mit einem PHH war in erster Linie abhängig vom Grad der IVH. Insgesamt zeigten sich jedoch etwas bessere Entwicklungstendenzen als in vergleichbaren Studien [76, 89]. Die Kinder mit einem connatalen Hydrocephalus zeigten,

verglichen mit den Kindern, bei denen eine IVH vorangegangen war, bessere Entwicklungstendenzen. Hier trat bei nur einem Kind eine globale Retardierung auf.

Nach unseren Auswertungen sollte, wenn die individuellen Gegebenheiten es zulassen, eine frühzeitige primäre Versorgung mit Shuntsystem angestrebt werden. Dies kann die endgültige one-step Versorgung der Kinder sein. Die Implantation eines Rickham-Reservoirs stellt eine suffiziente Überbrückung der Versorgung bis zur endgültigen Shuntanlage dar [19, 46, 48]. Liquorpunktionen können durch das Reservoir schonend für das Kind und mit einer niedrigen Infektionsrate durchgeführt werden [10, 20, 37, 62]. Sowohl die Implantation des Rickham-Reservoirs als auch des Shuntsystems bedarf eines erfahrenen Operateurs, der niedrige Operationszeiten und, wegen der dünnen Hautverhältnisse, atraumatisches Arbeiten gewährleisten kann.

Die Entwicklung der Kinder hängt sowohl bei einem connatalen als auch bei einem PHH unter anderem von einer frühzeitigen adäquaten Versorgung ab. Bei einem PHH bestimmt das Ausmaß der Blutung den Umfang der Parenchymschädigung und damit die Entwicklungsfähigkeit. Insgesamt lagen die Entwicklungstendenzen unserer Kinder nach frühzeitiger operativer Versorgung höher als in vergleichbaren Studien [89, 68, 43, 38, 55]. Hierbei zeigte sich kein Unterschied in der Primärversorgung mit Shuntsystem oder Rickham-Reservoir.

Zusammenfassend liegen aber auch unsere postoperativen Komplikationen noch zu hoch. Eine weitere Verbesserung der operativen Vorgehensweise und Optimierung der postoperativen Versorgung ist aus unserer Sicht hier vonnöten.

## 6. Literatur

1. Ahmann, P. A., Schwartz, J. F., Lazarra, A. Dykes, F.D.: Intracerebral hemorrhage in high-risk prematures. *Trans Am Neurol Assoc* 103: 258-261 (1978)
2. Allan, W. C., Holt, P. J., Sawyer, L.R., Tito, A.M., Meade, S.K.: Ventricular dilation after neonatal periventricular-intraventricular hemorrhage. Natural history and therapeutic implications. *Am J Dis Child* 136: 589-593 (1982)
3. Antoniuk, S. and da Silva, R. V.: Periventricular and intraventricular hemorrhage in the premature infants. *Rev Neurol* 31: 238-243 (2000)
4. Aschoff, A., Kremer, P., Benesch, C., Fruh, K., Klank, A., Kunze, S.:  
Overdrainage and shunt technology. A critical comparison of programmable, hydrostatic and variable-resistance valves and flow-reducing devices  
*Childs Nerv Syst* 11: 193-202 (1995)
5. Aschoff, A., Kremer, P., Kunze, S., Hashemi, B.: The scientific history of hydrocephalus and its treatment. *Neurosurg Rev* 22: 67-93 (1999)
6. Black, P. M., Hakim, R., Bailey, N.O.: The use of the Codman-Medos Programmable Hakim valve in the management of patients with hydrocephalus: illustrative cases. *Neurosurgery* 34: 1110-1113 (1994)
7. Bradley, W. G., Jr.: Diagnostic tools in hydrocephalus. *Neurosurg Clin N Am* 12: 661-684 (2001)
8. Brand, M. and Ludwig, B.: Diagnostik, Symptomatik und Prognose intrakranieller Blutungen bei unreifen und reifen Neugeborenen.  
In: Haller, U., Wille, L.: Diagnostik intrakranieller Blutungen beim Neugeborenen. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: 130-138 (1983)
9. Brockmeyer, D., Abtin K., Carey, L., Walker, M.L.: Endoscopic third ventriculostomy: an outcome analysis. *Pediatr Neurosurg* 28: 236-240 (1998)

- 10.** Burstein, J., Papile, L. A., Burstein, R.: Subependymal germinal matrix and intraventricular hemorrhage in premature infants diagnosis by CT. *AJR Am J Roentgenol* 128: 971-976 (1977)
- 11.** Burstein, J., Papile, L. A., Burstein, R.: Intraventricular hemorrhage and hydrocephalus in premature newborns: a prospective study with CT. *AJR Am J Roentgenol* 132: 631-635 (1979)
- 12.** Buxton, N., Macarthur, D., Malluci, C., Punt, J., Vloeberhs, M.: Neuroendoscopic third ventriculostomy in patients less than 1 year old. *Pediatr Neurosurg* 29: 73-76 (1998)
- 13.** Casey, A. T., Kimmings, E. J., Kleinugtebeld, A.D., Taylor, W.A., Harknes, W.F., Hayward, R.D.: The long-term outlook for hydrocephalus in childhood. A ten-year cohort study of 155 patients. *Pediatr Neurosurg* 27: 63-70 (1997)
- 14.** Ceddia, A., Di Rocco, C., Ianelli, A., Lauretti, L.: Non-tumoral neonatal hydrocephalus. Results of surgical treatment in the first month of life. *Minerva Pediatr* 44: 445-450 (1992)
- 15.** Chaplin, E. R., Goldstein G. W., Myerberg, D.Z. Hunt, J. Tooley, W.: Posthemorrhagic hydrocephalus in the preterm infant. *Pediatrics* 65: 901-909 (1980)
- 16.** Cherian, S., Whitelaw, A., Thorsen, M., Love, S.: The pathogenesis of neonatal post-hemorrhagic hydrocephalus. *Brain Pathol* 14: 305-311 (2004)
- 17.** Cornips, E., Van Calenbergh, F., Plets, C., Devlieger, H., Casaer, P.: Use of external drainage for posthemorrhagic hydrocephalus in very low birth weight premature infants. *Childs Nerv Syst* 13: 369-374 (1997)
- 18.** Couchard, M., de Bethmann, O., Sciote, C., Dubois, B., Relier, J.P.: Measurement of the lateral ventricles by cerebral echography in the newborn infant. *Ann Radiol (Paris)* 27: 37-41 (1984)

- 19.** Cushing, H., Weed, L.H., Wegefath, W.: Studies on the cerebrospinal fluid and its pathways. *J med Res* 31: 1-16 (1914)
- 20.** Dandy, W.E. : The diagnosis and treatment of hydrocephalus resulting from strictures of the aqueduct of Sylvius. *Surg Gynecol Obste* 31: 340-358 (1920)
- 21.** Di Rocco, C.: Surgical outcome of neonatal Hydrocephalus  
In Matsumoto, S.; Tamaki, N. (eds): *Hydrocephalus. Pathogenesis and treatment.* Springer Verlag Tokyo Berlin Heidelberg : 546-551 (1991)
- 22.** Dolfin, T., Skidmore, M. B., Fong, K.W., Hoskins, E.M., Milligan, J.E., Moore, D.C., Shennan, A.T. : Perinatal factors that influence the incidence of subependymal and intraventricular hemorrhage in low birthweight infants. *Am J Perinatol* 1: 107-113 (1984)
- 23.** Drake, J., Sainte-Rose, C.: *The Shunt Book.* Blackwell Science, Ltd., Oxford (1995)
- 24.** Fletcher, J. M., Landry, S. H., Francis, D.J., Landry, S.H., Bohan, T.P., Davidson, K.C., Brookshire, B.L., Lachar, D., Kramer, L.A.: Effects of intraventricular hemorrhage and hydrocephalus on the long-term neuro-behavioral development of preterm very-low-birthweight infants. *Dev Med Child Neurol* 39: 596-606 (1997)
- 25.** Fransen, P., Doms, G., Thauvoy, C.: Safety of the adjustable pressure ventricular valve in magnetic resonance imaging: problems and solutions. *Neuroradiology* 34: 508-509 (1992)
- 26.** Fritsch, M. J. and Mehdorn, M.: Endoscopic intraventricular surgery for treatment of hydrocephalus and loculated CSF space in children less than one year of age. *Pediatr Neurosurg* 36: 183-188 (2002)
- 27.** Fusch, C., Ozdoba, C., Kuhn, P., Dürig, P., Remonda, L., Müller, C., Kaiser, G., Schroth, G., Moessinger, A.: Perinatal ultrasonography and magnetic resonance imaging findings in congenital hydrocephalus associated with fetal intraventricular hemorrhage. *Am J Obstet Gynecol* 177: 512-518 (1997)

- 28.** Futagi, Y., Suzuki, Y., Toribe, Y., Morimoto, K.: Neurodevelopmental outcome in children with fetal hydrocephalus. *Pediatr Neurol* 27: 111-116 (2002)
- 29.** Futagi, Y., Suzuki, Y., Toribe, Y., Nakano, H., Morimoto, K.: Neuro-developmental outcome in children with posthemorrhagic hydrocephalus. *Pediatr Neurol* 33: 26-32 (2005)
- 30.** Hambleton, G. and Wigglesworth, J. S.: Origin of intraventricular haemorrhage in the preterm infant. *Arch Dis Child* 51: 651-659 (1976)
- 31.** Hansen, A. R. and Snyder, E. Y.: Medical management of neonatal posthemorrhagic hydrocephalus. *Neurosurg Clin N Am* 9: 95-104 (1998)
- 32.** Hansen, N. B., Stonestreet, B. S., Rosenkrantz, T., Oh, W.: Validity of Doppler measurements of anterior cerebral artery blood flow velocity: correlation with brain blood flow in piglets. *Pediatrics* 72: 526-531 (1983)
- 33.** Hashimoto, I., Tada, K., Nakatsuka, M., Nakata, T., Inoue, N., Takata, M., Kudo, T., Joja, I.: Fetal hydrocephalus secondary to intraventricular hemorrhage diagnosed by ultrasonography and in utero fast magnetic resonance imaging. A case report. *Fetal Diagn Ther* 14: 248-253 (1999)
- 34.** Heep, A., Engelskirchen, R., Holschneider, A., Groneck, P.: Primary intervention for posthemorrhagic hydrocephalus in very low birthweight infants by ventriculostomy. *Childs Nerv Syst* 17: 47-51 (2001)
- 35.** Heinsbergen, I., Rotteveel, J., Roeleveld, N., Grotenhuis, A.: Outcome in shunted hydrocephalic children. *Eur J Paediatr Neurol* 6: 99-107 (2002)
- 36.** Hill, A., Shackelford, G. D., Volpe, J.: A potential mechanism of pathogenesis for early posthemorrhagic hydrocephalus in the premature newborn. *Pediatrics* 73: 19-21 (1984)

- 37.** Hill, A. and Volpe, J. J.: Normal pressure hydrocephalus in the new-born. *Pediatrics* 68: 623-629 (1981)
- 38.** Hojberg, A. S., Ebbesen, F., Lund, E. B., Agerholm, H.: Neurodevelopmental outcome in full-term infants with symptomatic intracranial hemorrhage of unknown aetiology. *Dan Med Bull* 44: 439-442 (1997)
- 39.** Hopf, N. J., Grunert, P., Fries, G., Resch, K. D., Perneczky, A.: Endoscopic third ventriculostomy: outcome analysis of 100 consecutive procedures. *Neurosurgery* 44: 795-804 (1999)
- 40.** Horbar, J. D., Walters, C. L., Philip, A.G.S., Lucey, J.: Ultrasound detection of changing ventricular size in posthemorrhagic hydrocephalus. *Pediatrics* 66: 674-678 (1980)
- 41.** Horinek, D., Cihar, M., Tichy, M.: Current methods in the treatment of posthemorrhagic hydrocephalus in infants. *Bratisl Lek Listy* 104: 347-351 (2003)
- 42.** Hudgins, R. J.: Posthemorrhagic hydrocephalus of infancy *Neurosurg Clin N Am* 12: 743-751 (2001)
- 43.** James, H. E., Bejar, R., Merritt, A., Gluck, L., Coen, R., Mannino, F.: Management of hydrocephalus secondary to intracranial hemorrhage in the high-risk newborn. *Neurosurgery* 14: 612-617 (1984)
- 44.** Jamjoom, A. B., Khalaf, N.F., Mohammed, A. A., Jamjoom, Z. A., Kashoggi, T. Y., Abdelbasit, O. B., Rahman, N. U.: Factors affecting the outcome of foetal hydrocephaly. *Acta Neurochir (Wien)* 140: 1121-1125 (1998)
- 45.** Javadpour, M., Mallucci, C., Brodbelt, A., Golash, A., May, P.: The impact of endoscopic third ventriculostomy on the management of newly diagnosed hydrocephalus in infants. *Pediatr Neurosurg* 35: 131-135 (2001)

- 46.** Key, E.A.H., Retzius, M.G.: Studien in der Anatomie des Nerven-systemes und des Binde-gewebes. P. A. Norstedt & Söner in Commision bei Samson and Wallin, Stockholm (1875)
- 47.** Kirby, C. L., C. Trotter, Carey, B. E.: Posthemorrhagic hydrocephalus: a complication of intraventricular hemorrhage. Neonatal Netw 21: 59-68 (2002)
- 48.** Kreusser, K. L., Tarby, T. J., Konvar, E., Taylor, D., Hill, A., Volpe, J.: Serial lumbar punctures for at least temporary amelioration of neonatal posthemorrhagic hydrocephalus. Pediatrics 75: 719-724 (1985)
- 49.** Koch, D. and Wagner, W.: Endoscopic third ventriculostomy in infants of less than 1 year of age: which factors influence the outcome?. Childs Nerv Syst 20: 405-411 (2004)
- 50.** Konrad, D. and Amato, M.: Neurosonographic findings in premature infants and infants with intrauterine growth retardation with a birth weight below 1,500 grams. Klin Padiatr 204: 362-37 (1992)
- 51.** Kunz, U., Goldmann, A., Bader, C., Waldbaur, H., Oldenkott, P.: Endoscopic fenestration of the 3rd ventricular floor in aqueductal stenosis. Minim Invasive Neurosurg 37: 42-47 (1994)
- 52.** Larroche, J. C.: Post-haemorrhagic hydrocephalus in infancy. Anatomical study. Biol Neonate 20: 287-299 (1972)
- 53.** Levene, M. I., Fawer, C. L, Lamont, R. L.: Risk factors in the development of intraventricular haemorrhage in the preterm neonate. Arch Dis Child 57: 410-417 (1982)
- 54.** Levene, M. I. and Starte D. R.: A longitudinal study of post-haemorrhagic ventricular dilatation in the newborn. Arch Dis Child 56: 905-910 (1981)
- 55.** Levy, M. L., Masri, L. S., McComb, J. G.: Outcome for preterm infants with germinal matrix hemorrhage and progressive hydrocephalus. Neuro-surgery 41: 1111-1117 (1997)

- 56.** Lindner,W., Pohlandt, F., Grab,D., Flock,F.: Acute respiratory failure and short-term outcome after premature rupture of the membranes and oligohydramnois before 20 weeks of gestation. JPediatr.140: 177-182 (2003)
- 57.** Magendi, F.J.: Recherche sur le liquide cephalorachidien. Mequignon-Mavis, Paris (1842)
- 58.** Mantovani, J. F., Pasternak, J. F., Mathew, O.P., Allan, W.C., Mills, M.T., Casper,J., Volpe, J.: Failure of daily lumbar punctures to prevent the development of hydrocephalus following intraventricular hemorrhage. J Pedi-atr 97: 278-281 (1980)
- 59.** Manzur, A.J. and Pasternak, J.F. : Incidence and management of posthemorrhagic hydrocephalus in premature newborns. Ann Neurol 36: 489 (1994)
- 60.** Marks, J. D. and Khoshnood, B.: Epidemiology of common neurosurgical diseases in the neonate. Neurosurg Clin N Am 9: 63-72 (1998)
- 61.** Matsumoto, S.: Pathogenesis of hydrocephalus. Neurol Med Chir (Tokyo) 16: 287-295 (1976)
- 62.** Mori, K.: Hydrocephalus-revision of its definition and classification with special reference to "intractable infantile hydrocephalus". Childs Nerv Syst 6: 198-204 (1990)
- 63.** Muller, W. D. and Urlesberger, B.: Correlation of ventricular size and head circumference after severe intra-periventricular haemorrhage in preterm infants. Childs Nerv Syst 8: 33-35 (1992)
- 64.** Naim-ur-Rahman, W. and Murshid, R.: Neurosurgical management of intraventricular hemorrhage in preterm infants. J Park Med Assoc 43: 195-200 (1993)
- 65.** Oikonomou, J., Aschoff,A., Hashemi, B., Kunze, S. : New valves-new dangers? 22 valves (38 probes) designed in the nineties in ultralong-term tests (365 days). Eur J Pediatr Surg 9: 23-26 (1999)

- 66.** Olischar, M., K. Klebermass, Kuhle, S., Hulek, M., Messerschmidt, A., Weninger, M.: Progressive posthemorrhagic hydrocephalus leads to changes of amplitude-integrated EEG activity in preterm infants. *Childs Nerv Syst* 20: 41-45 (2004)
- 67.** Owens, R.: Intraventricular hemorrhage in the premature neonate. *Neonatal Netw* 24: 55-71 (2005)
- 68.** Papile, L. A., Burstein, J., Burstein, R., Koffler, H. : Incidence and evolution of subependymal and intraventricular hemorrhage: a study of infants with birth weights less than 1,500 gm. *J Pediatr* 92: 529-534 (1978)
- 69.** Papile, L. A., Burstein, J., Koffler, H., Koops, B.L., Johnson, J.D. : Posthemorrhagic hydrocephalus in low-birth-weight infants: treatment by serial lumbar punctures. *J Pediatr* 97: 273-277 (1980)
- 70.** Papile, L. A., Munsick-Bruno, G., Weaver, N., Pecha, S.: Relationship of cerebral intraventricular hemorrhage and early childhood neurologic handicaps. *J Pediatr* 103: 273-277 (1983)
- 71.** Perlman, J. M. and Volpe J. J.: Intraventricular hemorrhage in extremely small premature infants. *Am J Dis Child* 140: 1122-1124 (1986)
- 72.** Pohlandt, F., Heckmann, M., Trotter, A., Lindner, W.: Epinephrine treatment of hypotension in very low birthweight infants. *Acta Paediatr.* 91:500-502 (2002)
- 73.** Rahman, S., Teo, C. Morris, W., Lao, D., Boop, F. A.:Ventriculo-subgaleal shunt: a treatment option for progressive posthemorrhagic hydrocephalus. *Childs Nerv Syst* 11: 650-654 (1995)
- 74.** Reinprecht, A., Dietrich, W., Berger, A., Bavinzski, G., Weninger, M., Czech, T.: Posthemorrhagic hydrocephalus in preterm infants: long-term follow-up and shunt-related complications. *Childs Nerv Syst* 17: 663-669 (2001)

- 75.** 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* 63: 36-41 (2005)
- 76.** Robinson, S. and Kaufman, B. A.: Outcome analysis of initial neonatal shunts: does the valve make a difference?. *Pediatr Neurosurg* 37: 287-294 (2002)
- 77.** Schneider, T., Knauff, U., Nitsch, J., Firsching, R.: Electromagnetic field hazards involving adjustable shunt valves in hydrocephalus. *J Neurosurg* 96: 331-334 (2002)
- 78.** Scott, M.: Surgical treatment of hydrocephalus. *J Neurosurg* 46: 267-268 (1977)
- 79.** Shapiro, K., Fried, A., Marmarou, A.: Biomechanical and hydrodynamic characterization of the hydrocephalic infant. *J Neurosurg* 63: 69-75 (1985)
- 80.** Silverboard, G., Horder, M. H., Ahmann, P.A., Lazzara, A., Schwartz, J.F.: Reliability of ultrasound in diagnosis of intracerebral hemorrhage and posthemorrhagic hydrocephalus: comparison with computed tomography. *Pediatrics* 66: 507-514 (1980)
- 81.** Sindou, M., Guyotat-Pelissou, I., Chidiac, A. Goutelle, A. : Trans-cutaneous pressure adjustable valve for the treatment of hydrocephalus and arachnoid cysts in adults. Experiences with 75 cases. *Acta Neurochir (Wien)* 121: 135-139 (1993)
- 82.** Soul, J. S., Eichenwald, E., Walter, G., Volpe, J. J., du Plessis, A. J.: CSF removal in infantile posthemorrhagic hydrocephalus results in significant improvement in cerebral hemodynamics. *Pediatr Res* 55: 872-876 (2004)
- 83.** Steck, W. : Die Posthämorrhagische Ventrikeldilatation des Frühgeborenen. Diss. Univ. Ulm (1995)
- 84.** Stewart, A. L., Reynolds, E. O., Hope, P.L., Hamilton, P.A., Bondin, J., del Castello, A., Bradford, B.C., Wyatt, J.S. : Probability of neurodevelopmental disorders estimated from ultrasound appearance of brains of very preterm infants. *Dev Med Child Neurol* 29: 3-11 (1987)

- 85.** Taylor, A. G. and Peter J. C., : Advantages of delayed VP shunting in post-haemorrhagic hydrocephalus seen in low-birth-weight infants. *Childs Nerv Syst* 17: 328-333 (2001)
- 86.** Ventriculomegaly Trial Group: Randomised trial of early tapping in neonatal posthemorrhagic ventricular dilatation. *Arch Dis Child* 65: 3-10 (1990)
- 87.** Vimont, J.: *Traité de phrenologie humaine et comparée* (1832)
- 88.** Vinchon, M., Lapeyre, F., Duquennoy, C., Dhellemmes, P.: Early treatment of posthemorrhagic hydrocephalus in low-birth-weight infants with valveless ventriculoperitoneal shunts. *Pediatr Neurosurg* 35: 299-300 (2001)
- 89.** Volpe, J. J.: Brain injury in the premature infant. Neuropathology, clinical aspects, pathogenesis, and prevention. *Clin Perinatol* 24: 567-587 (1997)
- 90.** Volpe, J. J.: Brain injury in the premature infant-from pathogenesis to prevention. *Brain Dev* 19: 519-534 (1997)
- 91.** Volpe, J. J.: Brain injury in the premature infant: overview of clinical aspects, neuropathology, and pathogenesis. *Semin Pediatr Neurol* 5: 135-151 (1998)
- 92.** Wakai, S.: Ventriculo-Peritoneal Shunt as an initial treatment modality for premature infants with hydrocephalus. In: Matsumoto, S.; Tamaki, N. (eds): *Hydrocephalus. Pathogenesis and treatment*. Springer Verlag Tokyo Berlin Heidelberg: 539-544 (1976)
- 93.** Whitelaw, A.: Repeated lumbar or ventricular punctures for preventing disability or shunt dependence in newborn infants with intraventricular hemorrhage. *Cochrane Database Syst Rev* (2000)
- 94.** Whitelaw, A., Cherian, S., Thoresen, M., Pople, I.: Posthaemorrhagic ventricular dilatation: new mechanisms and new treatment. *Acta Paediatr Suppl* 93: 11-14 (2004)

- 95.** Wille, L., Keller, U., Dillenz, M., Stenzel, K.: Early prognosis of intracranial hemorrhage in premature infants. *Monatsschr Kinderheilkd* 134: 422-427 (1986)
- 96.** Wood, N. S., Marlow, N., Costeloe, K., Gibson, A. T., Wilkinson, A. R.: Neurologic and developmental disability after extremely preterm birth. Epicure Study Group. *N Engl J Med* 343: 378-384 (2000)

## 7. Curriculum vitae

Name: Ute Grossert  
Geboren am: 17.08.1971  
In: Mayen  
Wohnhaft: Dumlerstrasse 15  
86156 Augsburg

Eltern: Gerda Grossert  
Angestellte  
Horst Grossert  
Beamter

Geschwister: Jochem Grossert  
Dipl.Ing. Vers.Technik

1977 – 1981 Besuch der Grundschule Hinterburg in Mayen  
1981 – 1987 Besuch der Staatl. Realschule in Mayen mit dem Abschluss der  
Mittleren Reife  
1987 - 1990 Besuch des Bertha-von-Suttner Gymnasiums in Andernach  
ab 01.07.1990 Sanitätsoffiziersanwärter der Bundeswehr  
1990 – 1997 Studium der Humanmedizin an der Universität des Saarlandes;  
zum Praktischen Jahr und Beendigung des Medizinstudiums  
Wechsel an die Universität Ulm  
04/1998–10/1999 AiP in der Abteilung für Neurochirurgie des  
Bundeswehrkrankenhauses Ulm  
10/1999-09/2000 Assistenzarzt in der Abteilung für Neurochirurgie des  
Bundeswehrkrankenhauses Ulm  
09/2000-06/2003 Truppenarzt im Standortsanitätszentrum Ulm  
06/2003 -07/2006 Rückkehr in die Abteilung für Neurochirurgie des Bundeswehr-  
krankenhauses Ulm als AssArzt  
Seit 03.07.2006 Assistenzarzt für Neurochirurgie in der Neurochirurgischen  
Klinik des Zentralklinikums Augsburg