Aus der Kinderchirurgischen Klinik und Poliklinik
im Dr. von Haunerschen Kinderspital
Klinik der Universität München
Direktor: Prof. Dr. Oliver Muensterer

Langzeitanalyse der verschiedenen Shuntsysteme bei der Therapie des Hydrocephalus im Kindesalter

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Elena Maria Kren

aus
Burghausen

2023

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät

der Universität München

Berichterstatter:	PD Dr. Markus Lehner
Mitberichterstatter:	PD Dr. Mathias Kunz
	Prof. Dr. Prof. h.c. Florian Heinen
Mitbetreuung durch	
die promovierte Mitarbeiterin:	PD Dr. Danielle Wendling-Keim
Dekan:	Prof. Dr. Thomas Gudermann

Tag der mündlichen Prüfung: 15.06.2023

Für meine Familie

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung ... 1

1.1 Historische Entwicklung des Krankheitsbildes des Hydrocephalus und seiner Therapie ... 1
1.2 Definition des Hydrocephalus ... 2
1.3 Epidemiologie ... 2
1.4 Pathogenese des Hydrocephalus ... 3
1.4.1 Das Liquorsystem ... 3
1.4.2 Die Pathophysiologie ... 4
1.5 Klassifikation des Hydrocephalus ... 5
1.6 Klinik des Hydrocephalus ... 6
1.7 Diagnostik des Hydrocephalus ... 7
1.8 Operative Therapiemöglichkeiten ... 8
1.8.1 Neuroendoskopie ... 8
1.8.2 Shuntsysteme ... 8
1.9 Fragestellung ... 14

2 Methodik ... 15

2.1 Patientenkollektiv ... 15
2.2 Patientenbefragung ... 16
2.3 Statistische Auswertung ... 16

3 Ergebnisse ... 18

3.1 Patientenkollektiv ... 18
3.1.1 Primäroperationen ... 20
3.1.2 Revisionsoperationen ... 36
3.1.3 Shunt-/ Ventilüberleben ... 44
3.2 Patientenbefragung ... 66
3.2.1 Entwicklung ... 66
3.2.2 Kopfschmerzsymptomatik ... 76
3.2.3 Lebensqualität ... 100

4 Diskussion ... 115

4.1 Patientenkollektiv ... 115
4.1.1 Ätiologie ... 115
4.1.2 Patientenalter bei primärer Shuntanlage ... 116
4.1.3 Ventiltypen ... 117
4.1.4 Revisionsgründe ... 119
4.2 Patientenbefragung ... 120
4.2.1 Entwicklung ... 120
4.2.2 Kopfschmerzsymptomatik ... 121
4.2.3 Lebensqualität ... 125

5 Ausblick ... 126

6 Zusammenfassung ... 127

7 Literaturverzeichnis ... 130

8 Anhang ... 136

9 Danksagung ... 140

10 Eidesstattliche Versicherung ... 141

11 Lebenslauf ... 142

1 Einleitung

1.1 Historische Entwicklung des Krankheitsbildes des Hydrocephalus und seiner Therapie

In Europa gilt Hippokrates (466-377 v.Chr.) als Namensgeber der Erkrankung. Er beobachtete die Symptome Kopfschmerzen, Erbrechen, Sehstörungen, sowie Doppelbilder und machte dafür eine Verflüssigung des Gehirns (alt-griechisch hydor = Wasser und kefale = Kopf) aufgrund von epileptischen Anfällen verantwortlich. Somit prägte er den bis heute gültigen medizinischen Terminus Hydrocephalus, wenn auch nicht in der modernen Ansichtsweise, da von einer Kenntnis der Pathophysiologie zu seiner Zeit noch nicht ausgegangen werden konnte. (1)

So ermöglichten erst Tierversuche Claudius Galen von Pergamon (130 - 200 n.Chr.) ein genaues Studium der Ventrikelanatomie. Er lokalisierte den Plexus choroideus als Produktionsort des Liquors und beschrieb diesen, als eine klare und wässrige Flüssigkeit. Der Abfluss erfolgte seiner Meinung nach über die Lamina cribrosa in die Nasenhöhlen. (1) Damals verkümmerte leider das medizinische Fachwissen in der westlichen Welt, wohingegen die arabischen und persischen Mediziner ihre Entdeckungen immer weiter vorantrieben. So war es Abulkassim Al Zahrawi (936–1013 n. Chr.), auch bekannt als Abulcasis, der die erste therapeutische Eröffnung der Schädeldecke beim Hydrocephalus des Kindes beschrieb. (2)

Erst die, mit Beginn der Renaissance, tolerierten Sektionen an menschlichen Leichen ermöglichten neue Sichtweisen in Europa. Leonardo Da Vinci (1452-1519) fertigte 1510 die erste Zeichnung des menschlichen Ventrikelsystems an. (1) Allerdings beschrieb erst Andreas Vesalius (1514–1564) 41 Jahre später den Hydrocephalus als intrazerebrale Flüssigkeitsansammlung (3). Richard Lower (1631–1691) konnte belegen, dass die Lamina cribrosa flüssigkeitsundurchlässig ist und darauf aufbauend verfasste Thomas Willis (1621–1675) die Theorie des venösen Liquorabflusses (1).

Im Jahre 1701 beschrieb Antonio Pacchioni (1665–1726) erstmals die nach ihm benannten Granulationen, auch wenn er eine von ihnen ausgehende Liquorsekretion annahm. Ein weiteres Jahrhundert später erkannte Francois Magendie (1783–1855) 1842 die Öffnung des 4. Ventrikels als mögliche Engstelle für den Liquorabfluss und identifizierte somit eine mögliche Ursache des Hydrocephalus. (1, 3)

Einen Durchbruch in der modernen Theorie der Pathophysiologie erzielten Ernst Axel Hendrik Key (1832–1901) und Magnus Gustav Retzius (1842–1919) 1875 mit ihrer bis heute unwiderlegbaren Arbeit zur Liquorzirkulation, ausgehend von einer Sekretion im Plexus choroideus, einem Fluss durch das Ventrikelsystem und einer anschließenden Resorption über die Pacchionischen Granulationen in das venöse System (4).

Walter Dandy (1886-1946) und Kenneth Blackfan (1883-1941) bewiesen 1913 im Tiermodell die Aquäduktstenose als Ursache für den obstruktiven Hydrozephalus (5). Außerdem zeigten sie den positiven Effekt der Drosselung der Liquorproduktion durch Exzision des Plexus choroideus (6). Die Erkenntnis der Entstehung eines Hydrocephalus durch mechanische oder hydrodynamische Störungen ermöglichte eine Vielzahl therapeutischer Optionen. In dieser Zeit liegen die Ursprünge aller modernen chirurgischen Therapieformen, wie etwa die Ventrikeldrainage, Aquädukterweiterung / Ventrikulostomie und Plexusexstripation.

Am 23. Oktober 1744 vollführte Le Cat die erste dokumentierte Ventrikelpunktion, allerdings endete diese Methode immer wieder letal, entweder aufgrund des massiven Liquorabflusses oder aufgrund von Infektionen (7).

Die nötigen Voraussetzungen für eine neurochirurgische Operation wurden erst durch die Allgemeinanästhesie (Morton 1846) und die sterile Arbeitsweise (Semmelweis 1847) gegeben.

Im Jahre 1893 gelang Mikulicz-Radecki mit der Implantation von Glaswolle in den Seitenventrikel eines 6 Monate alten Säuglings die erste dauerhafte Liquorableitung nach außen. (8)

Eines der ersten permanenten Hydrocephalus-Ventile mit definierter Flussrichtung wurde 1949 von Frank Nulsen produziert. Es bestand aus einer Pumpkammer kombiniert mit 2 Kugel-Konus-Ventilen mit Springfeder. Implantiert wurde das Ventil von Eugen Spitz. (9) Allerdings kam es immer wieder zu Ventilfehlfunktionen. Erst 1956 ging das erste Shuntventil in Serienproduktion. Hierbei handelte es sich um ein von J. D. Holter entwickeltes doppeltes Schlitzventil, verbunden mit einer Spiralfeder, das zusammen mit einem Silikonkatheter von Eugen Spitz implantierte wurde. Der Ingenieur J. D. Holter entwickelte das Ventil innerhalb weniger Wochen unter einem enormen Zeitdruck, da sein Sohn seit Geburt an einem Hydrocephalus litt. Erst die Entdeckung des Silikons im Zweiten Weltkrieg ermöglichte nun diese bahnbrechende Therapieoption. (10, 11) Zeitgleich wurden auch anderorts in Amerika und den Niederlanden weitere Shuntventile entwickelt, sodass es insgesamt die zwei großen Gruppen der Differentialdruck- und der gravitationsgestützten Ventile gibt.

Alle verhinderten einen Rückstrom und ermöglichten einen gerichteten Abfluss des Liquors.

1.2 Definition des Hydrocephalus

Im Laufe der Zeit hat sich die Definition des Hydrocephalus, aufgrund neu gewonnener Erkenntnisse, immer wieder gewandelt. Bis zum heutigen Tag ist die Pathophysiologie noch nicht endgültig verstanden und somit eine einheitliche Definition nicht möglich. Raimondi definierte bereits 1994 den Hydrocephalus als „jegliche Zunahme des Liquors innerhalb des Schädels, das Gehirnödem miteingeschlossen“ (12). Ein Jahr später stellte der Japaner Koreaki Mori die Theorie auf, „der Hydrocephalus sei keine Erkrankung, sondern ein Symptom, das mit der Dynamik des Liquors einhergeht“ (13). Eine gute Beschreibung der Umstände lieferte Harold Rekate, Gründer der International Hydrocephalus Imaging Working Group. Er definierte den Hydrocephalus als „eine aktive Erweiterung des Ventrikelsystems, aufgrund einer inadäquaten Passage des Liquors von seinem Produktionsort, innerhalb der Ventrikel, zu seinem Resorptionsort innerhalb des Systemkreislaufs“ (14). Er beschrieb den Hydrocephalus als aktiven Prozess, als Folge eines Missverhältnisses zwischen Liquorproduktion und -resorption. Das Problem kann sowohl in einer gesteigerten Liquorsekretion, einer verminderten Liquorresorption, als auch in einer Obstruktion der Zirkulation liegen. Ein erhöhter intrakranieller Druck als Folge dessen ist als Bedingung in der Definition nicht enthalten, obwohl er für gewöhnlich gleichzeitig besteht. (14)

1.3 Epidemiologie

In der Literatur variieren die Zahlen bezüglich der Inzidenz des Hydrocephalus, je nach Definition. Ein Auftreten des kongenitalen Hydrocephalus in 0,6 - 1,1 / 1.000 Lebendgeburten darf angenommen werden (15-17).

Als Risikofaktoren für den kongenitalen Hydrocephalus gelten:

- das männliche Geschlecht,
- Mehrlinge,
- Frühgeburtlichkeit und damit verbunden niedriges Geburtsgewicht (16, 18),
- sowie intrakranielle Blutungen.

Außerdem begünstigt ein niedriger sozioökonomischer Status die Krankheitsentstehung. Die asiatische Bevölkerung scheint seltener betroffen zu sein, als die weiße Bevölkerung. Zudem besteht eine starke Assoziation mit Dysraphien. (16)

1.4 Pathogenese des Hydrocephalus

1.4.1 Das Liquorsystem

Es existieren intrakraniell sowohl ein äußerer Liquorraum, auch Subarachnoidalraum genannt, welcher das Gehirn umgibt, als auch ein innerer Liquorraum, auch Ventrikelsystem genannt. Die insgesamt vier Ventrikel kommunizieren untereinander und stellen den Ort der Liquorbildung und des Liquortransportes dar. Das System projiziert sich wie folgt auf die jeweiligen Hirnabschnitte: (19)

- Seitenventrikel – Großhirnhemisphären (Telencephalon) (I + II)
- III. Ventrikel – Zwischenhirn (Diencephalon)
- Aquädukt (Aquaeductus mesencephali) – Mittelhirn (Mesencephalon)
- IV. Ventrikel – Rautenhirn (Medulla oblongata, Pons, Cerebellum) (Abb. 1)

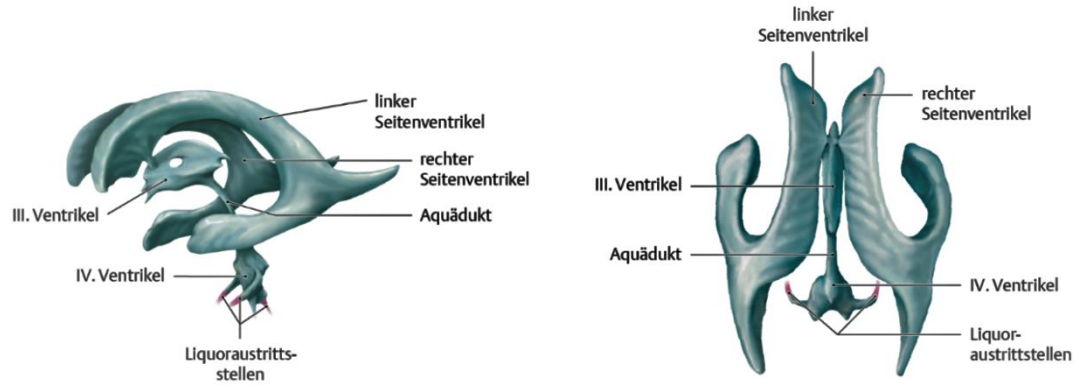


Abb. 1: Darstellung der Ventrikelräume von der Seite und von oben.
Modifiziert nach Schünke, Schulte, Schumacher, Prometheus, Kopf, Hals und Neuroanatomie, Thieme, 2014

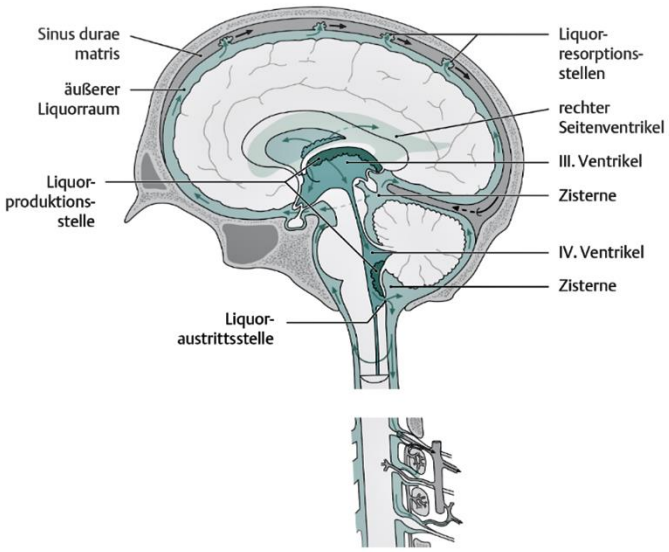


Abb. 2: Darstellung der Liquorzirkulation.
Modifiziert nach Schünke, Schulte, Schumacher, Prometheus, Kopf, Hals und Neuroanatomie, Thieme, 2014

Der Fluss des Liquors erfolgt aus den beiden Seitenventrikeln über die paarig angelegten Foramina interventriculares, auch Foramina Monroi genannt, in den III. Ventrikel. Von dort gelangt er weiter über den dünnen Aquädukt in den IV. Ventrikel. Durch seine Öffnungen (2 Aperturae laterales – Foramina Luschkae, 1 Apertura mediana – Foramen Magendii) stellt der IV. Ventrikel die Verbindungsstelle zwischen innerem und äußerem Liquorraum dar (Abb. 2).

Die Liquorproduktion erfolgt in fast allen Ventrikeln, vor allem aber in den Seitenventrikeln, im Plexus choroideus, welcher ein Gefäßknäuel mit Plexusepithel darstellt. Ein geringer Teil stammt aus Diffusion interstitieller Flüssigkeit aus dem zentralen Kapillarraum. (20-22) Die Liquorräume fassen beim Erwachsenen zusammen ca. 150 ml, dabei entfallen 125 ml auf den äußeren Raum und 25 ml auf das Ventrikelsystem. Täglich werden ca. 500 ml Liquor produziert, sodass das Volumen mehrmals täglich komplett erneuert wird. (19-21) Die Menge ist dabei allerdings individuell unterschiedlich und im Alter abnehmend (20).

Eine Funktion des Liquors ist unter anderem mechanischer Natur. So schützt er das empfindliche Gehirn vor Druck und Stößen, indem er durch den Flüssigkeitsraum das tatsächliche Gewicht des Gehirns von ca. 1.500 g auf ein physikalisches Effektivgewicht von ca. 50 g reduziert. (19, 21)

Darüber hinaus kommt dem Liquor auch eine metabolische Aufgabe zu. Durch den Abfluss in das venöse System trägt er auch an der Konstanthaltung des extrazellulären Milieus bei. (20, 21) Außerdem besitzt er eine regulierende Wirkung auf das Atemzentrum durch Übermittlung des Kohlenstoffdioxidspiegels an die Medulla oblongata (19).

1.4.2 Die Pathophysiologie

Das Hirnwasser gelangt in den Subarachnoidalraum, von wo aus es dann, der gängigen Lehrbuchmeinung nach, über die Arachnoidalzotten und Hirnnerven im Schädelbereich oder über die Austrittsstellen der Spinalnerven im Wirbelkanalbereich in das Lymph- und Venensystem resorbiert wird. (19, 20) Allerdings widerlegen mehrere Beobachtungen und Experimente die Pacchioni-Granulationen als Hauptresorptionsort. Zum einen die späte Entwicklung der Pacchioni-Granulationen im 2. Lebensjahr, ohne dass sich bei Kleinkindern ein Hydrocephalus entwickelt, zum anderen das Ausbleiben eines kommunizierenden Hydrocephalus bei Blockade eben dieser Granulationen. Außerdem konnte durch den systemischen Nachweis von radioaktiv markiertem Albumin im Blut, wenige Minuten nach lumbaler Injektion gezeigt werden, dass von einer spinalen Resorption von 80-90% aus zu gehen ist. Vielmehr wird heutzutage eine diffuse Resorption unter Beteiligung der zentralen Kapillaren angenommen. (21, 22)

Im herkömmlichen Zirkulationsmodell, der Bulk-Flow-Theorie, wird von einem Druck gerichteten Fluss vom Ort der Produktion zum Ort der Resorption ausgegangen (21). Dieses unidirektionale Modell ist für das Ventrikelsystem auch zutreffend. Im äußeren Liquorraum erfolgt der Transport allerdings multidirektional über vaskuläre Pulsation, sodass es zu einer ungerichteten Durchmischung kommt (20, 21).

Unter physiologischen Bedingungen herrscht ein empfindliches Gleichgewicht zwischen Liquorproduktion und -resorption. Der Liquor ist neben Blut und Hirngewebe eines der 3 Kompartimente, welche das Gesamtvolumen innerhalb des Schädels ausmachen.

$$Vol_{gesamt} = Vol_{Liquor} + Vol_{Blut} + Vol_{Gehirn}$$

Durch die feste Schädelkalotte kann sich das Gesamtvolumen nicht verändern.

In der bereits im 19. Jahrhundert postulierten Monro-Kellie-Doktrin wurde beschrieben, dass die Volumenzunahme eines Kompartiments oder das Auftreten eines vierten Kompartiments, beispielsweise einer Raumforderung, durch die Volumenabnahme eines anderen Anteils ausgeglichen werden kann, ohne dass der intrakranielle Druck steigt. (23, 24) Diese Hypothese ist die Konsequenz daraus, dass Flüssigkeiten nicht komprimierbar sind. Die systolische Ausdehnung der intrakraniellen Arterien wird durch die Verdrängung des Liquors durch das Foramen magnum und durch einen venösen Strom in die Sinus ausgeglichen. Wenn die Pulswelle das Schädelinnere erreicht, resultiert daraus ein sofortiger

Liquordruckanstieg, der sich schnell und gleichmäßig im gesamten intrakraniellen Raum ausbreitet. Der Liquor pendelt somit pulssynchron zwischen kranial und spinal hin und her. (21)

Beim kommunizierenden Hydrocephalus wird heute eine chronisch verminderte zerebrale Compliance ursächlich angenommen, sodass es zu einer gesteigerten Übertragung des systolischen Drucks auf das Gehirngewebe kommt. Hierbei wird das Hirnparenchym gegen die Schädelkalotte gedrückt, aber auch der interventrikuläre Druck erhöht sich, in Folge dilatieren die Ventrikel und der Subarachnoidalraum wird komprimiert. (21, 25) Ursächlich hierfür sind Adhäsionen z. B. durch Meningitis, Traumata oder Blutungen.

Beim obstruktiven Hydrocephalus liegt eine akute, intraventrikuläre Blockade vor, wie bereits 1913 Walter Dandy in einer experimentellen Studie am Hund gezeigt hat. Eine Flussbehinderung kann z. B. durch Stenosen, Tumoren, aber auch durch Verklebungen aufgrund von Traumata, Entzündung oder Blutung hervorgerufen werden. Da die Liquorproduktion ungehindert weiterläuft, die periventrikulären Kapillaren aber nur einen Teil des Liquors absorbieren können, nimmt das Ventrikelvolumen weiter zu. Dadurch wird die Gehirnoberfläche in die Schädelkalotte gepresst, wodurch der venöse Abfluss vermindert wird. Hieraus resultiert dann ein steigender intrakranielle Druck. (21) In der akuten Phase wirkt dies der Ventrikeldilatation entgegen. Durch den venösen Stau kommt es rückwirkend zur Dilatation der Kapillaren und dadurch verbunden zur Senkung des Gefäßwiderstandes, sodass der zerebrale Blutfluss trotz erhöhten intrakraniellen Druckes zunächst erhalten bleibt. (21) Bei der chronischen Verlaufsform passt sich die Resorption durch die periventrikulären Kapillaren langsam der Liquorproduktion in den verstopfen Ventrikeln an. Der Liquordruck fällt langsam und es stellt sich ein neues Gleichgewicht nahe dem Normwert ein. Durch den fallenden Druck in den Ventrikeln entfällt der venöse Stau und somit auch die entgegenwirkende Kraft auf die Ventrikeldilatation. Die intrakranielle Compliance nimmt ebenfalls ab und es kommt nun wie beim kommunizierenden Hydrocephalus zu einer gesteigerten Fortleitung der Pulswelle auf das Hirngewebe und Erweiterung der Ventrikel. (21)

Die Mechanismen zur Flussregulation des Liquors sind aber bis heute nicht abschließend und eindeutig geklärt.

1.5 Klassifikation des Hydrocephalus

Vor über 100 Jahren zeigte Dandy Walker in experimentellen Studien am Hund, dass eine Blockade des Aquädukts zu einer Erweiterung der Ventrikel proximal des Verschlusses führt und benannte dies als Hydrocephalus occlusus (6). Dieser gehört in die Gruppe der nicht-kommunizierenden Hydrocephali, da eine Barriere zwischen innerem und äußerem Liquorraum besteht. Ursächlich hierfür können angeborene Stenosen, Trauma, Tumoren, Entzündungen oder Blutung sein. Ebenfalls in diese Gruppe fällt der Hydrocephalus bei pathologischer Spaltbildung der Wirbelsäule, wie z. B. bei Meningomyelocele. Diese führt in 80-90% der Fälle zu einem Hydrocephalus. (26, 27)

Dem gegenüber steht die Gruppe der kommunizierenden Hydrocephali. Hierunter versteht man den Hydrocephalus hypersecretorius bei Plexuspapillomen (28). Auch der Hydrocephalus malresorptivus, bedingt durch eine Fibrosierung der Resorptionsmembranen aufgrund von Trauma, Entzündung oder Blutung, ist in dieser Gruppe zu nennen.

Durch die Fortschritte und damit verbundenen neuen Möglichkeiten in der heutigen Medizin ist die Zahl der überlebenden Frühgeborenen mit geringem Geburtsgewicht zunehmend. Doch dadurch haben sich auch neue Herausforderungen ergeben. Die Germinalmatrix, welche sich im 3. Trimenon, subependymal an der Wand des Seitenventrikels gelegen, entwickelt, besteht aus sehr vulnerablen Gefäßen. (29, 30) Durch ihre Unreife kann die insuffiziente Autoregulation zu Blutdruckschwankungen und Hypoxie und letzten Endes zur Ruptur dieser Gefäße führen.

Begünstigt wird dies durch

- einen niedrigen APGAR,
- ein niedriges Geburtsgewicht,
- einen persistierenden Ductus,
- eine Anämie,
- sowie respiratorische Störungen (31)

Die ursprüngliche Einteilung der Hirnblutungen geht auf Lou Ann Papile basierend auf CT-Untersuchungen zurück: (32)

- Grad 1: subependymale Blutung
- Grad 2: Ventrikeleinbruchsblutung ohne Ventrikelerweiterung
- Grad 3: Ventrikeleinbruchsblutung mit Ventrikelerweiterung
- Grad 4: Ventrikeleinbruchsblutung mit Blutung ins Hirnparenchym

Die Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin postulierte eine Einteilung in 3 Schweregrade, da die heute standardmäßig durchgeführte Diagnostik aufgrund der Strahlenbelastung nicht die CT-Untersuchung, sondern die Ultraschalluntersuchung ist.

- Grad 1: subependymale Blutung
- Grad 2: leichte bis mäßige Ventrikeleinbruchsblutung <50% des Ventrikelvolumens
- Grad 3: schwere Ventrikeleinbruchsblutung >50% des Ventrikelvolumens

In dieser Einteilung wird Grad 4, einer hämorrhagischen Infarzierung des (periventrikulären) Hirngewebes entsprechend, als eigenständige Gruppe bewertet. (33)

Der posthämorrhagische Hydrocephalus kann sowohl zur Gruppe des Hydrocephalus occlusivus gezählt werden, als auch zum Hydrocephalus malresorptivus. Einerseits können Blutkoagel und Blutabbauprodukte den Abfluss behindern, andererseits können die Resorptionsorte, wie die Arachnoidalzotten, durch die Blutung und deren Abbauprodukte verkleben. In der Gruppe der Frühgeborenen entwickeln 20-40% eine intrakranielle Blutung (31, 34, 35), davon 11-18% eine schwere Blutung Grad 3 oder 4 (34, 36, 37). Von diesen Kindern entwickeln 20-35% einen posthämorrhagischen Hydrocephalus (35, 38, 39), der in 15-44% der Fälle, abhängig vom Schweregrad der Blutung, mit einem Shunt therapiert werden muss (38, 39). In der Gruppe der Frühgeborenen ist dies die häufigste Form. Hierbei gilt je schwerer die initiale Blutung, desto größer ist das Risiko für einen posthämorrhagischen Hydrocephalus (38).

1.6 Klinik des Hydrocephalus

Das klinische Erscheinungsbild ist abhängig vom Manifestationsalter. Beim kongenitalen Hydrocephalus fallen die Säuglinge aufgrund der offenen Schädelnähte erst spät durch ein perzentilen-kreuzendes akzeleriertes Kopfwachstum, eine prominente Stirnpartie, eine gespannte Fontanelle und weite Schädelnähte auf. Die Kinder werden aufgrund von häufigem Erbrechen unabhängig von den Mahlzeiten, Nahrungsverweigerung, Unruhe und schrillen Schreiens beim Kinderarzt vorgestellt. (40) Durch die Ventrikeldilatation kommt es zur Kompression der Vierhügelplatte im rostralen Bereich des dritten Ventrikels. Damit verbunden zeigt sich das bei Hirndruck typische Sonnenuntergangsphänomen, eine vertikale Blickparese. Hier verschwindet bei geöffneten Augen ein Teil der Skleren hinter dem Unterlid, sodass ein breiter weißer Streifen oberhalb der Iris frei wird. Die Regenbogenhaut wirkt dabei wie eine untergehende Sonne. Zudem kann durch eine Abducensparese ein Strabismus convergens auftreten. (22)

Nach dem Schluss der Schädelnähte imponieren die Kinder mit den typischen Hirndruckzeichen:

- häufigen Kopfschmerzen,
- Nüchtern-Erbrechen,
- Müdigkeit und / oder
- dem Sehen von Doppelbildern.

Zudem bleiben sie in ihrer Entwicklung oft hinter Gleichaltrigen zurück (41, 42).

1.7 Diagnostik des Hydrocephalus

Wenn ein Kind mit einem oder mehreren der oben genannten Symptome vorgestellt wird, muss unbedingt umfassend ursächlich abgeklärt werden. Um das Kopfwachstum zu objektivieren wird der Kopfumfang gemessen und in die Perzentilenkurven eingetragen. So lässt sich dann oft ein Ausbrechen aus der Kurve erkennen. Bei noch offener Fontanelle kann eine Ultraschalldiagnostik des Gehirns durchgeführt werden. Dabei imponieren dann meist erweiterte innere Liquorräume, sowie veränderte Druckverhältnisse in den intrazerebralen Gefäßen, die auf einen erhöhten intrakraniellen Druck schließen lassen. Vorteil dieser Untersuchung ist die flächendeckende und schnelle Verfügbarkeit. Außerdem müssen die Kinder nicht sediert und keinerlei Strahlung ausgesetzt werden. Allerdings ist diese Diagnostik vom Untersucher abhängig, trotzdem konnte unter Verwendung des 3D-MRTs als Goldstandard gezeigt werden, dass die Sonographie der Ventrikel eine gute Korrelation zum tatsächlichen totalen Ventrikelvolumen hat und somit eine verlässliche Diagnostik des Hydrocephalus darstellen. (43) Dennoch wird heute sehr häufig vor der Durchführung operativer Maßnahmen ein MRT des Schädels durchgeführt. Bei älteren Kindern mit geschlossenen Schädelnähten wird sowohl in der Akutphase, als auch zur Verlaufskontrolle eine magnetresonanztomographische, sowie eine augenärztliche Untersuchung durchgeführt. In dieser radiologischen Diagnostik zeigen sich die Erweiterung der Ventrikel, sowie mögliche Ursachen für die Blockade der Zirkulation, wie z. B. Tumoren, Septen oder Verschlüsse, am besten. Durch die hohe Auflösung ist auch eine Liquorflussmessung möglich. Nachteil ist die notwendige Sedierung / Anästhesie des Kindes. Mit einer Spiegelung des Augenhintergrundes lässt sich bei chronisch erhöhtem Hirndruck ggf. ein Papillenödem, auch Stauungspapille genannt, erkennen.

1.8 Operative Therapiemöglichkeiten

1.8.1 Neuroendoskopie

Eine neurochirurgische, endoskopische Möglichkeit ist die Ventrikulostomie oder Ventrikulozisternostomie. Hierbei wird unter Sicht der Boden des dritten Ventrikels eröffnet und so ein Kurzschluss zwischen dem Ventrikelsystem (innere Liquorräume) und den basalen Zisternen (äußere Liquorräume) geschaffen. (22) Die Neuroendoskopie ist mittlerweile eine der typischen Therapiearten in vielen Zentren beim Hydrocephalus occlusus (44). Eine Erfolgsrate von über 70% kann erzielt werden (45, 46), abhängig von der Ätiologie sogar bis über 80% z. B. bei Aquäduktstenose. (45) Vor allem an physiologischen Engstellen des Ventrikelsystems oder bei einem Hydrocephalus bedingt durch Neoplasien, kommt diese Intervention erfolgreich zum Einsatz. (46, 47) Vorteil dieser therapeutischen Möglichkeit besteht darin, dass kein Fremdmaterial eingebracht wird und somit die häufigen Shunt-Revisionen entfallen. Allerdings ist das OP-Risiko deutlich höher und eventuelle Komplikationen deutlich gravierender, sodass solch eine Therapie bei Säuglingen oder gar Frühgeborenen streng abzuwägen ist (48). Zudem besteht natürlich die Möglichkeit, dass sich der neu geschaffene Abflussweg sekundär wieder verschließt.

1.8.2 Shuntsysteme

Als Standardtherapie des Hydrocephalus gilt aktuell die dauerhafte, künstliche Liquorableitung durch die Anlage eines Shuntsystems, bestehend aus einem zentralen Katheter im Vorderhorn des Seitenventrikels, einem Ventil und einem distalen Katheter. (47) Der häufigste Abfluss erfolgt ventrikuloperitoneal, aber auch ventrikuloatrial ist möglich. Seit dem ersten Ventil von Spitz und Holter aus dem Jahre 1956 gab es immer wieder neue therapeutische Ansätze und unzählige Ventilarten. Ventile der ersten Generation basieren auf dem Differentialdruckprinzip mit einem statischen Eröffnungsdruck. Vor allem bei agilen Patienten führt dies immer wieder zu einer problematischen Überdrainage. (47) Die zweite Generation wurden als hydrostatische Ventile entwickelt. Hierbei wird die Körperlage berücksichtigt.

1.8.2.1 Membranventile am Beispiel des PS Medical Delta Ventil mit Siphonkontroll-Einheit

Bei diesem Ventil erfolgt der Abfluss über einen Membranventilmechanismus (Abb. 3). Der Öffnungsdruck ist hierbei abhängig von der Dicke der Membran und somit durch den Hersteller festgelegt. Steigt der Druck im Ventrikelsystem an, wölbt sich die Membran bis sie den Abfluss freigibt. Zusätzlich wird dieses Ventil mit einer Antisiphon-Einheit kombiniert um eine übermäßige Drainage bei Lageänderungen zu minimieren. Hierbei handelt es sich um zwei Membranen, die in aufrechter Körperposition den weiteren Liquorfluss behindern, indem sie eng anliegen. Bei steigendem Druck wölben sich die Membranen zunehmend und geben den weiteren Weg Richtung distalem Katheter frei.

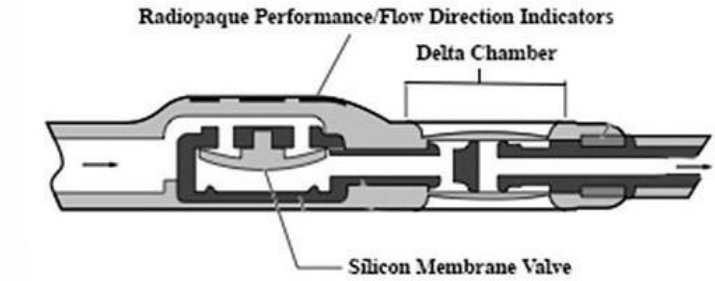


Abb. 3: Schematische Darstellung des PS Medical Delta Ventils im geschlossenen Zustand Modifiziert nach The ISPN.guide to pediatric neurosurgery

1.8.2.2 Differentialdruckventile am Beispiel des MiniNAV

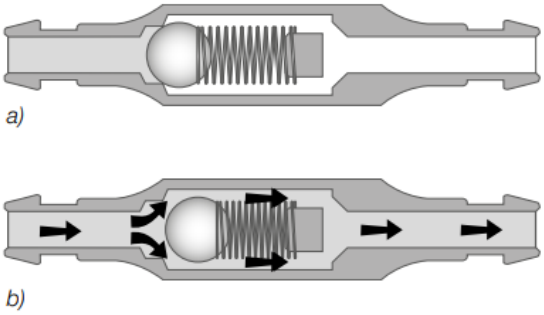


Abb. 4: Schematische Darstellung des MiniNAV
a) geschlossen b) offen.
Modifiziert nach CHRISTOPH MIETHKE GMBH & CO. KG.
MiniNAV Gebrauchsanweisung.GBA_21_07_0817

Bei diesem Ventiltyp behindert eine durch eine Metallfeder in einen Konus gepresste Kugel den Liquorabfluss (Abb. 4) (49). Die Federspannung bestimmt bei dieser Art den Öffnungsdruck und ist somit herstellerbedingt festgelegt und kann nicht angepasst werden. Diese Ventile öffnen lageunabhängig, sobald der Differentialdruck größer ist als die Federkraft. Aufgrund von diesem Mechanismus ist die Überdrainage im Stehen eine häufige und schwerwiegende Komplikation, insbesondere bei aktiven Patienten. (47) Im Stehen kommt es durch die zunehmende Höhendifferenz zu einer Sogwirkung, welche das Ventil unphysiologisch lange offenhält. Hingegen bei immobilen, bettlägerigen Patienten findet diese Form der Hydrocephalustherapie immer noch häufig Anwendung. (50)

1.8.2.3 Gravitationsgesteuerte Ventile am Beispiel des PaediGAV

Abb. 5: Darstellung des PaediGAV im Querschnitt. Modifiziert nach CHRISTOPH MIETHKE GMBH & CO. KG. paediGAV Gebrauchsanweisung.GBA_04_15_0518

Das PaediGAV besteht aus einer Kugel-Konus-Einheit verbunden mit einer Gravitationseinheit (Abb. 5). Insgesamt misst es eine Länge von 24 mm und einen Durchmesser von 4 mm. Im proximalen Anteil befindet sich der altbewährte Differentialdruckmechanismus, im distalen Anteil die Gravitationseinheit. Zudem wird jedes Ventil noch mit röntgendichten Ringen markiert um eine Identifizierung im Röntgenbild zu ermöglichen. (51)

Der intraventrikuläre Druck beim gesunden Menschen ist von der Körperposition abhängig. Im Liegen ist er positiv, im Stehen ist er leicht negativ. Ziel des Ventils ist es diesen Druck unter Berücksichtigung des Bauchraumdruckes aufrecht zu halten. Hierfür muss die richtige Druckstufe des Ventils ausgewählt werden.

Dann errechnet sich der intraventrikuläre Druck für die liegende Körperlage aus der Summe des Ventilöffnungsdruckes und des Bauchraumdruckes. (51)

Da in stehender Position der physiologische Druck negativ ist, muss der Öffnungsdruck des Ventils deutlich höher eingestellt werden. In der Berechnung muss nun auch der hydrostatische Druck aufgrund der aufrechten Lage mit einbezogen werden. Der intraventrikuläre Druck berechnet sich nun wie folgt:

$$IVP = P_{Hyd} - P_{Vst} - PB$$

IVP: Intraventrikulärer Druck, P_{Hyd}: Hydrostatischer Druck, P_{Vst}: Ventilöffnungsdruck im Stehen, PB: Druck in der Bauchhöhle

Vom Hersteller gibt es eine Druckstufenempfehlung als grobe Orientierung, da der vertikale Öffnungsdruck aufgrund der Hydrostatik von der Körpergröße des Kindes abhängt (Tab. 1).

Öffnungsdruck		**Druckstufenempfehlung**
horizontal	**vertikal**	
4 cmH_2O	24 cmH_2O	jünger als 6 Monate
9 cmH_2O	24 cmH_2O	zwischen 6 Monaten und 5 Jahren
9 cmH_2O	29 cmH_2O	älter als 5 Jahre

Tab. 1: Druckstufenempfehlung des Herstellers

Durch diese Druckanpassung im Stehen kann die unerwünschte Überdrainage vermieden werden. Das Ventil wird nun so implantiert, dass es im Liegen zu einer waagrechten und im Stehen zu einer senkrechten Position des Ventils kommt. (51)

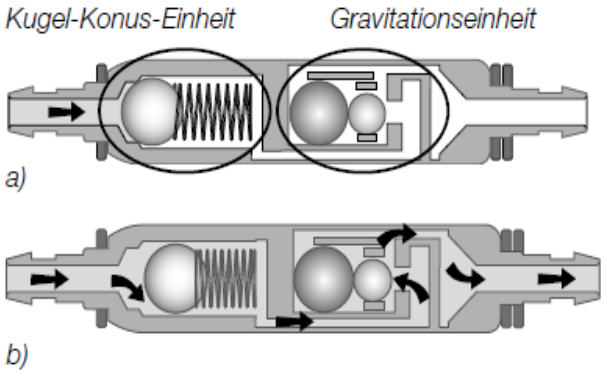


Abb. 6: Schematische Darstellung des PaediGAV in horizontaler Körperposition
a) geschlossen b) offen.
Modifiziert nach CHRISTOPH MIETHKE GMBH & CO. KG.
paediGAV Gebrauchsanweisung.GBA_04_15_0518

Der Wirkmechanismus beruht in liegender Position darauf, dass der erhöhte intraventrikuläre Druck des Kindes die Federkraft des Kugel-Konus-Ventils überwindet und so einen Liquorabfluss ermöglicht (Abb. 6b). Die Gravitationseinheit ist im Liegen immer offen und stellt somit kein Abflusshindernis dar.

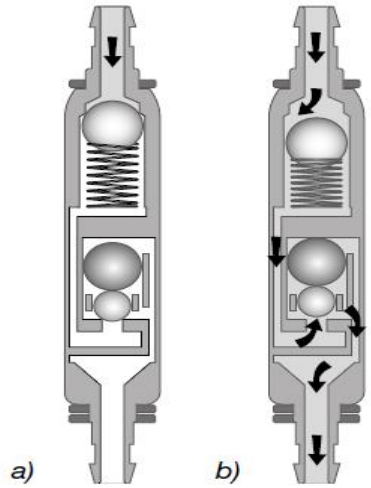


Abb. 7: Schematische Darstellung des PaediGAV in vertikaler Körperposition
a) geschlossen b) offen.
Modifiziert nach CHRISTOPH MIETHKE GMBH & CO. KG.
paediGAV Gebrauchsanweisung.GBA_04_15_0518

Wenn sich das Kind nun aufrichtet, verschließt die Gravitationseinheit den Abfluss und vorerst ist keine Liquordrainage möglich (Abb. 7a). Erst wenn die Summe aus wieder steigendem intraventrikulärem Druck und hydrostatischen Druck den Öffnungsdruck des Differentialdruckmechanismus und die Gewichtskraft der Kugel der Gravitationseinheit übersteigt, öffnet sich der Abfluss wieder (Abb. 7b). (51)

1.8.2.4 Verstellbare Ventile am Beispiel des proGAV

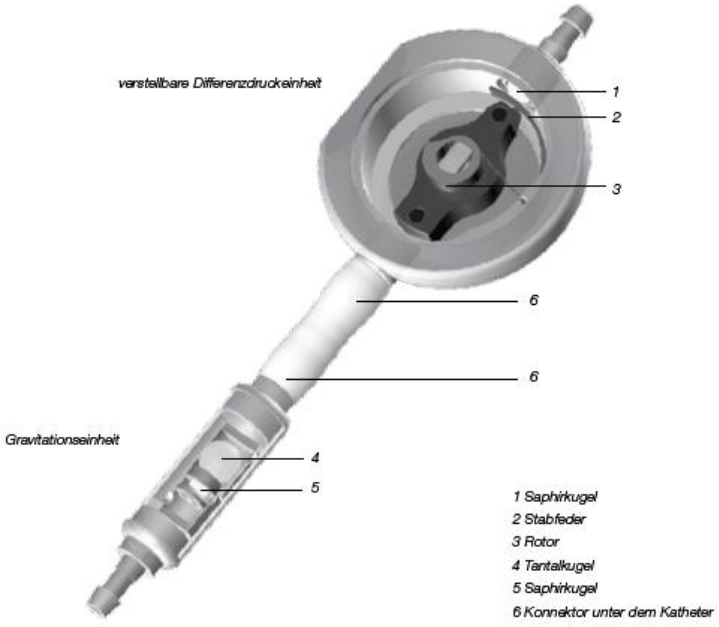


Abb. 8: Darstellung des proGAV im Querschnitt. Modifiziert nach CHRISTOPH MIETHKE GMBH & CO. KG. proGAV Gebrauchsanweisung. proGAV_Instr_GBA_08061012

Das proGAV besteht nun aus einer verstellbaren Differentialdruckeinheit und der bekannten Gravitationseinheit (Abb. 8). Dadurch kann in jeder Körperposition eine individuelle Druckstufenanpassung erfolgen. Im proximalen Anteil befindet sich wieder die Kugel-Konus-Einheit mit einer Besonderheit. „Über einen drehbar gelagerten Rotor kann die Vorspannung und damit der Ventilöffnungsdruck durch die Haut verstellt werden." (52) Ein Großteil der Patienten gibt diese Möglichkeit der Druckstufenverstellung als schmerzfrei oder lediglich unangenehm an (53). Ein versehentliches Verstellen des Ventiles durch elektromagnetische Strahlung von Handys, Tablets, Kopfhörern oder Spielzeugmagneten ist mehrfach getestet worden. Für das proGAV ist keinerlei Beeinflussung darstellbar gewesen (54), sodass die Ventile als sicher und zuverlässig gelten (55). Auch ältere Ventiltypen zeigen lediglich eine Interaktion bei direktem Kontakt oder einem Abstand kleiner 1 cm zur Strahlungsquelle (54, 56, 57). Der Ventilmagnet ist im Röntgenbild als weißer Punkt zu erkennen und erlaubt so eine Druckstufenerkennung. Der distale Anteil ist mit der Gravitationseinheit versehen. (52)

Die Berechnung des intraventrikulären Drucks in Abhängigkeit vom Ventilöffnungsdruck, hydrostatischen Druck und Druck im Bauchraum berechnet sich ebenso, wie bei den rein gravitationsgesteuerten Ventilen. Das Wirkprinzip ist ebenfalls dasselbe. Im Liegen ist die Gravitationseinheit immer geöffnet, sodass sich der Öffnungsdruck des proGAVs über die verstellbare Differentialdruckeinheit definiert. Für die horizontale Lage ergibt sich durch den Hersteller ein festgelegter Einstellbereich von 0-20 cm Wassersäule, sowie folgende Empfehlungen (Tab. 2). (52)

Einstellempfehlung für die verstellbare Differenzdruckeinheit	
Standard (Kinder und NPH-Patienten)	5 cmH_2O
Defensiv (z.B. Patienten mit extrem weiten Ventrikeln, Aquäduktstenosen oder stark erhöhtem ICP)	10 cmH_2O
Spezial (z.B. Patienten mit Pseudotumor cerebri)	15 cmH_2O

Tab. 2: Druckstufenempfehlung des Herstellers

Einstellempfehlung für die Gravitationseinheit	
Kinder bis 5 Jahre	20 cmH_2O
Kinder (ab 5 Jahre) & Erwachsene (bis 60 Jahre)	25 cmH_2O
Erwachsene ab 60 Jahre	20 cmH_2O

Tab. 3: Druckstufenempfehlung des Herstellers

Für die vertikale Körperposition wird eine Auswahl der Gravitationseinheit abhängig von der Körpergröße des Patienten, seiner Aktivität und des Bauchraumdruckes (Adipositas) empfohlen (Tab. 3) (52).

1.8.2.5 Komplikationen

Die Revisionsrate der Shuntsysteme bei Kindern beträgt ca. 40% im ersten Jahr nach der Anlage (58-60). Bereits über die Hälfte muss spätestens nach 10 Jahren revidiert werden. Insgesamt haben Kinder im Vergleich zu Erwachsenen ein deutlich höheres Revisionsrisiko. (59, 60)

Obstruktion

Die Obstruktion des Shuntsystems stellt mit einem Prozentsatz von 10-56% die häufigste Komplikation dar (58, 61-63). Dabei okkludiert vor allem der Ventrikelkatheter (64). Dies geschieht durch eine Verlegung mit dem Plexus choroideus (62), aber auch durch Fibrin und Blutkoagel nach einer intraventrikulären Blutung. Seltener verstopft auch der Peritonealkatheter durch Verwachsungen, Verdrehungen oder Knicke im Verlauf. Infolgedessen kommt es zur Unterdrainage und zu einem Ansteigen des Hirndrucks (65).

Diskonnektion

Diese Komplikation ist mit 13,6% der Revisionsfälle die zweithäufigste Ursache (61). Ein Katheterabriss geschieht meist erst nach einigen Jahren aufgrund mechanischen Stresses / Verschleiß und bei den Kindern wachstumsbedingt. Vor allem die periphere Ableitung sollte gut im subkutanen Gewebe gleiten können. Durch Vernarbungen entstehen Zugkräfte, die letzten Endes zu einem Abriss führen können. (65) Des Weiteren kann sowohl der zentrale, wie auch der distale Katheter diskonnektieren. Deshalb ist vor allem bei der Shuntimplantation auf eine spannungsfreie Anlage zu achten. Auch bei dieser Komplikation resultiert eine Unterdrainage, wie bei der Obstruktion.

Infektion

Die Infektion kommt in 3-11% der Fälle vor (58, 62, 63, 66-69). Im Gegensatz zur Obstruktion tritt die Infektion meistens in einem nahen zeitlichen Zusammenhang mit der Shuntimplantation auf. Bei Frühgeborenen war ein deutlich höheres Infektionsrisiko nachweisbar (69). In der Mehrheit der Fälle handelt es sich hierbei um eine Besiedlung mit Hautkeimen, wie Staphylococcus epidermidis oder Staphylococcus aureus (69, 70). Aufgrund der enormen Auswirkungen der retrograden Keimausbreitung in Richtung Gehirn haben sich eine einmalige perioperative Antibiotikagabe (71) und antibiotikabeschichtete Katheter (72, 73) durchgesetzt und konnten das Risiko einer intraoperativen Kontamination vermindern. Bei dem Verdacht auf eine Shuntinfektion muss unverzüglich das gesamte System entfernt werden und vorübergehend eine externe Drainage angelegt werden. Erst nach Normalisierung des Liquorbefundes ist eine Shuntneuanlage sinnvoll. (74)

1.9 Fragestellung

Es gibt verschiedene Faktoren, die das Shuntüberleben beeinflussen können. Allerdings fand sich hierzu bislang viel Widersprüchliches, weshalb es das Ziel dieser Studie war, entsprechende Einflusskriterien, welche eine Shuntdysfunktion bewirken, zu analysieren und zu benennen. Es wurde das Alter der Kinder bei der Primäroperation, die Ätiologie des Hydrocephalus und die unterschiedlichen zur Anwendung gekommenen Ventiltypen untersucht.

Abschließend sollte diese Arbeit eine Vorhersage über das mögliche revisionsfreie Intervall der verschiedenen Ventiltypen in Abhängigkeit vom Patientenkollektiv ermöglichen.

Folgende Hypothesen wurden formuliert:

- Bestand ein Unterschied bezüglich der Revisionsraten/ Wahrscheinlichkeit der Ventile in Abhängigkeit vom Alter des Patienten, der Ätiologie des Hydrocephalus und/ oder des Ventiltyps?
- Welche Einflussfaktoren bestimmten das Shuntüberleben?
- Bestand ein Unterschied bezüglich der Überlebenswahrscheinlichkeit der Ventile in Abhängigkeit vom Alter des Patienten, der Ätiologie des Hydrocephalus und/ oder des Ventiltyps?

Des Weiteren wurden die Patienten zu ihrem Leben mit dem Shuntsystem befragt. Hier sollte eine Einschätzung des möglicherweise komplikationsreichen Lebens mit dem Ventil und die damit verbundene Lebensqualität erfolgen.

Auch hierzu wurden Hypothesen aufgestellt:

- Wie stellte sich die Lebensqualität der Patienten in Abhängigkeit von der Ätiologie des Hydrocephalus, der Anzahl der Revisionen und des Ventiltyps dar?
- Wird anhand der Fragebogenauswertung eine Langzeitprognose für künftige Patienten in der Sprechstunde möglich?

2 Methodik

2.1 Patientenkollektiv

Es wurden insgesamt retrospektiv und monozentrisch die Daten von 117 Patienten mit Hydrocpehalus, welche die kraniospinale Sprechstunde (Leitung Dr. A. Heger, Dr. M. Lehner) der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital der Ludwig-Maximilians-Universität München im Zeitraum von August 2010 – August 2016 besuchten, erhoben. Ausgenommen wurden Patienten mit einer beidseitigen Ventilanlage, einem fehlenden Nachweis über die Primäroperation oder unregelmäßigem Erscheinen zu den Kontrollterminen. Hieraus ergab sich ein Kollektiv von 81 Patienten, 43 Jungen und 38 Mädchen. Die in dieser Arbeit gewählte männliche Form bezieht sich immer zugleich auf weibliche und männliche Personen und wurde ausschließlich aus Gründen der besseren Lesbarkeit verwendet. Die Anonymisierung wurde durch eine fortlaufende Nummerierung in einer Tabelle von Microsoft Office Excel 2016 gewährleistet. Es wurden keine Namen, Adressen oder andere Daten, die Rückschlüsse auf den Patienten hätten geben können, gespeichert. Der Beobachtungszeitraum wurde retrospektiv von Geburt des Patienten bis zum 31.12.2018 gewählt. Als Endpunkt wurde die letzte ärztliche Vorstellung in diesem Zeitraum gewertet.

Die Ätiologie des Hydrocephalus wurde in folgende Gruppen unterteilt:

- posthämorrhagisch,
- postinfektiös,
- posttraumatisch,
- kongenital (u. a. Aquäduktstenose, Dandy-Walker-Malformation, Schizenzephalie, okzipitale Arachnoidalzyste),
- Hydrocephalus bei Meningomyelocele, im Verlauf mit HC bei MMC abgekürzt, und
- unklare Ursache

Bei der Primäroperation wurde das Alter des Patienten und der Ventiltyp erfasst, ebenso bei den Revisionsoperationen. Die Ventile wurden eingeteilt nach:

- Gravitationsventile: PaediGAV und proGAV
- Reine Differentialdruck-Ventile: PS Medical Delta und Pro Medics Delta, sowie
- andere (Heyer-Schulte-, Spitz-Holter-, Orbis-Sigma-, Codmann-Hakim-Ventil)

Zudem wurde dann noch das Shuntüberleben in Jahren, sowie der Revisionsgrund dokumentiert. Gründe für einen Wechsel des Ventils konnten sein:

- Ventildysfunktion,
- Infektion,
- zentrale oder periphere Diskonnektion und
- Obstruktion

Neben diesen shuntbezogenen Daten wurde auch die Frühgeburtlichkeit mit Schwangerschaftswoche und Geburtsgewicht, sowie das Vorhandensein von Zwillingsgeburten erhoben.

Die Datenerhebung erfolgte anhand digitalisierter Akten mit OP-Berichten und Arztbriefen aus stationären und ambulanten Aufenthalten. Bei den Kontrolluntersuchungen in der Sprechstunde wurde anamnestisch die Entwicklung, sowie eventuell bestehende Symptome abgefragt. Zudem wurde das Pumpverhalten des Ventils geprüft, sowie eine Abdomensonographie zur Identifikation von freier Flüssigkeit durchgeführt. Außerdem wurden die augenärztlichen und radiologischen Befunde gesichtet. Bei den kleinen Patienten mit noch offenen Schädelnähten wurde zusätzlich der Kopfumfang bestimmt.

2.2 Patientenbefragung

Mit dem Einverständnis der Eltern wurde ein Fragebogen zu den Hauptthemen Entwicklung, Kopfschmerzsymptomatik und Lebensqualität ausgehändigt. Im ersten Teil ging es darum die kognitive und motorische Entwicklung des Kindes einzuschätzen, sowie eine eventuell bestehende Epilepsie und deren Therapieerfolg zu evaluieren. Im zweiten Teil wurden die Kopfschmerzsymptomatik mit Häufigkeit, Dauer und Intensität der Schmerzen, aber auch Auslöser, Begleiterscheinungen, sowie Bewältigungsstrategien abgefragt. Der letzte Unterpunkt sollte das Leben mit dem Shunt und mögliche Beeinträchtigungen evaluieren. Wichtig war hier die subjektive Beeinträchtigung durch den Shunt. Den Abschluss bildete der WHO-Fragebogen „Wellbeing Five“ zur Evaluierung der Lebensqualität. Insgesamt bestand der Fragebogen zum Großteil aus Ankreuzantworten, die eine abgestufte Zustimmung ermöglichten. Außerdem gab es die Möglichkeit für Freitextantworten. Es wurden 30 Fragebögen beantwortet. Die Anonymisierung erfolgte auch hier über eine fortlaufende Nummerierung in einer Tabelle von Microsoft Office Excel 2016. Eine komplette Version des Fragebogens ist im Anhang zu finden.

2.3 Statistische Auswertung

Die Patienten wurden einmal als Gesamtkollektiv beobachtet. Außerdem erfolgten im Anschluss die gleichen Analysepunkte nochmals für die aus dem Gesamtkollektiv extrahierte Subgruppe der Frühgeborenen, im Verlauf mit FG abgekürzt. In diese Gruppe wurden alle Patienten mit einem Geburtsalter von < 37.SSW eingeschlossen. In der Auswertung zu den Primäroperationen wurden die einzelnen Patienten beobachtet. Bei den Revisionsoperationen wurden dann die einzelnen Ventile der Patienten analysiert, sodass sich in dieser Untersuchung eine größere Fallzahl ergab, da jedes einzelne, auch das bei der Revision implantiertes Ventil und nicht mehr nur jeder einzelne Patient einen eigenen Fall ergab.

Jeder Bereich wurde nach den gleichen Gesichtspunkten – Geschlecht, Ätiologie, Ventiltyp sowie Revisionsgrund – betrachtet. Bei der ersten Shuntanlage war darüber hinaus noch das Alter bei Implantation von Interesse. Hierzu wurde das Patientenkollektiv in 4 Gruppen unterteilt – Patienten, die bei Primärshuntimplantation jünger als 30 Tage, jünger als 60 Tage, jünger als 100 Tage oder älter als 100 Tage waren. Als letzter Beobachtungspunkt erfolgte die Berechnung der Überlebenszeiten der verschiedenen Ventile in Jahren. Das Shuntüberleben wurde als Zeit von Implantation des Ventils bis zum Auftreten einer revisionsbedürftigen Komplikation das Shuntsystem betreffend definiert. Hierunter fielen Obstruktion, Diskonnektion, Infektion und Ventildysfunktion. Der operative Austausch stellte somit den Endpunkt der Beobachtung des Shuntsystems, zugleich aber auch den Beginn des neuen Beobachtungszeitrum für das neu implantierte Shuntsystems, dar. Falls das System in dem vorgegebenen Zeitraum keine Revision erhielt, wurde es als zensierter Fall in die Auswertung mit aufgenommen, da das erwartete Ereignis (=Revision) nicht eingetreten ist. Für das Ventilüberleben galt nur die Ventildysfunktion als Überlebenszeit limitierender Revisionsgrund. Die anderen Revisionsgründe (Obstruktion, Diskonnektion und Infektion) wurden als zensierte Fälle in die Überlebensberechnungen mit aufgenommen, da die Revisionen hier nicht das Ventil an sich, sondern das gesamte Shuntsystem betrafen.

Die statistische Analyse des Patientenkollektivs erfolgte mit dem Statistikprogramm SPSS Version 26. Die deskriptiven Daten wurden mittels absoluter und relativer Häufigkeit dargestellt. Zudem wurde mittels Kreuztabellen eine mögliche Korrelation der verschiedenen Faktoren getestet. Ein Ergebnis des Chi-Quadrat-Tests von $p \leq 0{,}05$ wurde als signifikant angenommen. Des Weiteren wurden Kaplan-Meier-Kurven zum Abschätzen des Shunt- und Ventilüberlebens bezogen auf Patientenalter, Ätiologie, Revisionsgrund und Ventiltyp berechnet. Diese wurden anschließend mit dem Log-Rank-Test

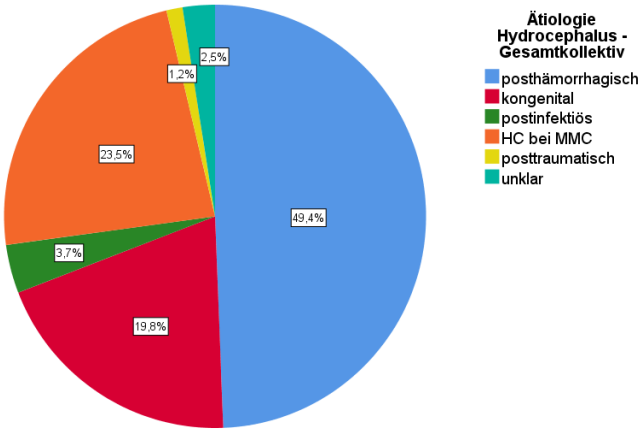
verglichen, auch hier lag das Signifikanzniveau bei ≤5%. Die graphische Darstellung der erhobenen Daten wurde wieder mit SPSS Version 26 angefertigt.

Die Auswertung und Darstellung des Fragebogens fanden ebenfalls mit Microsoft Office Excel 2016 und SPSS Version 26 statt. Es wurden die absoluten und relativen Häufigkeiten ermittelt, sowie zur Bestimmung von Anhängigkeiten Kreuztabellen erstellt. Zur besseren Darstellung wurden alle Prozentwerte entsprechend gerundet.

3 Ergebnisse

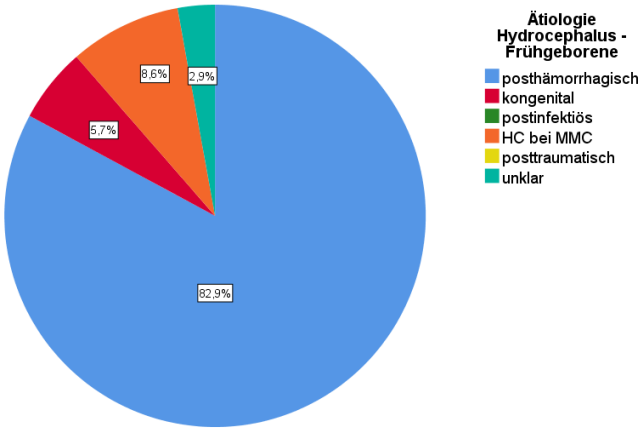
3.1 Patientenkollektiv

Insgesamt wurden 81 Patienten in die Studie eingeschlossen, davon 43 männliche und 38 weibliche Patienten. Im Schnitt wurden die Patienten 226 Monate (18,8 Jahre) beobachtet. Das entspricht einem Minimum von 108 Monaten (9 Jahren) und einem Maximum von 441 Monaten (36,7 Jahre).



Die größte Gruppe stellte der posthämorrhagische Hydrocephalus mit 49,4% (n=40) dar, darauf folgte mit 23,5% (n=19) der Hydrocephalus bei Meningomyelocele und mit 19,8% (n=16) der kongenitale Hydrocephalus (Abb. 9). Bei 3,7% (n=3) war die Ursache postinfektiös und bei 2,5% (n=2) war sie unklar. Lediglich bei 1,2% (n=1) war ein Trauma ursächlich.

Abb. 9: Relative Häufigkeiten der Ätiologie des Hydrocephalus der 81 Patienten



Bezogen auf die Frühgeburtlichkeit ergab diese Gruppe 35 Fälle (16 männliche und 19 weibliche Patienten). Hiervon litten 82,9% (n=29) an einem posthämorrhagischen, 5,7% (n=2) an einem kongenitalen Hydrocephalus (Abb. 10). Bei 8,6% (n=3) bestand zusätzlich zum Hydrocephalus eine Meningomyelocele und bei 2,9% (n=1) war die Ursache unklar.

Abb. 10: Relative Häufigkeiten der Ätiologie des Hydrocephalus der 35 Frühgeborenen

Eine Gegenüberstellung der Ätiologie des Hydrocephalus mit dem Geburtsalter ergab nachstehende graphische Darstellung (Abb. 11). Hier zeigte sich eine deutliche Häufung des posthämorrhagischen Hydrocephalus (82,9%; n=29) in der Gruppe der Frühgeborenen. In der Gruppe der Reifgeborenen litten lediglich 23,9% (n=11) an einem posthämorrhagischen Hydrocephalus.

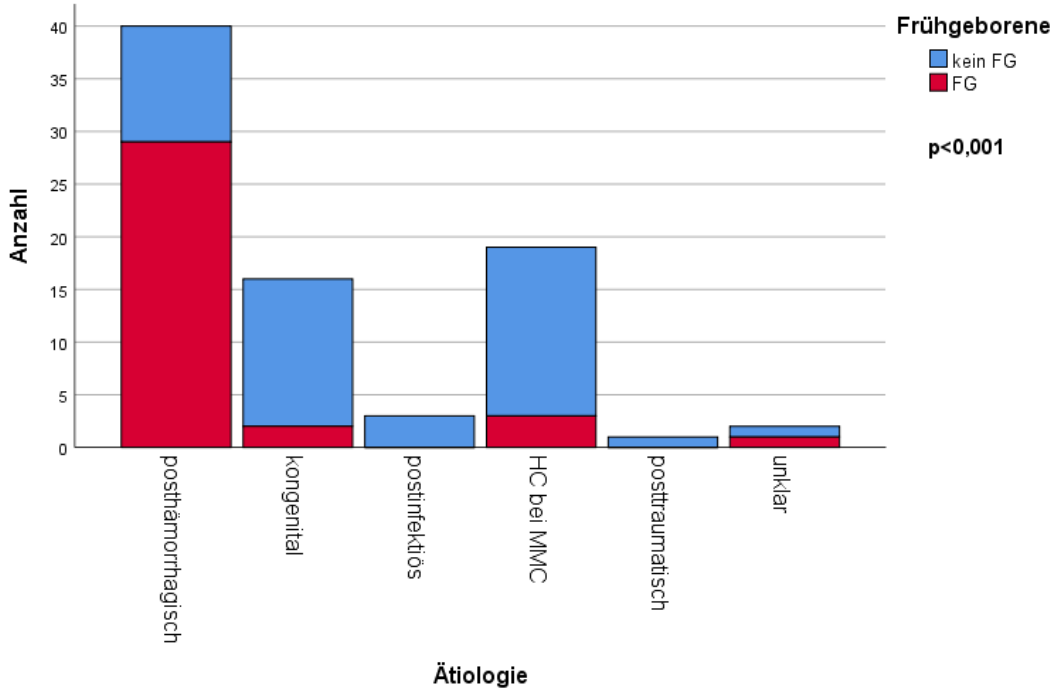


Abb. 11: Graphische Darstellung der Verteilung des Geburtsalters der 81 Patienten auf die verschiedenen Ätiologien des Hydrocephalus

Unter den Reifgeborenen stellte der Hydrocephalus bei Meningomyelocele mit 34,8% (n=16) den größten Anteil dar. Nur knapp weniger Fälle (30,4%; n=14) waren es beim kongenitalen Hydrocephalus. Eine statistische Analyse brachte einen signifikanten Unterschied in der Verteilung des Patientenkollektivs in Abhängigkeit vom Geburtsalter und der Ätiologie des Hydrocephalus (p<0,001).

3.1.1 Primäroperationen

Als erstes wurden nun die Primäroperationen der 81 Patienten analysiert. Die Indikationen für diese Eingriffe folgerten sich aus dem klinischen Verlauf der oben genannten Ätiologien der Hydrocephali.

a) Ätiologie – Gesamtkollektiv

Das Überleben des ersten Shuntsystems in Abhängigkeit von der Ätiologie ergab nachfolgende Kaplan-Meier-Kurve (Abb. 12). Von den 40 posthämorrhagischen Hydrocephali mussten 27 revidiert werden, sodass nur 32,5% (n=13) ohne erneute Operation auskamen. Das mittlere Überleben des Shuntsystems in dieser Gruppe betrug 9,8 Jahre. Einen ähnlichen Anteil an Patienten ohne nötige Revision (33,3%; n=1) ergab die Gruppe des postinfektiösen Hydrocephalus. Hier mussten 2 von 3 Patienten nochmals operiert werden. Das mittlere Shuntüberleben betrug hier den längsten Zeitraum mit 18,1 Jahre. Beim kongenitalen Hydrocephalus mussten sich sogar 14 von 16 Patienten einer Revision unterziehen. Lediglich 12,5% (n=2) zeigten keinerlei Komplikationen. Das mittlere Shuntüberleben erreichte 7,3 Jahre. Der Hydrocephalus bei Meningomyelocele zeigte bei 14 von 19 Patienten einen Austausch des Ventilsystems. 26,3% (n=5) blieben ohne Revisionsoperation. Das mittlere Shuntüberleben betrug 9,3 Jahre. In der kleinen Gruppe des posttraumatischen Hydrocephalus musste ein Patient revidiert werden. Hier betrug das mittlere Überleben des Shuntsystems 5,9 Jahre. Ebenfalls ein sehr kleines Kollektiv stellte der Hydrocephalus bei unklarer Genese dar. Hier musste 1 von 2 Patienten erneut operiert werden. Das mittlere Shuntüberleben ergab 5,1 Jahre. Das Überleben des ersten Shuntsystems in Anhängigkeit von der Ätiologie zeigte keinen signifikanten Unterschied (p=0,874).

Insgesamt waren bei 27,2% (n=22) keine weiteren Operationen notwendig. Das Gesamtshuntüberleben betrug durchschnittlich 9,6 Jahre.

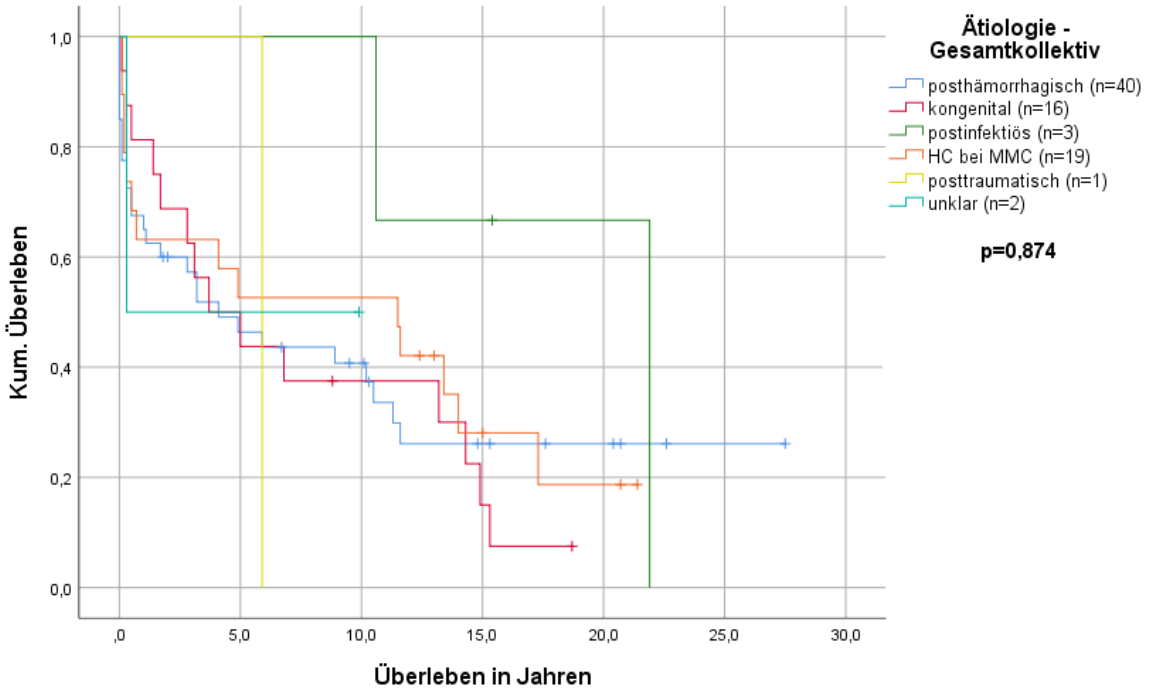


Abb. 12: Überlebenskurven der gesamten Shuntsysteme der 81 Patienten in Abhängigkeit von der Ätiologie des Hydrocephalus

b) Patientenalter - Gesamtkollektiv

Das mittlere Alter bei Primäroperation betrug 14,4 Wochen (0-186 Wochen).

Um das Überleben des ersten Shuntsystems in Abhängigkeit vom Alter bei Implantation darzustellen, wurde ebenfalls eine Kaplan-Meier-Kurve erstellt (Abb. 13).

In der Gruppe mit Implantationsalter bis zum 30. Lebenstag waren es 38 Patienten, wovon 27 im Schnitt nach 10,0 Jahren revidiert werden mussten. Lediglich 28,9% (n=11) blieben ohne Revision.

In der Gruppe bis zum 60. Lebenstag fanden sich 13 Patienten, wovon 8 nach durchschnittlich 11,8 Jahren operativ revidiert werden mussten. Hier waren es 38,5% (n=5), die keine weitere Operation benötigten.

Das Kollektiv bis zum 100. Lebenstag bestand aus 10 Kindern, wovon 9 bereits im Mittel nach 5,1 Jahren einen Wechsel des Shuntsystems benötigten, sodass nur 10% (n=1) der Kinder ohne Revision auskamen.

In der letzten Gruppe über 100 Tage befanden sich 20 Kinder, wovon 15 nach durchschnittlich 8,8 Jahren revidiert werden mussten. In der letzten Gruppe stieg der Prozentsatz ohne Revision wieder auf 25% (n=5).

Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede bei Vergleich der Altersgruppen (p=0,308).

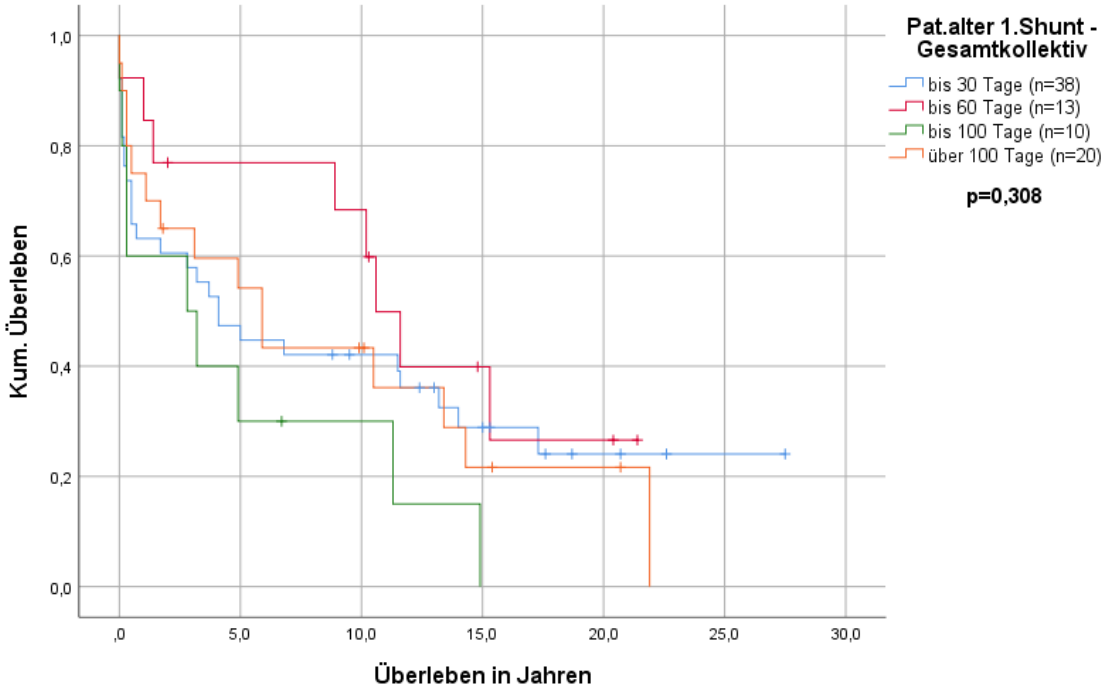


Abb. 13: Überlebenskurven der gesamten Shuntsysteme der 81 Patienten in Abhängigkeit vom Implantationsalter

c) Ventiltypen - Gesamtkollektiv

Als nächster Schritt erfolgte die Analyse der Ventiltypen bei Primäroperation der 81 Patienten.

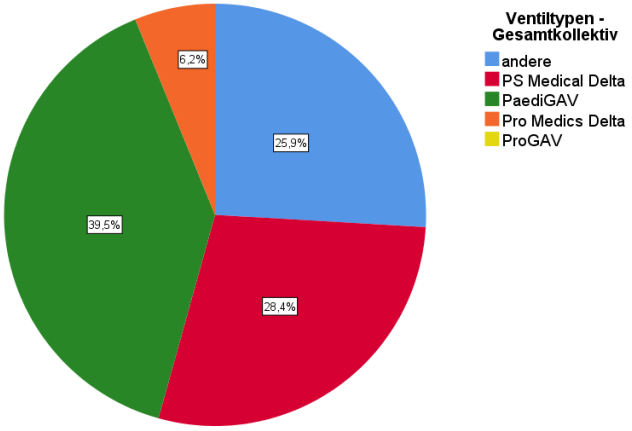


Abb. 14: Relative Häufigkeiten der Ventiltypen bei Primäroperation der 81 Patienten

Das in dieser Studie am häufigsten verwendete Ventil bei der Primäroperation war das PaediGAV mit 39,5% (n=32) (Abb. 14). Darauf folgte mit 28,4% das PS Medical Delta Ventil (n=23), knapp vor der Kategorie „andere“ (siehe Methodik Kap. 2.1 Patientenkollektiv) mit 25,9% (n=21). Den Abschluss bildeten die Pro Medics Delta Ventile mit 6,2% (n=5). proGAV wurde bei der Primäroperation noch nicht verwendet.

Demnach entstand folgende Verteilung der Ventiltypen auf die verschiedenen Ätiologien des Hydrocephalus (Abb. 15). Beim posthämorrhagischen Hydrocephalus wurde mit deutlichem Abstand das PaediGAV am häufigsten verwendet. 56,3% (n=18) dieses Ventils entfielen alleine auf diese Hydrocephalusform. 47,8% (n=11) der PS Medical Delta Ventile und 60,0% (n=3) der Pro Medics Delta Ventile wurden ebenfalls bei dieser Ätiologie eingesetzt. In der Gruppe des kongenitalen Hydrocephalus waren mit 28,6% (n=6) der anderen Ventile diese die häufigsten. Es folgten mit 21,7% (n=5) die PS Medical Delta Ventile. Mit 21,9% (n=7) der PaediGAV stellten diese auch in der Gruppe des Hydrocephalus bei Menginomyelocele die meisten dar. Gefolgt von 26,1 % (n=6) der PS Medical Delta Ventile und 23,8% (n=5) der anderen Ventile. In der Gruppe des Hydrocephalus mit unklarer Genese wurden ausschließlich PaediGAV (6,3%; n=2) verwendet. Im Falle des einen posttraumatischen Hydrocephalus wurde hier ein Ventil aus der Gruppe der anderen (4,8%) verwendet. Als letztes wurde noch der postinfektiöse Hydrocephalus analysiert. Hier wurden 4,8% (n=1) der anderen Ventile, 4,3% (n=1) der PS Medical Delta Ventile und 3,1% (n=1) der PaediGAV verwendet. Insgesamt ließ sich kein signifikanter Unterschied nachweisen (p=0,875).

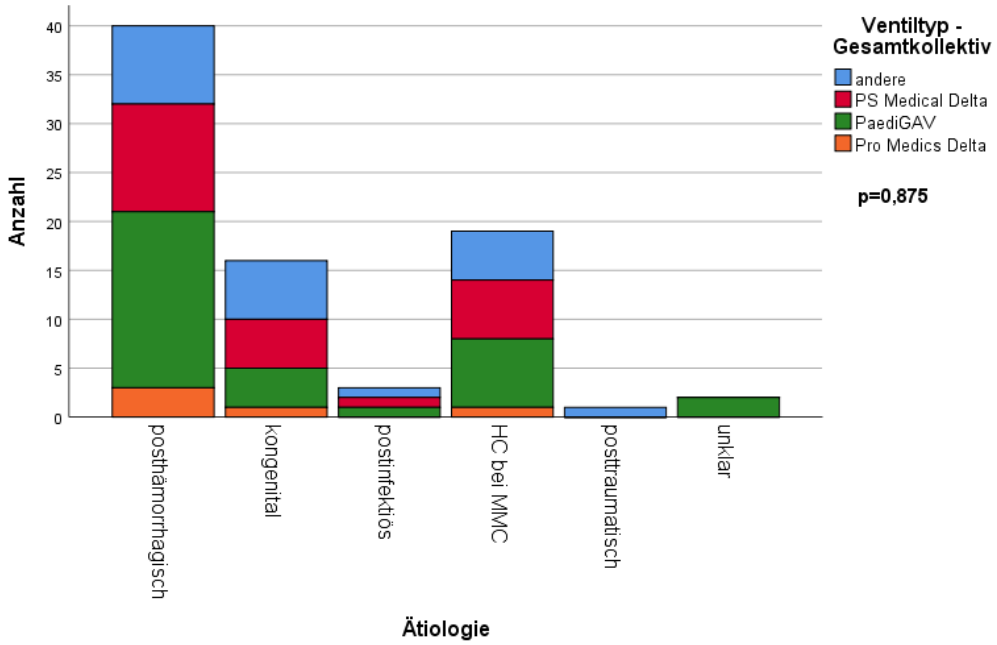


Abb. 15: Graphische Darstellung der Verteilung der Ventiltypen auf die Ätiologie des Hydrocephalus der 81 Patienten

Erneut war das Überleben des Shuntsystems von Bedeutung, diesmal in Abhängigkeit vom implantierten Ventiltyp (Abb. 16, Tab. 4, 5). Die Gruppe der PaediGAV stellte den größten Anteil dar. 23 der 32 Ventile mussten nach durchschnittlich 5,7 Jahren revidiert werden. Nur 28,1 % (n=9) blieb ohne Revision. Die Revisionsgründe verteilten sich wie folgt: 9 Ventildysfunktionen, 4 Infektionen, 2 zentrale und 4 periphere Diskonnektionen und 4 Obstruktionen. In der Gruppe der PS Medical Delta Ventile mussten 17 der 23 Ventile im Schnitt nach 10,5 Jahren ersetzt werden, 4 aufgrund einer Ventildysfunktion, 6 aufgrund einer zentralen und 2 aufgrund einer peripheren Diskonnektion und 5 aufgrund einer Obstruktion. Lediglich 26,1% (n=6) blieben ohne Revision. In der Gruppe der anderen Ventile wurden 16 von 21 Ventilen nach durchschnittlich 10,0 Jahren revidiert, ursächlich hierfür waren 8 Ventildysfunktionen, 1 Infektion, 2 zentrale und 4 periphere Diskonnektionen und 1 Obstruktion. Hier zeigte sich der kleinste Prozentsatz mit 23,8% (n=5) ohne Revision. In der Gruppe der Pro Medics Delta lag die geringste Revisionsrate vor. 3 von 5 Ventilen mussten nach 11,4 Jahren ausgetauscht werden, was einen revisionsfreien Anteil von 40,0% (n=2) ausmachte. Hier traten lediglich 2 Ventildysfunktionen und 1 periphere Diskonnektion auf. Ein statistischer Vergleich der verschiedenen Shuntüberlebenskurven bezogen auf die Ventiltypen zeigte keinen signifikanten Unterschied (p=0,351).

		Ventiltyp				
		andere	PS Medical Delta	PaediGAV	Pro Medics Delta	Gesamt
Revisionsgründe	keine Revision	5	6	9	2	22
	Ventildysfunktion	8	4	9	2	23
	Infektion	1	0	4	0	5
	Diskonnektion zentral	2	6	2	0	10
	Diskonnektion peripher	4	2	4	1	11
	Obstruktion	1	5	4	0	10
Gesamt		21	23	32	5	81

Tab. 4: Verteilung der Revisionsgründe auf die 81 beobachteten Shuntsysteme

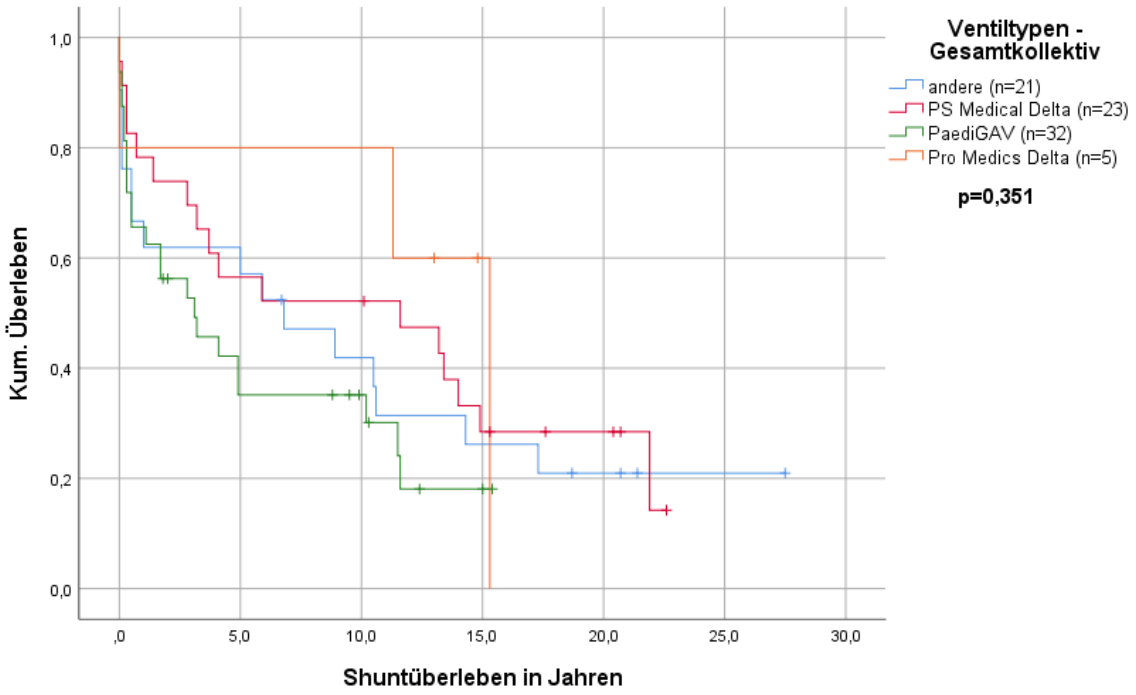


Abb. 16: Shuntüberlebenskurven der 81 Patienten in Abhängigkeit vom Ventiltyp

ÜL / Ventiltyp	1 Jahres ÜL	2 Jahres ÜL	5 Jahres ÜL	10 Jahres ÜL
Andere (21)	66,7%	61,9%	61,9%	41,9%
PS Medical (23)	78,3%	73,9%	56,5%	52,2%
PaediGAV (32)	65,6%	56,3%	35,2%	35,2%
Pro Medics (5)	80,0%	80,0%	80,0%	80,0%

Tab. 5: Shuntüberleben der 81 Patienten in Abhängigkeit vom Ventiltyp

Neben dem Shuntüberleben war auch das Ventilüberleben von Bedeutung (Abb. 17, Tab. 6). In der Gruppe der PS Medical Delta Ventile zeigte sich mit 19,2 Jahren das längste durchschnittliche Ventilüberleben. Insgesamt fielen hier 4 Ventile aufgrund einer Dysfunktion aus. Die weiteren Revisionsgründe (6 zentrale, 2 periphere Diskonnektionen und 5 Obstruktionen) wurden bei dem Ventilüberleben als zensierte Fälle in das Überleben mit einberechnet. Bei den PaediGAV betrug das mittlere Ventilüberleben 10,4 Jahre. Hier waren es 9 Ventildysfunktionen, sowie jeweils 4 Infektionen, periphere Diskonnektionen und Obstruktionen und 2 zentrale Diskonnektionen. Bei den Pro Medics Delta Ventilen war das Ventilüberleben 12,2 Jahre aufgrund von 2 Ventildysfunktionen. Eine periphere Diskonnketion ging in dieser Ventilgruppe als zensierter Fall in das Überleben mit ein. In der Gruppe der anderen Ventile ergab sich ein mittleres Ventilüberleben von 16,7 Jahre. Die Revisionsgründe verteilten sich auf 8 Ventildysfunktionen, jeweils eine Infektion und Obstruktion, sowie 2 zentrale und 4 periphere Diskonnektionen. Daraus errechnete sich ein Gesamtüberleben für die Ventile von 17,6 Jahren. Die Ergebnisse waren nicht signifikant (p=0,366).

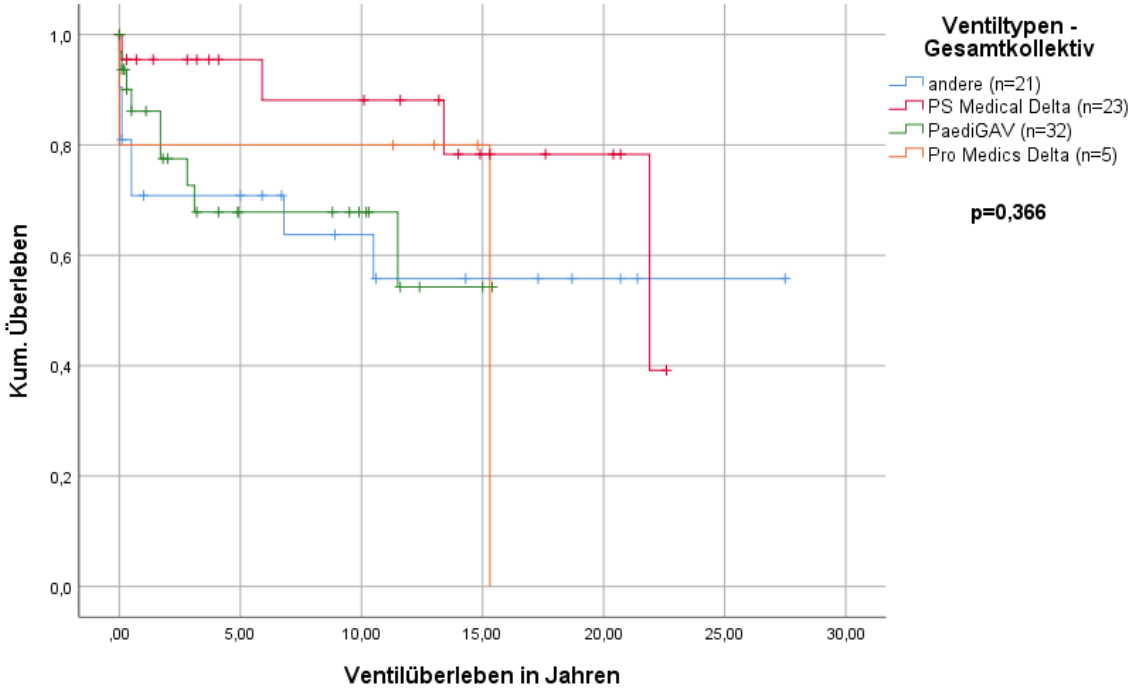


Abb. 17: Ventilüberlebenskurven der 81 Patienten

ÜL / Ventiltyp	1 Jahres ÜL	2 Jahres ÜL	5 Jahres ÜL	10 Jahres ÜL
Andere (21)	70,8%	70,8%	70,8%	63,8%
PS Medical (23)	95,5%	95,5%	95,5%	88,1%
PaediGAV (32)	86,1%	77,5%	67,8%	67,8%
Pro Medics (5)	80,0%	80,0%	80,0%	80,0%

Tab. 6: Ventilüberleben der 81 Patienten in Abhängigkeit vom Ventiltyp

d) Revisionsgründe - Gesamtkollektiv

Als letzten Analysepunkt der Primäroperationen galt es die Ursachen für einen möglichen Ausfall des Shuntsystems zu identifizieren. Auch hier wurde zur Veranschaulichung eine graphische Darstellung anhand einer Kaplan-Meier-Kurve gewählt, die die Dauer bis zum Auftreten einer Komplikation aufzeigte (Abb. 18, Tab. 7). Insgesamt mussten 59 Patienten aufgrund eines Fehlers des Shuntsystems revidiert werden.

Bei 23 Patienten war eine Ventildysfunktion ursächlich. Ebenfalls einen großen Anteil stellte die Diskonnektion dar (10 zentral, 11 peripher). In 10 Fällen lag eine Obstruktion des Systems vor. Nur in 5 Fällen war eine Infektion die Ursache. Die Infektion führte im Durchschnitt bereits nach 1,8 Monaten zu einem Austausch des Systems, wohingegen eine Fehlfunktion aufgrund einer peripheren Diskonnektion im Schnitt erst nach 9,6 Jahren eintrat. Gleichermaßen sehr spät traten Revisionen aufgrund einer zentralen Diskonnektion (5,6 Jahre) oder Ventildysfunktion (4,2 Jahre) auf. Eine Obstruktion führte im Durchschnitt nach 2,4 Jahren zu einem Ausfall des Shuntsystems. Die Zeit bis zum Auftreten dieser verschiedenen Komplikationen zeigte einen deutlich signifikanten Unterschied (p<0,001).

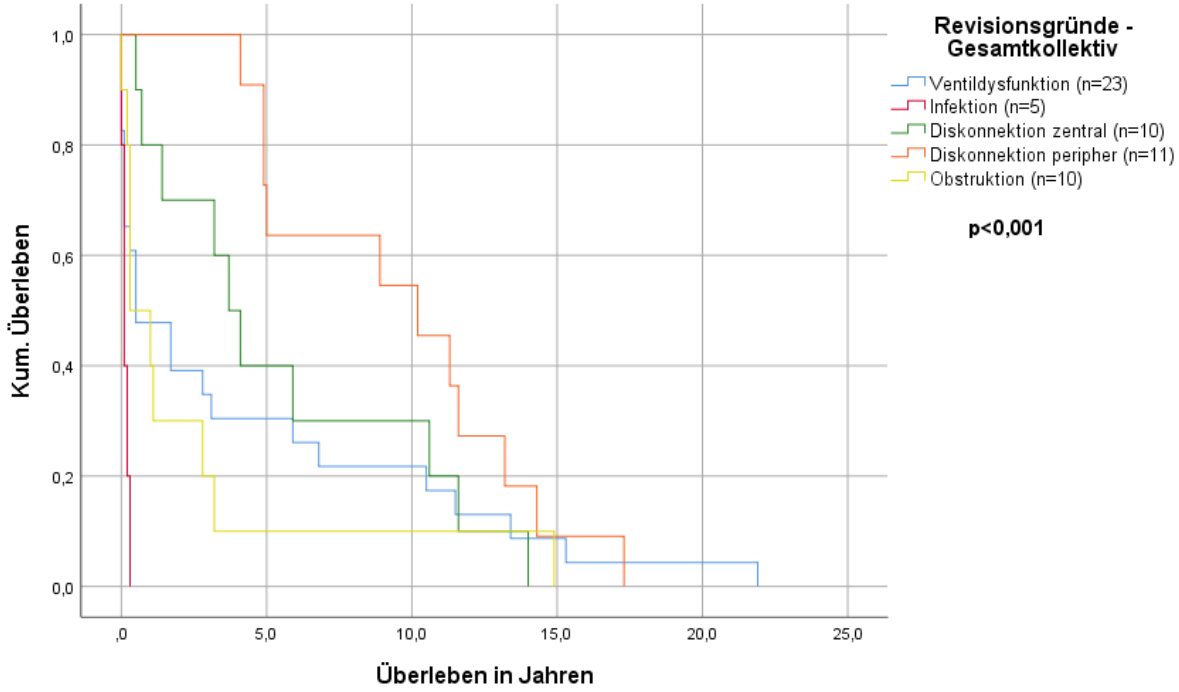


Abb. 18: Überlebenskurven der gesamten Shuntsysteme der 81 Patienten in Abhängigkeit vom Revisionsgrund

ÜL / Revisionsgrund	1 Jahres ÜL	2 Jahres ÜL	5 Jahres ÜL	10 Jahres ÜL
Ventildysfunktion (23)	47,8%	39,1%	30,4%	21,7%
Infektion (5)	0,0%			
Diskonnektion zentral (10)	80,0%	70,0%	40,0%	30,0%
Diskonnektion peripher (11)	100%	100%	72,7%	54,5%
Obstruktion (10)	40%	30%	10%	10%

Tab. 7: Überleben der gesamten Shuntsysteme der 81 Patienten in Abhängigkeit vom Revisionsgrund

e) Zusammenfassung – Gesamtkollektiv

Nachstehende Tabelle fasst nochmals alle wichtigen Eckpunkte der Primäroperationen des Gesamtkollektives zusammen (Tab. 8). Die Daten wurden nach den Ventilen aufgeteilt, da diese den Kern dieser Arbeit darstellten.

Der prozentuale Anteil der Revisionsgründe bezieht sich auf die Gesamtzahl der Revisionen, nicht auf die Gesamtzahl der beobachteten Shuntsysteme.

1. Shunt Gesamtkollektiv	PaediGAV		PS Medical Delta		Pro Medics Delta		Andere		Gesamt	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Gesamtzahl	32	39,5	23	28,4	5	6,2	21	25,9	81	100,0
Männlich	13	40,6	14	60,9	5	100,0	11	52,4	43	53,1
FG	14	43,8	11	47,8	2	40,0	8	38,1	35	43,2
Pat.alter 1. Shunt										
• bis 30. Lebenstag	15	46,9	12	52,2	1	20,0	10	47,6	38	46,9
• bis 60. Lebenstag	4	12,5	2	8,7	3	60,0	4	19,0	13	16,0
• bis 100. Lebenstag	4	12,5	3	13,0	1	20,0	2	9,5	10	12,3
• über 100. Lebenstag	9	28,1	6	26,1	0	0	5	23,8	20	24,7
Ätiologie										
• Posthämorrhagisch	18	56,3	11	47,8	3	60,0	8	38,1	40	49,4
• Kongenital	4	12,5	5	21,7	1	20,0	6	28,6	16	19,8
• Postinfektiös	1	3,1	1	4,3	0	0	1	4,8	3	3,7
• HC bei MMC	7	21,9	6	26,1	1	20,0	5	23,8	19	23,5
• Posttraumatisch	0	0	0	0	0	0	1	4,8	1	1,2
• unklar	2	6,3	0	0	0	0	0	0	2	2,5
Revisionsgrund										
• Ventildysfunktion	9	39,1	4	23,5	2	66,7	8	50,0	23	39,0
• Infektion	4	17,4	0	0	0	0	1	6,3	5	8,5
• Diskonnektion zentral	2	8,7	6	35,3	0	0	2	12,5	10	16,9
• Diskonnektion peripher	4	17,4	2	11,8	1	33,3	4	25,0	11	18,6
• Obstruktion	4	17,4	5	29,4	0	0	1	6,3	10	16,9

Tab. 8: Zusammenfassung der Primäroperationen der 81 Patienten

Die gleichen Analysen der Primäroperationen wurden auch für die Gruppe der Frühgeborenen durchgeführt.

a) Ätiologie – Frühgeborene

Das Überleben der ersten Shuntsysteme in Abhängigkeit von der Ätiologie zeigte diese Kaplan-Meier-Kurven (Abb. 19). Von den 29 posthämorrhagischen Fällen mussten 21 revidiert werden. Das entsprach einem Prozentsatz von 27,6% (n=8) der Patienten, die ohne erneute Operation auskamen. Das mittlere Shuntüberleben betrug 6,8 Jahre. Im Falle des Hydrocephalus mit unklarer Genese waren es sogar 100,0% (n=1), mit einem mittleren Shuntüberleben von 9,9 Jahre. Beim kongenitalen (n=2), sowie beim Hydrocephalus bei Meningomyelocele (n=3) mussten alle Patienten revidiert werden. Beim kongenitalen Hydrocephalus ergab sich ein mittleres Shuntüberleben von 3,6 Jahren. Beim Hydrocephlus bei Meningomyelocele waren es im Schnitt 9,2 Jahre. Von den 35 beobachteten Patienten mussten 26 mindestens einmal aufgrund einer Fehlfunktion des Shuntsystems operiert werden. Nur 25,7% (n=9) behielten ihr erstes Ventil bis zum Endpunkt des Beobachtungszeitraums. Insgesamt errechnete sich ein durchschnittliches Shuntüberlebenszeiten von 6,9 Jahren. Die Shuntüberlebenszeiten zeigten keinen signifikanten Unterschied (p=0,640).

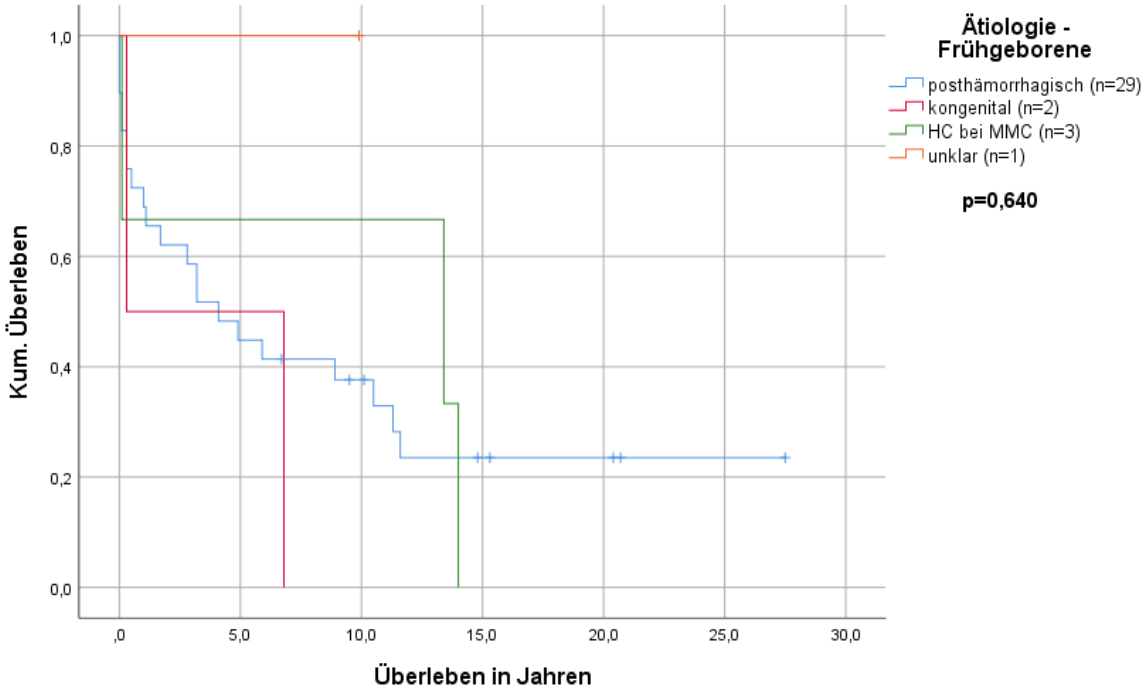


Abb. 19: Überlebenskurven der gesamten Shuntsysteme der 35 Frühgeborenen in Abhängigkeit von der Ätiologie des Hydrocephalus

b) Patientenalter – Frühgeborene

In der Gruppe der Frühgeborenen lag das mittlere Alter bei Primäroperation bei 11,1 Wochen (0-74 Wochen). Auch dieses Kollektiv wurde in 4 Gruppen dem Implantationsalter entsprechend eingeteilt. In dieser Kohorte erfolgte wiederum eine Analyse der Shuntüberlebenszeiten (Abb. 20).

In der Gruppe der Shuntimplantation bis zum 30. Lebenstag waren es 14 Patienten, wovon 11 im Schnitt nach 8,0 Jahren revidiert werden mussten. Lediglich 21,4% (n=3) blieben ohne Revision.

In der Gruppe bis zum 60. Lebenstag fanden sich 5 Patienten, wovon 3 nach durchschnittlich 12,5 Jahren einen Wechsel des Shuntsystems erhielten. Hier waren es sogar 40,0% (n=2), die keine weitere Operation benötigten.

Das Kollektiv bis zum 100. Lebenstag bestand aus 8 Kindern, wovon 7 bereits im Mittel nach 3,9 Jahren operativ korrigiert werden mussten, sodass nur 12,5% (n=1) der Kinder ohne Revision auskamen.

In der letzten Gruppe über 100 Lebenstage befanden sich 8 Kinder, wovon 5 nach durchschnittlich 10,2 Jahren revidiert werden mussten. In dieser Gruppe stieg der Prozentsatz ohne Revision wieder auf 37,5% (n=3).

Die statistische Auswertung der Kaplan-Meier-Kurven zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen (p=0,190).

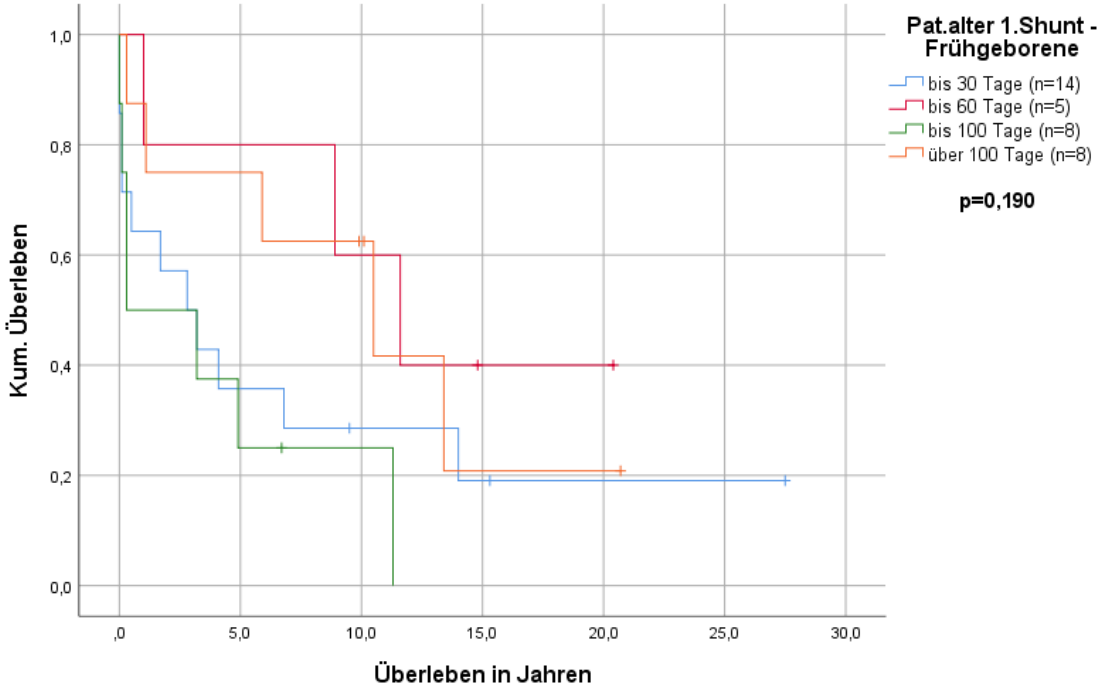


Abb. 20: Überlebenskurven der gesamten Shuntsysteme der 35 Frühgeborenen in Abhängigkeit vom Implantationsalter

c) Ventiltypen - Frühgeborene

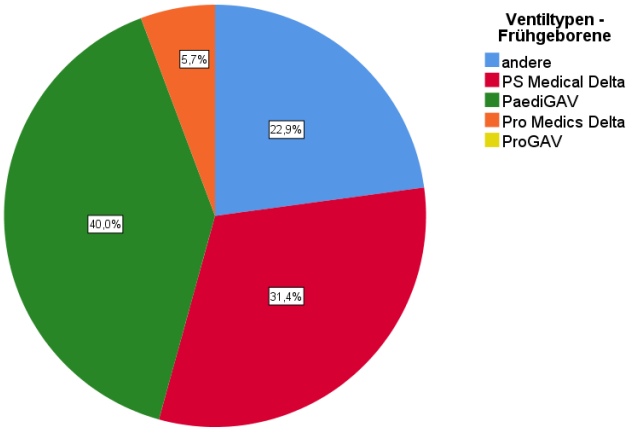


Abb. 21: Relative Häufigkeiten der Ventiltypen bei Primäroperation der 35 Frühgeborenen

Die Ventiltypverteilung stellte sich ähnlich zum Gesamtkollektiv dar (Abb. 21). Auch hier war die größte Gruppe mit 40,0% (n=14) die Gruppe der PaediGAV. Es folgten mit 31,4% (n=11) die PS Medical Delta Ventile, sowie mit 22,9% (n=8) die Gruppe der anderen Ventile. Pro Medics Delta Ventile wurden nur in 5,7% (n=2) der Fälle verwendet. Auch in diesem Patientenkollektiv gab es keine proGAV bei Primäroperation.

Die Verteilung der Ventile auf die verschiedenen Ätiologien ergab folgende Grafik (Abb.22). Mit 85,7% (n=12) der PaediGAV wurden diese am häufigsten in der Gruppe des posthämorrhagischen Hydrocephalus verwendet, gefolgt von 72,7% (n=8) der PS Medical Delta Ventile und 87,5 % (n=7) der anderen Ventile. Das Pro Medics Delta Ventil wurde sogar zu 100% (n=2) nur im Falle dieser Ätiologie eingesetzt. Das PS Medical Delta wurde außerdem noch beim Hydrocephalus bei Meningomyelocele verwendet (27,3%; n=3). Im Falle des kongenitalen Hydrocephalus wurden 12,5% (n=1) der anderen Ventile und 7,1% (n=1) der PaediGAV verwendet. Bei der unklaren Genese waren es ebenfalls 7,1% (n=1) der PaediGAV. Diese Aufteilung der Ventile erbrachte kein signifikantes Ergebnis (p=0,373).

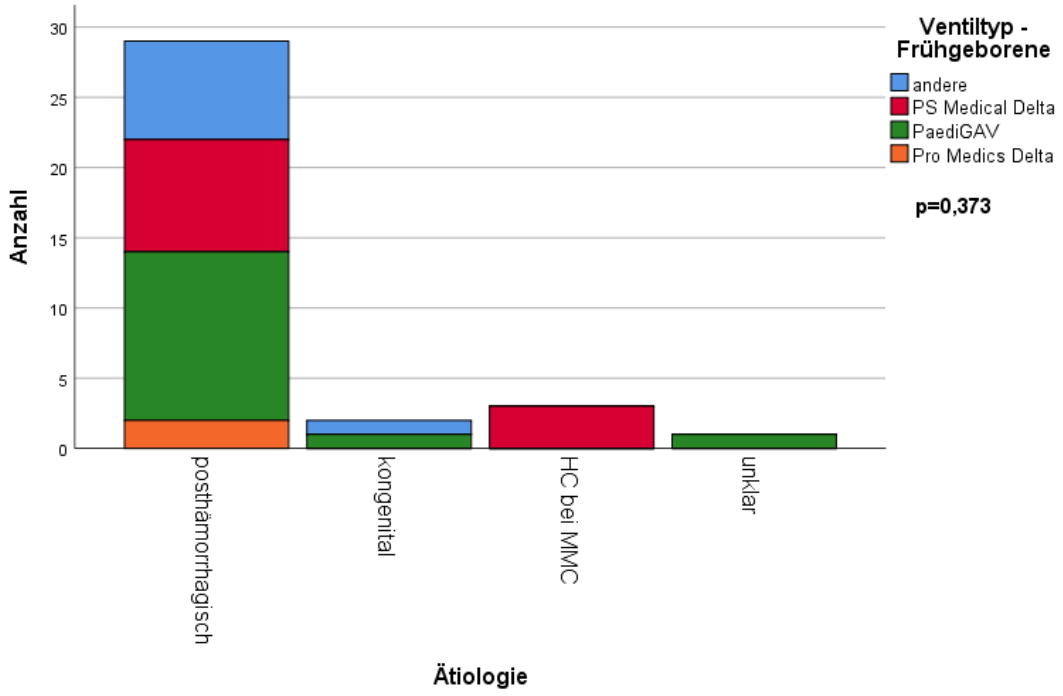


Abb. 22: Graphische Darstellung der Verteilung der Ventiltypen auf die Ätiologie des Hydrocephalus der 35 Frühgeborenen

Auch in diesem Patientenkollektiv war die Überlebenszeit des gesamten Shuntsystems in Abhängigkeit vom Ventiltyp von Interesse. So erfolgte auch hier eine Auswertung mittels Kaplan-Meier-Kurve (Abb. 23, Tab. 10).

Ebenso wie in der Gruppe des Gesamtkollektives stellte das PaediGAV die größte Gruppe dar. 12 von 14 Ventilen wurden im Schnitt nach 3,6 Jahren revidiert, ursächlich hierfür waren 4 Ventildysfunktionen, 2 Infektionen, 2 zentrale und 1 periphere Diskonnektion und 3 Obstruktionen (Tab. 9). Daraus resultierte das 14,3% (n=2) ohne Revision verblieben. Die zweitstärkste Gruppe waren die PS Medical Delta Ventile, hier wurden 7 (3 Ventildysfunktionen, 3 zentrale Diskonnektionen und 1 Obstruktion) von 11 nach durchschnittlich 11,0 Jahren ausgetauscht. 36,4% (n=4) mussten sich keiner Revisionsoperation unterziehen. In der Gruppe der anderen Ventile wurden 6 von 8 im Schnitt nach 8,5 Jahren ersetzt, sodass nur 25,0% (n=2) keine Re-operation benötigten. Die Revisionsgründe verteilten sich hier wie folgt: 4 Ventildysfunktionen, 1 periphere Diskonnektion und 1 Obstruktion. Von den Pro Medics Delta Ventilen musste 1 von 2 aufgrund einer peripheren Diskonnektion nach durchschnittlich 13,1 Jahren ausgetauscht werden, was einer Revisionsrate von 50% (n=1) entsprach. Die Unterschiede in den Überlebenszeiten der verschiedenen Ventiltypen zeigten lediglich eine Borderline-Signifikanz (0,068).

		Ventiltyp				
		andere	PS Medical Delta	PaediGAV	Pro Medics Delta	Gesamt
Revisionsgrund	keine Revision	2	4	2	1	9
	Ventildysfunktion	4	3	4	0	11
	Infektion	0	0	2	0	2
	Diskonnektion zentral	0	3	2	0	5
	Diskonnektion peripher	1	0	1	1	3
	Obstruktion	1	1	3	0	5
Gesamt		8	11	14	2	35

Tab. 9: Verteilung der Revisionsgründe auf die 35 beobachteten Shuntsysteme bei Frühgeborenen

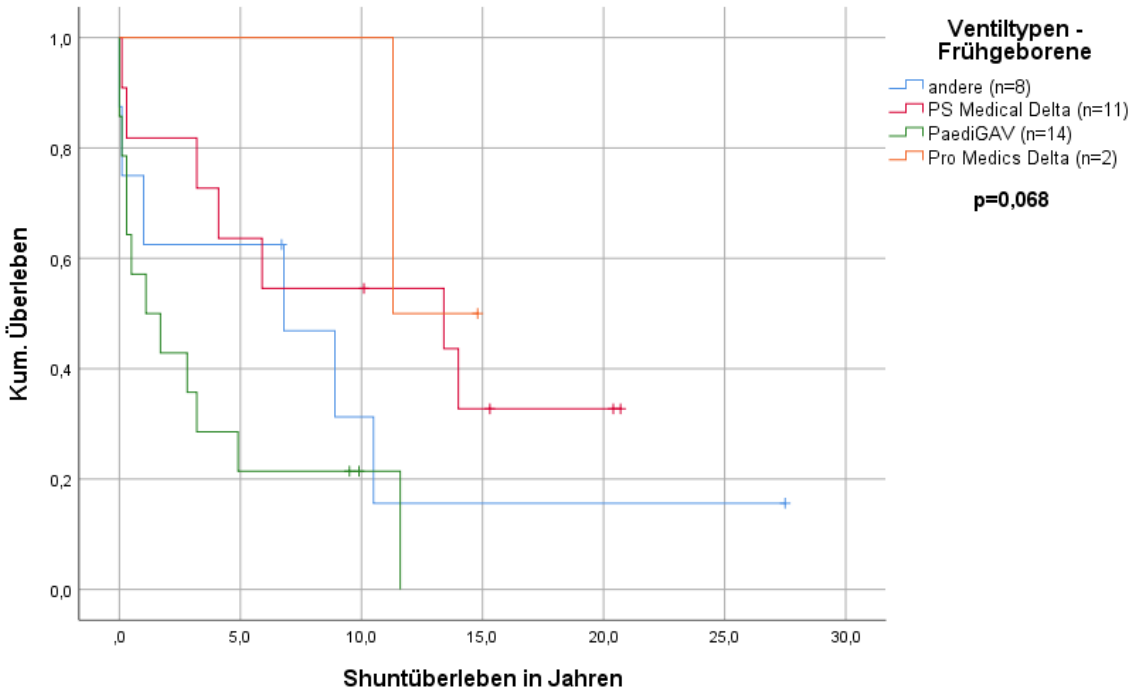


Abb. 23: Shuntüberlebenskurven der 35 Frühgeborenen in Abhängigkeit vom Ventiltyp

ÜL / Ventiltyp	1 Jahres ÜL	2 Jahres ÜL	5 Jahres ÜL	10 Jahres ÜL
Andere (8)	75,0%	62,5%	62,5%	31,3%
PS Medical (11)	81,8%	81,8%	63,6%	54,3%
PaediGAV (14)	57,1%	42,9%	21,4%	21,4%
Pro Medics (2)	100%	100%	100%	100%

Tab. 10: Shuntüberleben der 35 Frühgeborenen in Abhängigkeit vom Ventiltyp

Neben der Shuntüberlebenszeit war auch die Ventilüberlebenszeit von Interesse (Abb. 24, Tab. 11). In der Gruppe der anderen Ventile betrug das mittlere Ventilüberleben 7,7 Jahre. 4 Ventildysfunktionen limitierten hier das Ventilüberleben, zudem wurden noch jeweils eine periphere Diskonnektion und eine Obstruktion als zensierte Fälle mit in die Berechnungen aufgenommen. Bei den PaediGAV ergab sich ein durchschnittliches Überleben von 3,3 Jahren. Auch hier traten 4 Ventildysfunktionen auf, zudem 2 Infektionen, 2 zentrale und 1 periphere Diskonnektion und 3 Obstruktionen. Bei den Pro Medics Ventilen betrug das Ventilüberleben 13,1 Jahre aufgrund einer peripheren Diskonnektion.In der Gruppe der PS Medical Delta Ventile ergab sich ein mittleres Überleben von 9.8 Jahre. Zu diesem Ergebnis kam es durch 3 Ventildysfunktionen, 3 zentrale Diskonnektionen und einer Obstruktion.

Die Unterschiede in den Überlebenszeiten der verschiedenen Ventiltypen zeigten kein signifikantes Ergebnis (0,370).

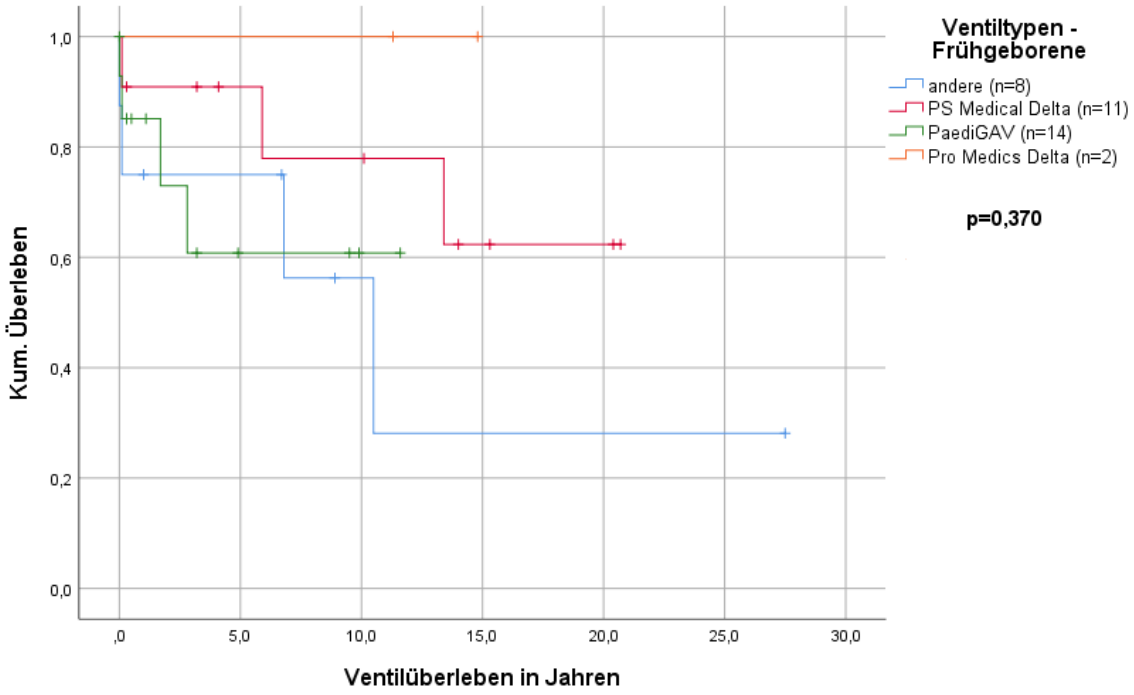


Abb. 24: Ventilüberlebenskurven der 35 Frühgeborenen

ÜL / Ventiltyp	1 Jahres ÜL	2 Jahres ÜL	5 Jahres ÜL	10 Jahres ÜL
Andere (8)	75,0%	75,0%	75,0%	56,3%
PS Medical (11)	90,9%	90,9%	90,0%	77,9%
PaediGAV (14)	85,1%	73,0%	60,8%	60,8%
Pro Medics (2)	100%	100%	100%	100%

Tab. 11: Ventilüberleben der 35 Frühgeborenen

d) Revisionsgründe - Frühgeborene

Neben dem revisionsfreien Überleben der verschiedenen Ventile, wurden auch die Gründe für eine mögliche Fehlfunktion des Shuntsystems erfasst. Wie bereits im vorhergehenden Kollektiv wurde auch hier die Zeit bis zum Eintreffen der verschiedenen Revisionsgründe beobachtet (Abb.25, Tab. 12).

Insgesamt mussten 26 von 35 Patienten revidiert werden. Der häufigste Revisionsgrund war die Ventildysfunktion mit 11 Fällen. Sie zeigte ein durchschnittliches Überleben von 3,8 Jahren. Mit jeweils 5 zu revidierenden Patienten trat die zentrale Diskonnektion und die Obstruktion in Erscheinung. Sie unterschieden sich allerdings in ihrer Dauer bis zum Ausfall des Shuntsystems. Die zentrale Diskonnektion wurde im Schnitt nach 6,7 Jahren offensichtlich, die Obstruktion bereits nach 1,2 Jahren. Eine periphere Diskonnektion trat in 3 Fällen als Ursache auf und wurde im Schnitt nach 8,4 Jahren revidiert. Die seltenste Ursache einer Revision stellte die Infektion mit 2 Fällen dar, welche schon nach gerade einmal 2,3 Monaten zu einer Fehlfunktion des Shunts führte. In dieser Analyse zeigte sich ein signifikanter Unterschied im zeitlichen Auftreten der Revisionsgründe (p=0,034).

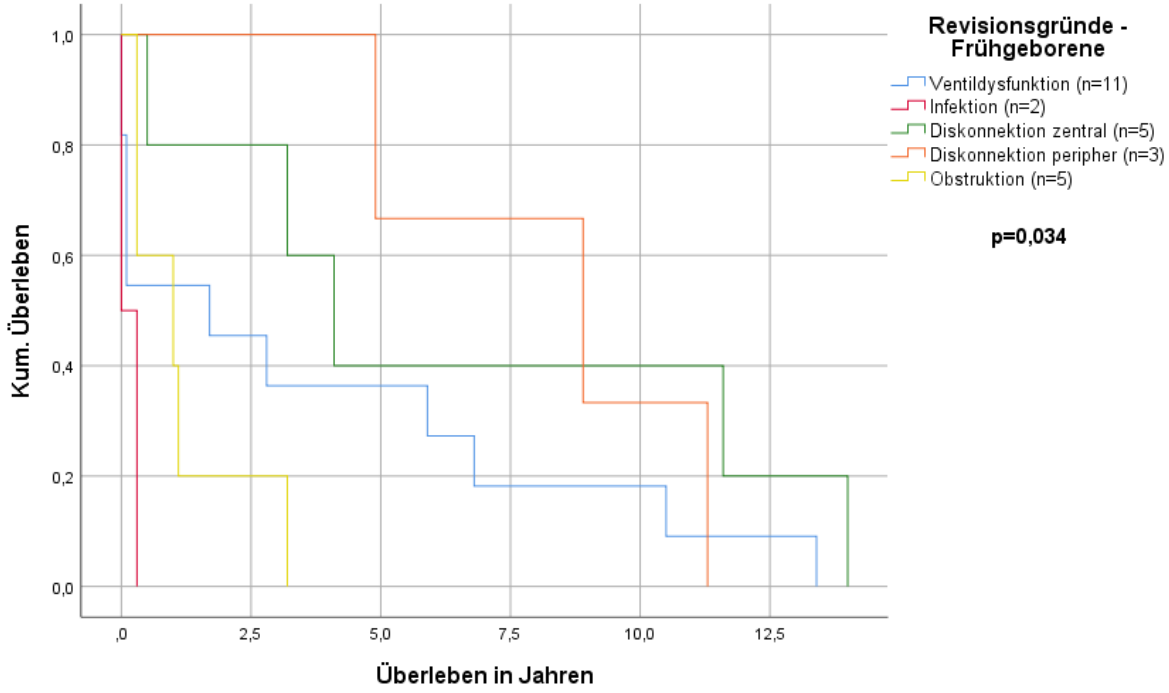


Abb. 25: Shuntüberlebenskurven der 35 Frühgeborenen in Abhängigkeit vom Revisionsgrund

ÜL / Revisionsgrund	1 Jahres ÜL	2 Jahres ÜL	5 Jahres ÜL	10 Jahres ÜL
Ventildysfunktion (11)	54,5%	45,5%	36,4%	18,2%
Infektion (2)	0,0%			
Diskonnektion zentral (5)	80,0%	80,0%	40,0%	40,0%
Diskonnektion peripher (3)	100%	100%	66,7%	33,3%
Obstruktion (5)	40%	20%	0,0%	0,0%

Tab. 12: Shuntüberleben in Abhängigkeit vom Revisionsgrund der 35 Frühgeborenen

e) Zusammenfassung – Frühgeborene

Wie bereits beim Gesamtkollektiv wurde auch hier eine Zusammenfassung der wichtigsten Daten der Primäroperation aus der Gruppe der Frühgeborenen angefertigt (Tab. 13).

Der prozentuale Anteil der Revisionsgründe bezieht sich auf die Gesamtzahl der Revisionen, nicht auf die Gesamtzahl der beobachteten Shuntsysteme.

1. Shunt bei Frühgeborenen	PaediGAV		PS Medical Delta		Pro Medics Delta		Andere		Gesamt	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Gesamtzahl	14	40,0	11	31,4	2	5,7	8	22,9	35	100,0
Pat.alter 1. Shunt										
• bis 30. Lebenstag	7	50,0	4	36,4	0	0	3	37,5	14	40,0
• bis 60. Lebenstag	1	7,1	1	9,1	1	50,0	2	25,0	5	14,3
• bis 100. Lebenstag	4	28,6	1	9,1	1	50,0	2	25,0	8	22,9
• über 100. Lebenstag	2	14,3	5	62,5	0	0	1	12,5	8	22,9
Ätiologie										
• Posthämorrhagisch	12	85,7	8	72,7	2	100	7	87,5	29	82,9
• Kongenital	1	7,1	0	0	0	0	1	12,5	2	5,7
• Postinfektiös	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• HC bei MMC	0	0	3	27,3	0	0	0	0	3	8,6
• Posttraumatisch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• unklar	1	7,1	0	0	0	0	0	0	1	2,9
Revisionsgrund										
• Ventil-Dysfunktion	4	33,3	3	42,9	0	0	4	66,7	11	42,3
• Infektion	2	16,7	0	0	0	0	0	0	2	7,7
• Diskonnektion zentral	2	16,7	3	42,9	0	0	0	0	5	19,2
• Diskonnektion peripher	1	8,3	0	0	1	100	1	16,7	3	11,5
• Obstruktion	3	25,0	1	14,3	0	0	1	16,7	5	19,2

Tab. 13: Zusammenfassung der Primäroperationen der 35 Frühgeborenen

3.1.2 Revisionsoperationen

Bis zum 31.12.2018 wurden 59 der 81 erfassten Kinder (72,8 %) mindestens einmal aufgrund einer Fehlfunktion des Shuntsystems operiert. Insgesamt wurden 226 Ventile (124 bei männlichen, 102 bei weiblichen Patienten) in ihrem Verlauf beobachtet, wovon 146 Ventile (81 bei männlichen, 65 bei weiblichen Patienten) revidiert werden mussten. Das bedeutete im Schnitt 1,8 Revisionen pro Patienten (Minimum 0, Maximum 9). Das mittlere Alter bei der ersten Shuntrevision betrug 61,3 Monate (0-271 Monate).

a) Ätiologie - Gesamtkollektiv

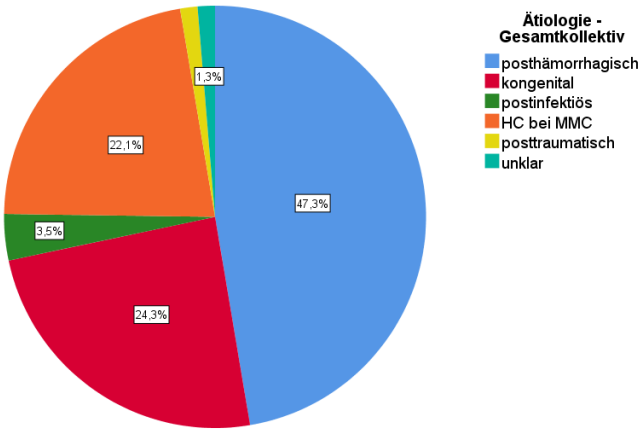


Abb. 26: Relative Häufigkeiten der Ätiologie des Hydrocephalus der 226 beobachteten Ventile

Die Häufigkeiten der Ätiologien wurden in nebenstehendem Kreisdiagramm graphisch dargestellt (Abb. 26). 47,3% (n=107) entfielen auf den posthämorrhagisch, 24,3% (n=55) auf den kongenitalen Hydrocephalus. Der Hydrocephalus bei Meningomyelocele machte einen Anteil von 22,1% (n=50) aus. Beim postinfektiösen Hydrocephalus waren es nur noch 3,5% (n=8) und beim posttraumatischen Hydrocephalus, sowie beim Hydrocephalus mit unklarer Genese lediglich noch jeweils 1,3% (n=3).

b) Ventiltypen – Gesamtkollektiv

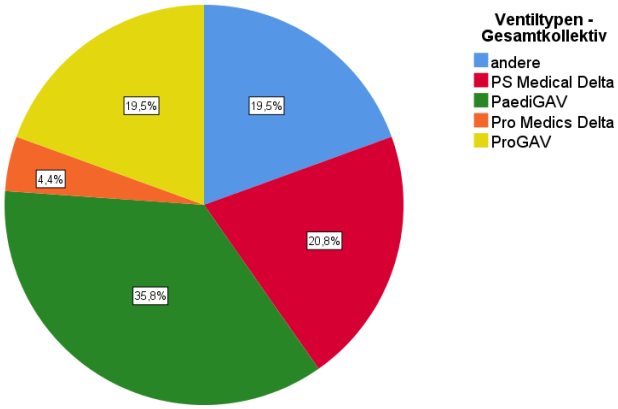


Abb. 27: Relative Häufigkeiten der Ventiltypen der 226 beobachteten Ventile

Neben den Häufigkeiten der Ätiologien waren auch die der verschiedenen Ventiltypen von Bedeutung (Abb.27). Den größten Anteil mit 35,8% (n=81) stellten auch hier wieder die PaediGAV, gefolgt von den PS Medical Delta Ventilen mit 20,8% (n=47). Die Gruppe der anderen Ventile und die proGAV machten jeweils 19,5% (n=44) aus. Das Schlusslicht bildeten die Pro Medics Delta Ventile mit 4,4% (n=10).

c) Revisionsgründe – Gesamtkollektiv

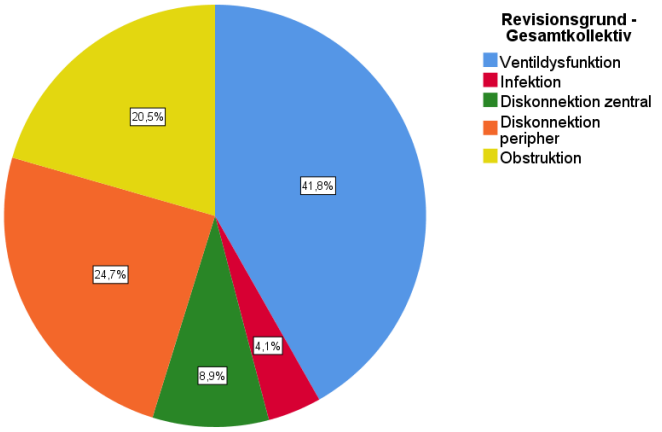


Abb. 28: Relative Häufigkeiten der Revisionsgründe der 146 Revisionsoperationen

Außerdem waren die Indikationen für die Revisionsoperationen von Interesse (Abb. 28). In 41,8 % der Fälle (n=61) war eine Ventildysfunktion ursächlich, gefolgt von 24,7% (n=36) aufgrund einer peripheren Diskonnektion. In 20,5 % (n=30) war eine Obstruktion des Shuntsystems für den Austausch verantwortlich. Mit 8,9% (n=13) folgte die zentrale Diskonnektion, sowie mit 4,1% (n=6) die Infektion als Komplikation.

Die Revisionsgründe verteilten sich wie folgt auf die verschiedenen ursprünglichen Ätiologien des Hydrocephalus (Abb. 29). 50,8% (n=31) der Ventildysfunktionen waren ausschließlich beim posthämorrhagischen Hydrocephlaus ursächlich, ebenso 50,0% (n=3) der Infektionen. Insgesamt entfielen 45,9% (n=67) der Revision allein auf den posthämorrhagischen Hydrocephalus. 26,7% (n=39) waren ausschließlich beim kongenitalen Hydrocephalus ursächlich. In dieser Gruppe zeigten sich 36,1% (n=13) der peripheren Diskonnektionen, sowie 26,7% (n=8) der Obstruktionen. Beim Hydrocephalus mit Meningomyelocele fanden sich 33,3% (n=2) der Infektionen, sowie 25,0% (n=9) der peripheren Diskonnektion. Insgesamt entfielen 21,9% (n=32) der Revisionen auf diese Gruppe. 7,7% (n=1) der zentralen Diskonnektionen, 6,7% (n=2) der Obstruktionen waren beim postinfektiösen Hydrocephalus ursächlich. Beim posttraumatischen Hydrocephalus waren 7,7% (n=1) der zentralen Diskonnektionen aufgetreten. In dieser Gruppe fanden sich nur noch 1,4% (n=2) aller Revisionen. Bei der unklaren Genese des Hydrocephalus gab es nur 1 Fall (1,6%). Hier war eine Ventildysfunktion für den Austausch des Shuntsystems die Ursache. Die Verteilung der Revisionsgründe auf die verschiedenen Ätiologien des Hydrocephalus ergab keinen signifikanten Unterschied (p=0,887).

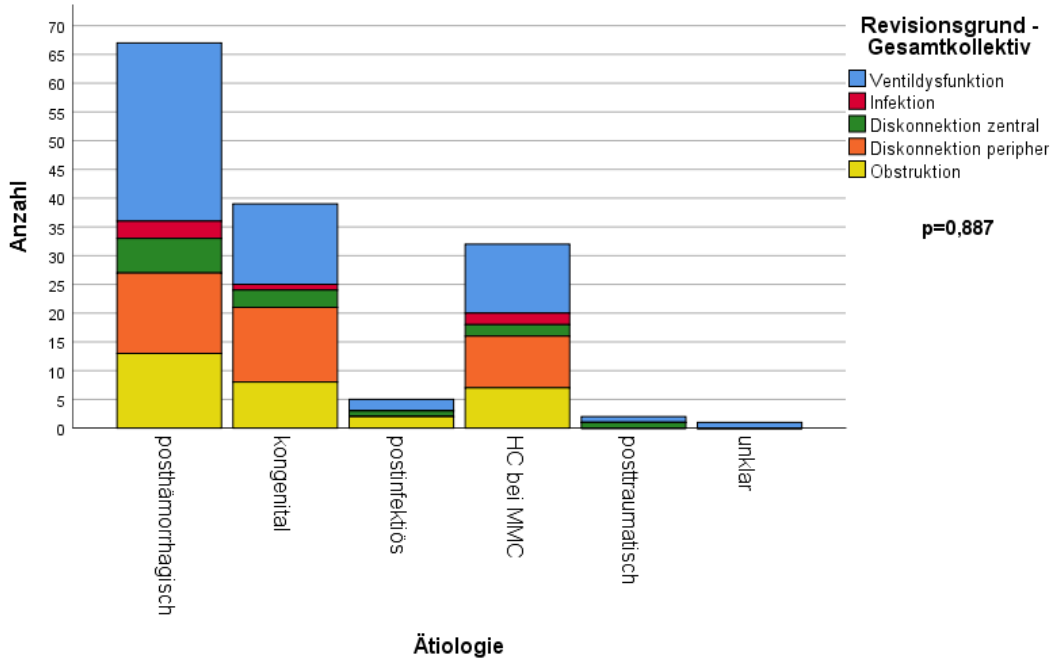


Abb. 29: Graphische Darstellung der Verteilung der Revisionsgründe auf die Ätiologie des Hydrocephalus der 146 beobachteten Revisionsoperationen

Nicht nur die Verteilung auf die zugrunde liegenden Ätiologien, sondern auch die Verteilung auf die verschiedenen implantierten Ventile war von Interesse (Abb. 30). 36,1% (n=22) der Ventildysfunktionen ereigneten sich bei den PaediGAV, sowie 83,3% (n=5) der Infektionen. Außerdem waren 43,3% (n=13) der Obstruktionen und 30,6% (n=11) der peripheren Diskonnektionen bei diesem Ventiltyp für einen Austausch ursächlich. Insgesamt entfielen 36,3% (n=53) aller Revisionen auf diesen Typ. Am zweithäufigsten (25,3%; n=37) wurde die Gruppe der anderen Ventile ersetzt. In dieser Gruppe ereigneten sich 30,6% (n=11) der peripheren Diskonnektionen und 29,5% der Ventildysfunktionen, sowie 23,1% der zentralen Diskonnektionen. In der Gruppe der PS Medical Delta Ventile trugen sich 46,2% (n=6) der zentralen, sowie 22,2% (n=8) der peripheren Diskonnektionen zu. Insgesamt wurde dieser Ventiltyp in 22,6% (n=33) der Revisionen ersetzt. Das proGAV stellt mit 12,3% (n=18) nur einen geringen Anteil an den Revisionen. In dieser Gruppe ereigneten sich 16,7% (n=5) der Obstruktionen, 15,4% (n=2) der zentralen Diskonnektion, sowie 11,5% der Ventildysfunktionen. Eine Infektion war bei diesem Ventil nie ursächlich. Als letzte Gruppe wurden die Pro Medics Delta Ventile untersucht. Sie stellten 3,4% (n=5) der Revisionen, darunter 4,9% (n=3) der Ventildysfunktionen und 5,6% (n=2) der peripheren Diskonnektionen. Eine Infektion war auch hier nie Ursache für einen Systemwechsel. Eine statistische Auswertung der Verteilung wies kein signifikantes Ergebnis (p=0,328) auf.

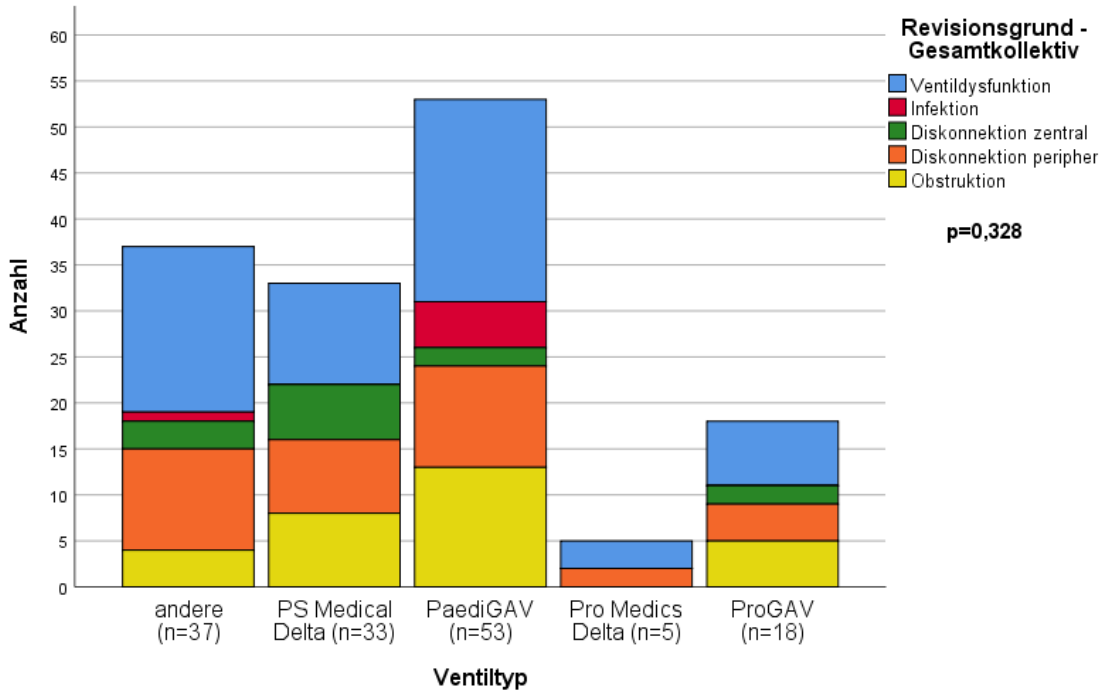


Abb. 30: Graphische Darstellung der Verteilung der Revisionsgründe auf die Ventiltypen der 146 beobachteten Revisionsoperationen

d) Zusammenfassung – Gesamtkollektiv

Ebenso wie bei den Primäroperationen erfolgte zum Abschluss nochmals eine Aufstellung der wichtigsten Daten aufgeteilt nach den Ventiltypen (Tab. 14).

Der prozentuale Anteil der Revisionsgründe bezieht sich auf die Gesamtzahl der Revisionen, nicht auf die Gesamtzahl der beobachteten Shuntsysteme.

Revisionsoperationen – Gesamtkollektiv	PaediGAV		proGAV		PS Medical		Pro Medics Delta		Andere		Gesamt	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Gesamtzahl	81	35,8	44	19,5	47	20,8	10	4,4	44	19,5	226	100,0
Männlich	36	44,4	29	65,9	29	61,7	10	100,0	20	45,5	124	54,9
FG	40	49,4	22	50,0	21	44,7	3	30,0	16	36,4	102	45,1
Ätiologie												
• Posthämorrhagisch	45	55,6	20	45,5	22	46,8	5	50,0	15	34,1	107	47,3
• Kongenital	14	17,3	9	20,5	13	27,7	3	30,0	16	36,4	55	24,3
• Postinfektiös	2	2,5	3	6,8	1	2,1	0	0	2	4,5	8	3,5
• HC bei MMC	16	19,8	12	27,3	11	23,4	2	20,0	9	20,5	50	22,1
• Posttraumatisch	1	1,2	0	0	0	0	0	0	2	4,5	3	1,3
• unklar	3	3,7	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1,3
Revisionsgrund												
• Ventildysfunktion	22	41,5	7	38,9	11	33,3	3	60,0	18	48,6	61	41,8
• Infektion	5	9,4	0	0	0	0	0	0	1	2,7	6	4,1
• Diskonnektion zentral	2	3,8	2	11,1	6	18,2	0	0	3	8,1	13	8,9
• Diskonnektion peripher	11	20,8	4	22,2	8	24,2	2	40,0	11	29,7	36	24,7
• Obstruktion	13	24,5	5	27,8	8	24,2	0	0	4	10,4	30	20,5

Tab. 14: Zusammenfassung der 226 beobachteten Ventile

Unter den 59 Patienten mit mindestens einer Revision waren 26 von 35 Frühgeborenen (74,3 %). In dieser Gruppe waren es 102 beobachtete Ventile (48 bei männlichen, 54 bei weiblichen Patienten). 68 Ventile (32 bei männlichen, 36 bei weiblichen Patienten) mussten letzten Endes ersetzt werden. Daraus resultierten im Schnitt 1,9 Revisionen pro Patienten (0-7).

Das mittlere Alter bei der ersten Revisionsoperation betrug hier 50,0 Monate (0-171 Monate).

a) Ätiologie – Frühgeborene

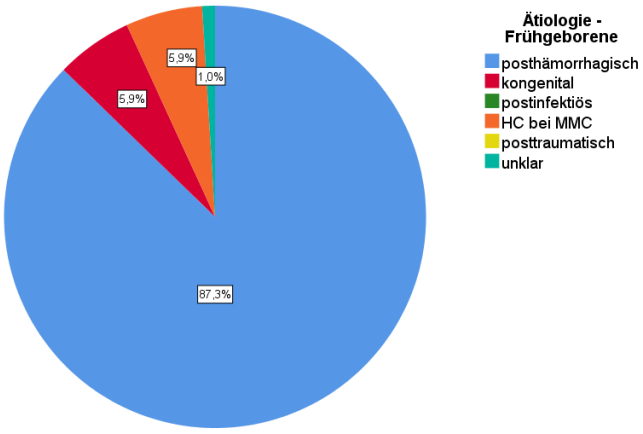


Abb. 31: Relative Häufigkeiten der Ätiologie des Hydrocephalus der 102 beobachteten Ventile bei Frühgeborenen

Die Häufigkeiten der Ätiologie der einzelnen Revisionen zeigt nebenstehendes Kreisdiagramm (Abb. 31). Der posthämorrhagische Hydrocephalus stellte mit 87,3% (n=89) mit großem Abstand die häufigste Grunderkrankung dar. Es folgten der kongenitale Hydrocephalus und der Hydrocephalus bei Meningomyelocele mit jeweils 5,9% (n=6). Mit 1,0% (n=1) bildete der Hydrocephalus bei unklarer Genese den Abschluss.

b) Ventiltypen – Frühgeborene

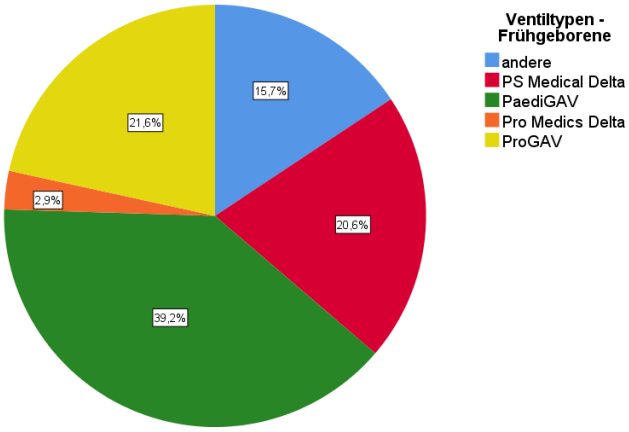


Abb. 32: Relative Häufigkeiten der Ventiltypen der 102 beobachteten Ventile bei Frühgeborenen

Die Ventiltypen teilten sich entsprechend dem nachfolgenden Kreisdiagramm auf (Abb. 32). Das PaediGAV stellte wieder den größten Anteil mit 39,2% (n=40). Es folgte ebenfalls ein gravitationsgewichtetes Ventil – das proGAV mit 21,6% (n=22). Das PS Medical Delta Ventil machte 20,6% (n=21) aus. Die Gruppe der anderen Ventile ergaben 15,7% (n=16) und die Pro Medics Delta Ventile 2,9% (n=3).

c) Revisionsgründe - Frühgeborene

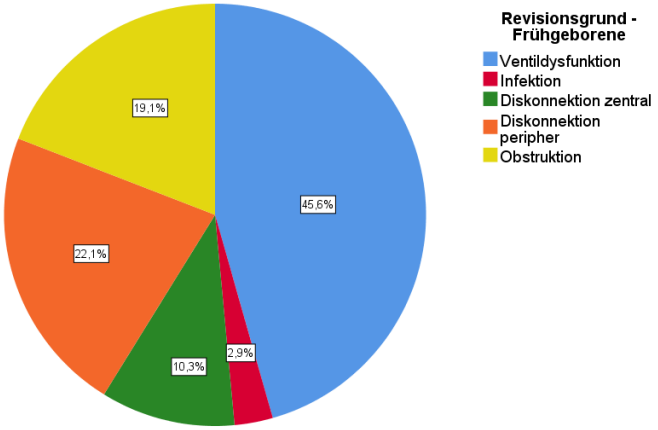


Abb. 33: Relative Häufigkeiten der Revisionsgründe der 68 Revisionsoperationen bei Frühgeborenen

Ebenso wurden die Revisionen nach ihren Häufigkeiten aufgeteilt (Abb. 33). Häufigste Ursache war auch hier die Ventildysfunktion mit 45,6% (n=31), gefolgt von der peripheren Diskonnektion mit 22,1% (n=15). Außerdem trat die Obstruktion in 19,1 % (n=13) der Fälle auf. Eine zentrale Diskonnektion war in 10,3 % (n=7) ursächlich, eine Infektion nur in 2,9 % (n=2).

Ebenso wurden in dieser Patientengruppe die Revisionsgründe auf die verschiedenen Ätiologien des Hydrocephalus verteilt (Abb. 34). Beim posthämorrhagischen Hydrocephalus waren 88,2% (n=60) aller Revisionen nötig. Auf diese Gruppe entfielen 100% (n=2) der Infektionen, 92,3% (n=12) der Obstruktionen, 87,1% (n=27) der Ventildysfunktionen, sowie 86,7% (n=13) der peripheren und 85,7% (n=6) der zentralen Diskonnektionen. Beim kongenitalen Hydrocephalus waren 13,3% (n=2) der peripheren Diskonnektionen zu vermerken, sowie 7,7% (n=1) der Obstruktionen und 3,2% (n=1) der Ventildysfunktionen. Beim Hydrocephalus mit Meningomyelocele waren 14,3% (n=1) der zentralen Diskonnektionen und 9,7% (n=3) der Ventildysfunktionen ursächlich. Die statistische Analyse zeigte einen nicht signifikanten Unterschied (p=0,667)

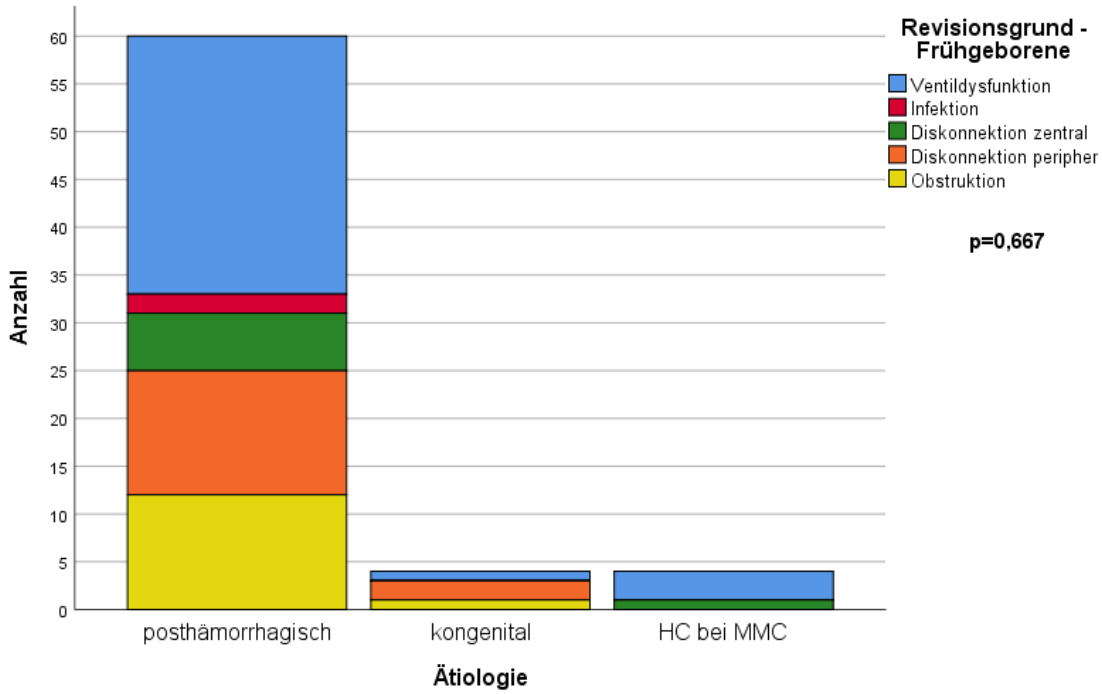


Abb. 34: Graphische Darstellung der Verteilung der Revisionsgründe auf die Ätiologie des Hydrocephalus der 68 beobachteten Revisionsoperationen bei Frühgeborenen

Neben der Verteilung auf die verschiedenen Ätiologien war auch die auf die verschiedenen Ventile von Interesse (Abb. 35). 41,9% (n=13) der Ventildysfunktionen ereigneten sich bei den PaediGAV, weitere 25,8% (n=8) bei den PS Medical Delta Ventilen. In 100% (n=2) der Fälle einer Infektion war diese bei den PaediGAV für einen Austausch ursächlich. 42,9% (n=3) der zentralen Diskonnektionen trat bei den PS Medical Delta Einheiten auf. Jeweils 28,6% (n=2) dieser Revisionsgrundes ereignete sich bei den PaediGAV und den proGAV. Eine periphere Diskonnektion ereignete sich in 40,0% (n=6) bei den PaediGAV und in 26,7% (n=4) bei anderen Ventilen, sowie in 20,0% (n=3) bei den PS Medical Delta Ventilen. 61,5% (n=8) der Obstruktionen traten bei PaediGAV auf, jeweils 15,4% (n=2) traten bei anderen und proGAV auf. Insgesamt wurden 68 Ventile revidiert. Hierunter zu 45,6% (n=31) PaediGAV, zu 22,1% (n=15) PS Medical Delta Ventile, zu 19,1% (n=13) andere Ventile, zu 11,8% (n=8) proGAV und nur zu 1,5% (n=1) Pro Medics Delta Ventile. Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied in der Aufteilung (p=0,568).

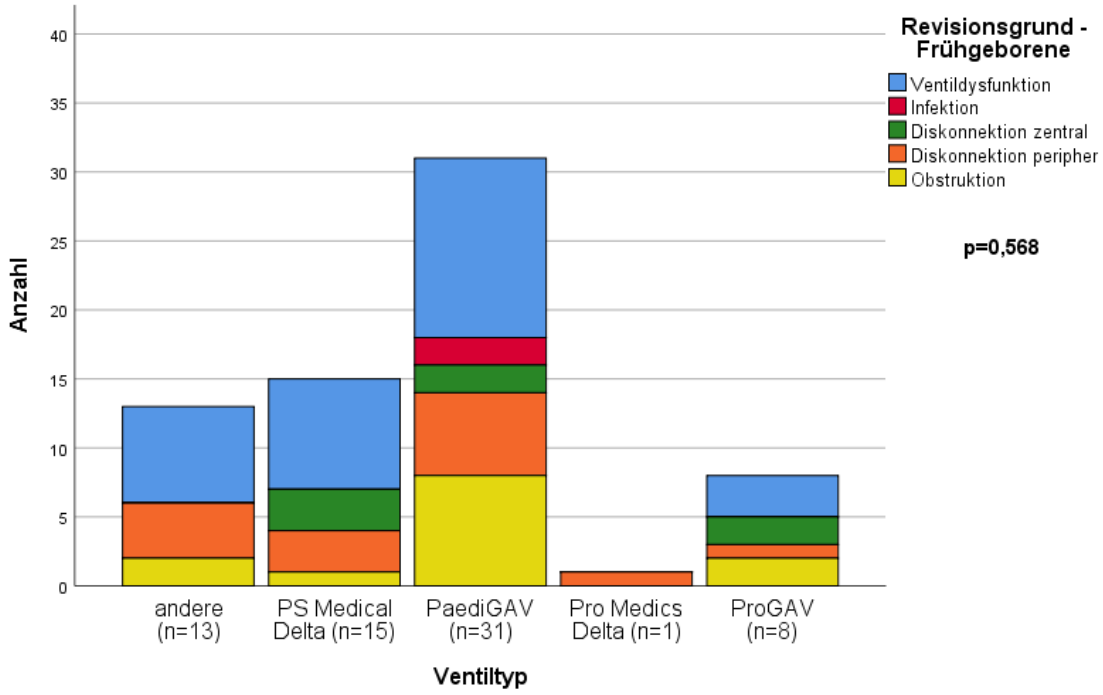


Abb. 35: Graphische Darstellung der Verteilung der Revisionsgründe auf die Ventiltypen der 68 beobachteten Revisionsoperationen bei Frühgeborenen

d) Zusammenfassung – Frühgeborene

Eine Zusammenfassung der wichtigsten Daten zu den Revisionsoperationen bei Frühgeborenen zeigt nachstehende Tabelle (Tab. 15).

Der prozentuale Anteil der Revisionsgründe bezieht sich auf die Gesamtzahl der Revisionen, nicht auf die Gesamtzahl der beobachteten Shuntsysteme.

Revisionsoperationen – Frühgeborene	PaediGAV		proGAV		PS Medical		Pro Medics Delta		Andere		Gesamt	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Gesamtzahl	40	39,2	22	21,6	21	20,6	3	2,9	16	15,7	102	100,0
Ätiologie												
• Posthämorrhagisch	36	90,0	20	90,9	17	81,0	3	100	13	81,3	89	87,3
• Kongenital	3	7,5	0	0	0	0	0	0	3	18,8	6	5,9
• Postinfektiös	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• HC bei MMC	0	0	2	9,1	4	19,0	0	0	0	0	6	5,9
• Posttraumatisch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• unklar	1	2,5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,0
Revisionsgrund												
• Ventildysfunktion	13	41,9	3	37,5	8	53,3	0	0	7	53,8	31	45,6
• Infektion	2	6,5	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2,9
• Diskonnektion zentral	2	6,5	2	25,0	3	20,0	0	0	0	0	7	10,3
• Diskonnektion peripher	6	19,4	1	12,5	3	20,0	1	100	4	30,8	15	22,1
• Obstruktion	8	25,8	2	25,0	1	6,7	0	0	2	15,4	13	19,1

Tab. 15: Zusammenfassung der 102 beobachteten Shuntventile bei Frühgeborenen

3.1.3 Shunt-/ Ventilüberleben

Der letzte Teil dieser Studie befasste sich mit der Analyse des Überlebens der verschiedenen Shuntsysteme in Abhängigkeit von Geschlecht, Ätiologie, Revisionsgrund und Ventiltyp. Dazu wurden Kreuztabellen und Kaplan-Meier-Schätzkurven erstellt und mittels Chi-Quadrat-Test und Log Rank-Test verglichen.

a) Geschlecht - Gesamtkollektiv

Das Überleben der implantierten Ventile bezogen auf das Geschlecht der Patienten zeigte bei einem p-Wert von 0,990 keinerlei Unterschiede (Abb. 36). Insgesamt wurden 124 Ventile bei männlichen Patienten und 102 Ventile bei weiblichen Patienten beobachtet. Bei den Jungen mussten 81 Shuntsysteme revidiert werden, bei den Mädchen waren es 65. Daraus errechnete sich ein Prozentsatz für Kinder ohne Revision von 34,7% (n=43) für die Jungen und 36,3% (n=37) für die Mädchen. Das mittlere Shuntüberleben betrug 8,5 Jahre für die männlichen Probanden und 9,5 Jahre für die weiblichen Probanden.

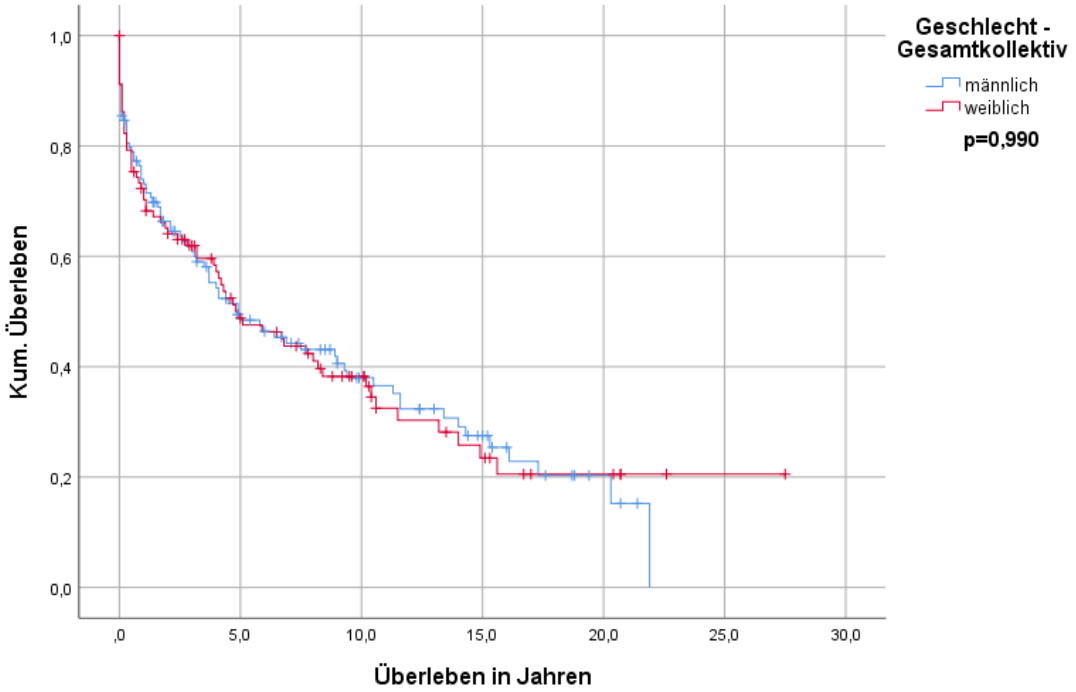


Abb. 36: Shuntüberlebenskurven der 81 Patienten in Abhängigkeit vom Geschlecht

b) Ätiologie -Gesamtkollektiv

In folgender Graphik zeigte sich der Zusammenhang zwischen dem Auftreten einer Revision und der zugrunde liegenden Ätiologie des Hydrocephalus (Abb. 37). Im Falle des posthämorrhagischen Hydrocephalus wurden 62,6% (n=67) der Ventile revidiert. Beim kongenitalen Hydrocephalus waren es sogar 70,9% (n=39), beim postinfektiösen 62,5% (n=5). In der Gruppe des Hydrocephalus mit Meningomyelocele waren es 64,0% (n=32), beim posttraumatischen Hydrocephalus 66,7% (n=2). Bei der unklaren Genese waren es lediglich 33,3% (n=1). Insgesamt wurden 64,6% (n=146) aller Ventile ersetzt. Es ließ sich kein signifikanter Unterschied im Auftreten der Revisionen in Abhängigkeit von der Ätiologie nachweisen (p=0,784).

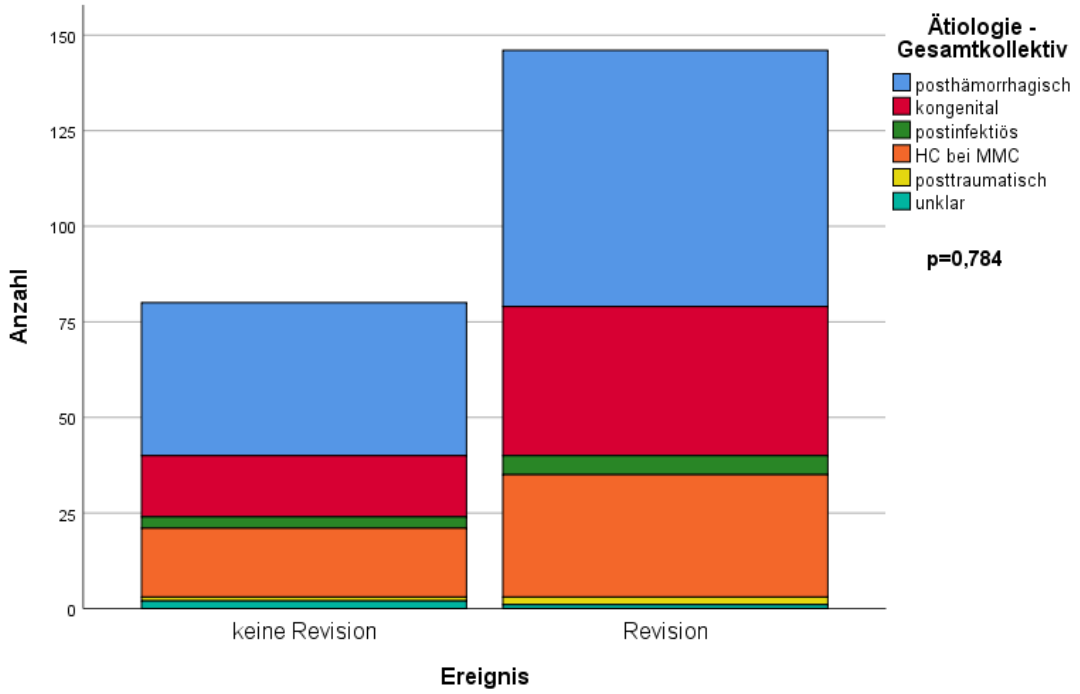


Abb. 37: Graphische Darstellung der Verteilung der Ätiologie des Hydrocephalus auf das Eintreten einer Revision anhand der 226 beobachteten Ventile

Die Analyse bezogen auf die Ätiologie des Hydrocephalus ergab keine signifikanten Unterschiede (p=0,878) im Überleben der Systeme (Abb. 38). Von den 107 Ventilen beim posthämorrhagischen Hydrocephalus wurden 67 ersetzt. Daraus folgten 37,4 % (n=40) ohne Revision. Das mittlere Shuntüberleben betrug 9,3 Jahre. Einen ähnlichen Prozentsatz für nicht revidierte Ventile (37,5%; n=3) erzielte die Gruppe der postinfektiösen Hydrocephali. Hier wurden insgesamt 8 Ventile beobachtet und 5 davon ausgetauscht. Das mittlere Shuntüberleben betrug hier 11,9 Jahre. In der Gruppe des kongenitalen Hydrocephalus waren es 55 Ventile und 39 Revisionen. Das ergab nur 29,1% (n=16), die ohne erneute Operation auskamen. Das mittlere Shuntüberleben betrug 7,8 Jahre. Eine ähnliche Verteilung ergab sich beim Hydrocephalus mit Meningomyelocele. Von den 50 Ventilen wurden 32 revidiert, sodass 36,0 % (n=18) ohne Revision verblieben. Das mittlere Shuntüberleben ergab 8,7 Jahre. Bei dem posttraumatischen Hydrocephalus ergaben sich bei 2 von 3 eine Revision. Das Shuntüberleben betrug 4,0 Jahre. Bei der unklaren Genese wurde der höchste Prozentsatz an nicht revidierten Ventilen erreicht (66,7%; n=2). Hier ergab sich ein Shuntüberleben von 6,7 Jahre.

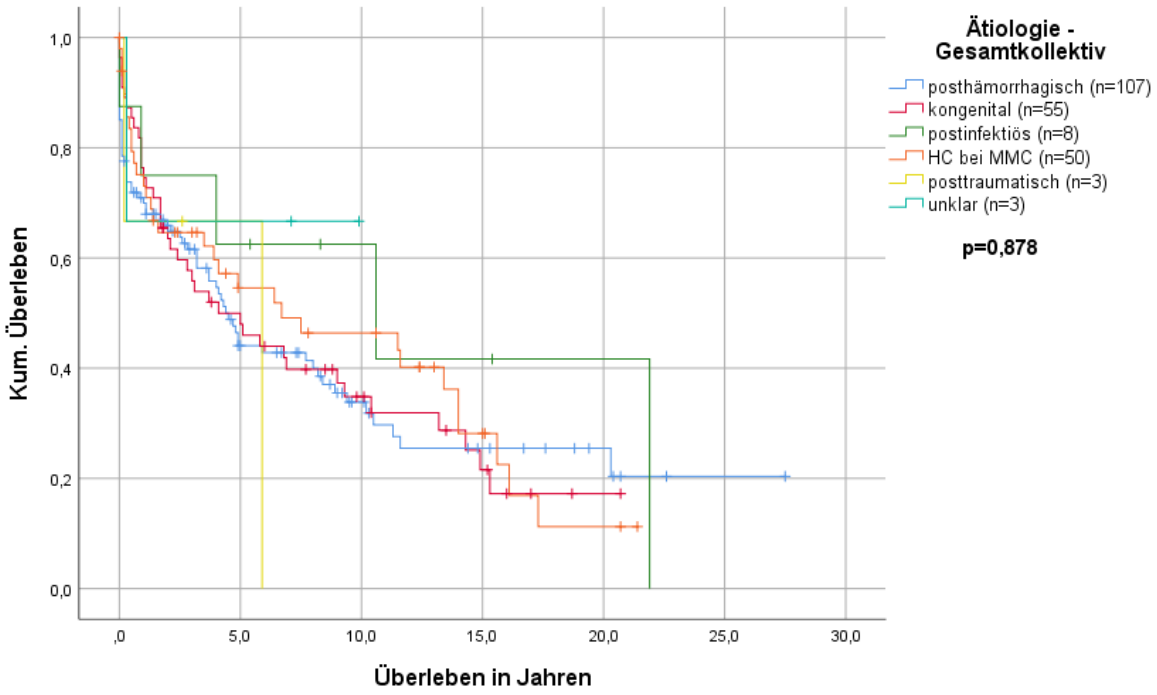


Abb. 38: Überlebenskurven der gesamten Shuntsysteme der 226 beobachteten Ventile in Abhängigkeit der Ätiologie des Hydrocephalus

c) Revisionsgründe – Gesamtkollektiv

Von den 146 Revisionen wurden 41,5% (n=61) aufgrund von Ventildysfunktion, 24,5% (n=36) wegen peripherer Diskonnektion, 20,4% (n=30) wegen Obstruktion, 8,8% (n=13) aufgrund von zentraler Diskonnektion und 4,1% (n=6) wegen Infektion durchgeführt. Die Zeit bis zum Auftreten einer Fehlfunktion des Shuntsystems zeigte einen signifikanten Unterschied (p<0,001) (Abb. 39). Wie bereits bei der Primäroperation festgestellt, stellte sich auch hier im Schnitt eine Infektion bereits nach 2,2 Monaten dar. Deutlich länger dauerte es im Falle einer peripheren Diskonnektion. Diese trat im Schnitt erst nach 5,8 Jahren auf. Eine zentrale Diskonnektion wurde schon nach 4,5 Jahren auffällig. Bei der Ventildysfunktion waren es im Schnitt 3,6 Jahre und bei der Obstruktion waren es 2,4 Jahre.

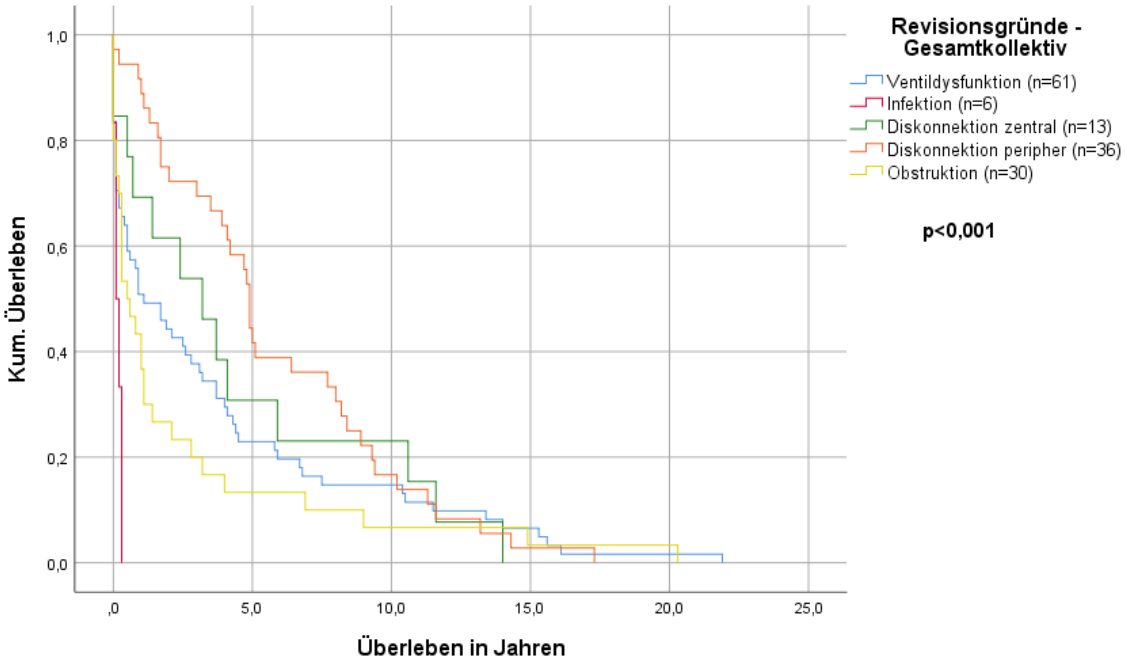


Abb. 39: Überlebenskurven der gesamten Shuntsysteme der 146 beobachteten Revisionsoperationen in Abhängigkeit des Revisionsgrundes

d) Ventiltypen – Gesamtkollektiv

Als weiteren Punkt bei der Bestimmung der Überlebenszeiten waren die verschiedenen Ventiltypen von großem Interesse. Als erstes wurden die Ventile einzeln gegenübergestellt (Abb. 40, Tab. 16, 17). Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied in der revisionsfreien Überlebenszeit der Ventile (p=0,130). Insgesamt wurden 226 Ventile beobachtet und davon mussten 146 revidiert werden. Das entsprach einer gesamten Revisionsrate von 64,6%. Das durchschnittliche Überleben betrug hier 9,1 Jahre. Das beste Überleben zeigte sich bei den proGAV. Von den 44 beobachteten Ventilen mussten nur 40,9% (n=18) gewechselt werden. Die Revisionsgründe verteilten sich hier wie folgt: 7 Ventidysfunktionen, 2 zentrale und 4 periphere Diskonnektionen und 5 Obstruktionen. Das mittlere Überleben betrug 6,3 Jahre. Den schlechtesten Wert erzielte die Gruppe der anderen Ventile mit 37 ausgetauschten von insgesamt 44 Ventilen, ursächlich hierfür waren 18 Ventildysfunktionen, 1 Infektion, 3 zentrale und 11 periphere Diskonnektionen und 4 Obstruktionen. Lediglich 15,9% mussten nicht revidiert werden. Das mittlere Überleben betrug hier 8,1 Jahre. Die Gruppe der Pro Medics Delta Ventile zeigte das beste mittlere Überleben mit 10,8 Jahren. Hier wurde nur jedes zweite Ventil (n=5, 3 Ventildysfunktionen und 2 periphere Diskonnektionen) revidiert. Bei den PS Medical Delta Ventilen mussten 33 (11 Dysfunktionen, 6 zentrale und 8 periphere Diskonnektionen und 8 Obstruktionen) von 47 Ventilen ersetzt werden. Lediglich 29,8% (n=14) blieb ohne Revision. Das durchschnittliche Überleben dauerte hier 10,3 Jahre. Als letzte Gruppe sind noch die PaediGAV zu nennen. Von 81 beobachteten Ventilen wurden 53 Ventile revidiert. Insgesamt waren hier 22 Ventildysfunktionen, 5 Infektionen, 2 zentrale und 11 periphere Diskonnektionen, sowie 13 Onstruktionen als Revisionsgründe zu nennen. 34,6% (n=28) blieben ohne Revision. Das mittlere Überleben betrug 5,8 Jahre.

		Ventiltyp					
		andere	PS Medical Delta	PaediGAV	Pro Medics Delta	ProGAV	Gesamt
Revisionsgrund	keine Revision	7	14	28	5	26	80
	Ventildysfunktion	18	11	22	3	7	61
	Infektion	1	0	5	0	0	6
	Diskonnektion zentral	3	6	2	0	2	13
	Diskonnektion peripher	11	8	11	2	4	36
	Obstruktion	4	8	13	0	5	30
Gesamt		44	47	81	10	44	226

Tab. 16: Verteilung der Revisionsgründe auf die 226 beobachteten Shuntsysteme

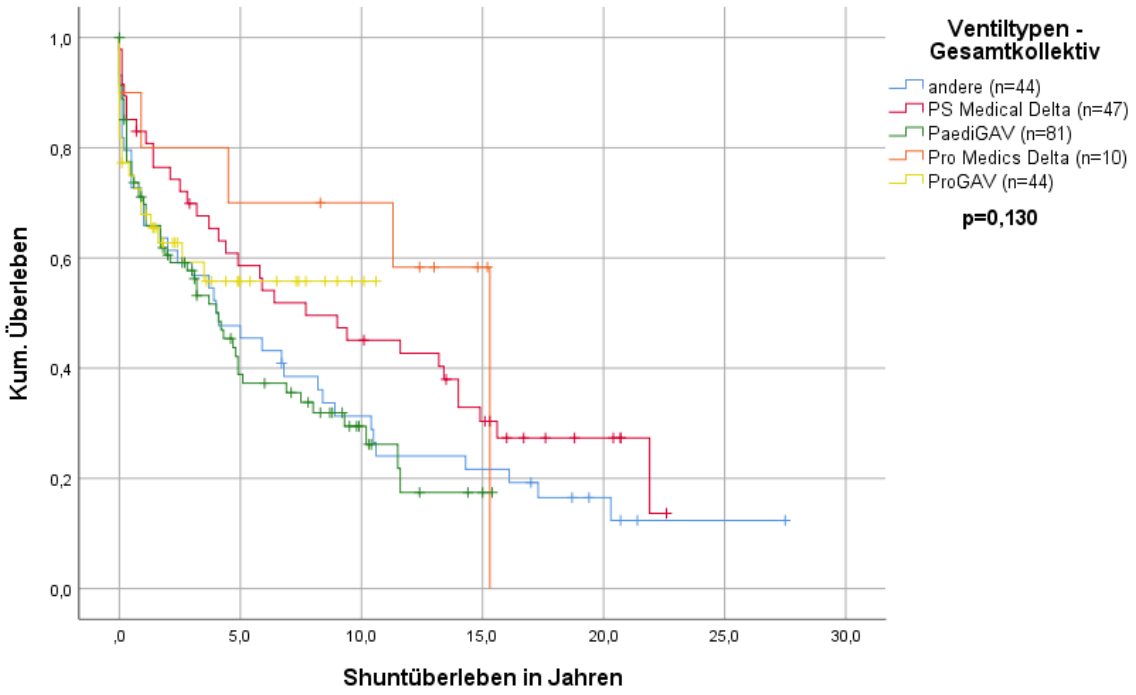


Abb. 40: Shuntüberlebenskurven der 226 beobachteten Ventile

ÜL / Ventiltyp	1 Jahres ÜL	2 Jahres ÜL	5 Jahres ÜL	10 Jahres ÜL
Andere (44)	70,5%	63,6%	47,7%	31,3%
PS Medical (47)	83,0%	76,4%	58,6%	45,1%
PaediGAV (81)	71,1%	60,5%	38,9%	29,5%
Pro Medics (10)	80,0%	80,0%	70,0%	70,0%
proGAV (44)	67,9%	62,8%	55,8%	55,8%

Tab. 17: Shuntüberleben der 226 beobachteten Ventile

Für das Ventilüberleben ergab sich im Gesamtkollektiv ein Überleben von 16,5 Jahren (Abb. 41, Tab. 18). Bei den PS Medical Delta Ventilen betrug das Ventilüberleben 17,3 Jahre, hier limitierten 11 Ventildysfunktionen das Überleben. Die weiteren Revisionsgründe (6 zentrale und 8 periphere Diskonnektionen und 8 Obstruktionen) wurden als zensierte Fälle in das Ventilüberleben mit einberechnet. Bei den PaediGav waren es nur 10,2 Jahre und 22 Ventildysfunktionen, sowie 5 Infektionen, 2 zentrale und 11 periphere Diskonnektionen und 13 Obstruktionen. Bei den Pro Medics Delta Ventilen ergab sich ein Ventilüberleben von 12,6 Jahren, bedingt durch 3 Ventildysfunktionen, sowie 2 periphere Diskonnektionen. Das kürzeste durchschnittliche Ventilüberleben zeigte sich bei den ProGAV mit 8,6 Jahren. Die Revisionsgründe verteilten sich wie folgt: 7 Ventildysfunktionen, 2 zentrale und 4 periphere Diskonektionen und 5 Obstruktionen. In der Gruppe der andere Ventile betrug das Ventilüberleben 15,3 Jahre. Ursächlich hierfür waren 18 Ventildysfunktionen, sowie 1 Infektion, 3 zentrale und 11 periphere Diskonnektionen und 4 Obstruktionen. Eine statistische Auswertung der Überlebenskurven ergab keinen signifikanten Unterschied bei den verschiedenen Ventilen (p=0,304).

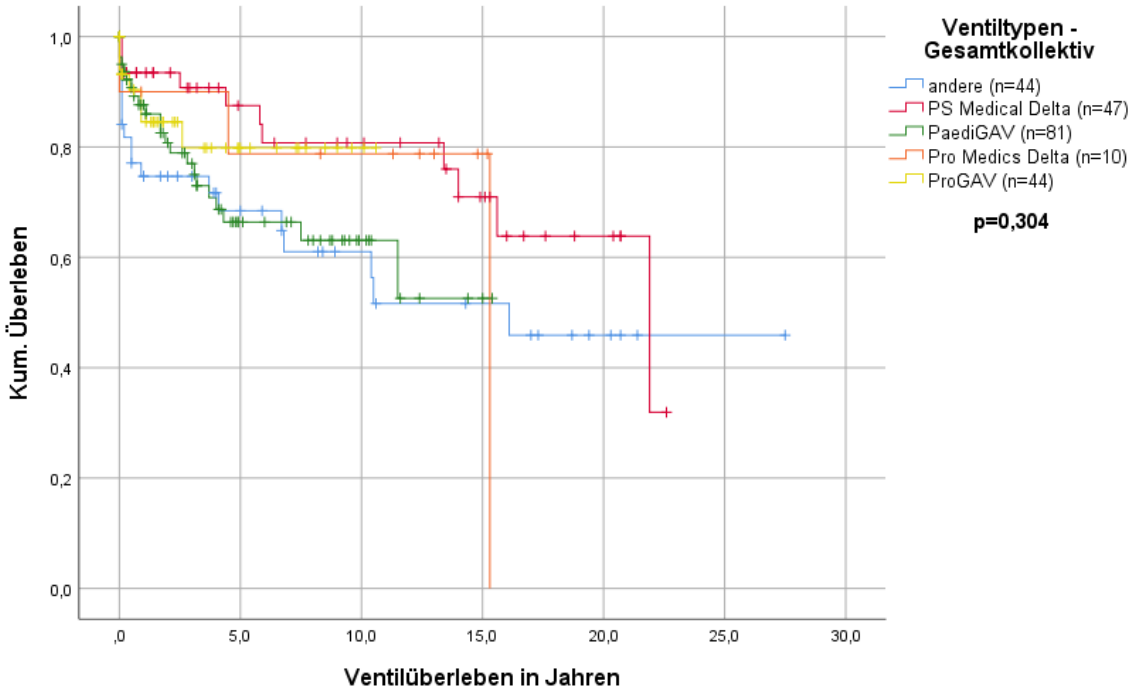


Abb. 41: Ventilüberlebenskurven der 226 beobachteten Ventile

ÜL / Ventiltyp	1 Jahres ÜL	2 Jahres ÜL	5 Jahres ÜL	10 Jahres ÜL
Andere (44)	74,7%	74,7%	68,4%	61,0%
PS Medical (47)	93,5%	93,5%	87,5%	80,8%
PaediGAV (81)	87,6%	80,7%	66,4%	63,1%
Pro Medics (10)	90,0%	90,0%	78,8%	78,8%
proGAV (44)	84,5%	84,5%	79,8%	79,8%

Tab. 18: Ventilüberleben der 226 beobachteten Ventile

Als nächsten Schritt wurden die Ventile mit Gravitationseinheit (PaediGAV (n=81) und proGAV (n=44)) und die Ventile der Delta-Baureihe (PS Medical Delta (n=47) und Pro Medics Delta (n=10)) jeweils zusammengefasst (Abb. 42, Tab. 19). Diese beiden Gruppen stellten den aktuellen Hauptteil, der bei uns verwendeten Ventile, dar. Weshalb bei dieser Auswertung zur besseren Vergleichbarkeit auf die Gruppe der anderen Ventile (n=44) verzichtet wurde.

In der Gruppe der Ventile mit Gravitationseinheit waren es 125 Ventile, wovon 71 revidiert werden mussten. Hierfür waren 29 Ventildysfunktionen, sowie 5 Infektionen, 4 zentrale und 15 periphere Diskonnektionen und 18 Obstruktionen verantwortlich. Das entspricht einem Prozentsatz von 43,2% (n=54), der ohne Revision auskam. Das mittlere Shuntüberleben betrug 6,4 Jahre. In der Gruppe der Delta-Ventile waren es 57 Ventile und 38 Revisionen aufgrund von 14 Ventildysfunktionen, 6 zentralen und 10 peripheren Diskonnektionen und 8 Obstruktionen. Demzufolge mussten 33,3% (n=19) nicht ersetzt werden. Hier betrug das durchschnittliche Shuntüberleben 10,8 Jahre. Der Unterschied zwischen den beiden Gruppen war signifikant (p=0,030). Insgesamt wurden 182 Ventile berücksichtigt und 109 revidiert. Demzufolge wurde ein Prozentsatz von 40,1% (n=73) nicht ausgetauscht. Das durchschnittliche Shuntüberleben dauerte 8,8 Jahre.

		Ventiltyp		
		GAV-Gruppe	Delta-Gruppe	Gesamt
Revisionsgrund	keine Revision	54	19	73
	Ventildysfunktion	29	14	43
	Infektion	5	0	5
	Diskonnektion zentral	4	6	10
	Diskonnektion peripher	15	10	25
	Obstruktion	18	8	26
Gesamt		125	57	182

Tab. 19: Verteilung der Revisionsgründe auf die 182 beobachteten Shuntsysteme der GAV- und Deltagruppe

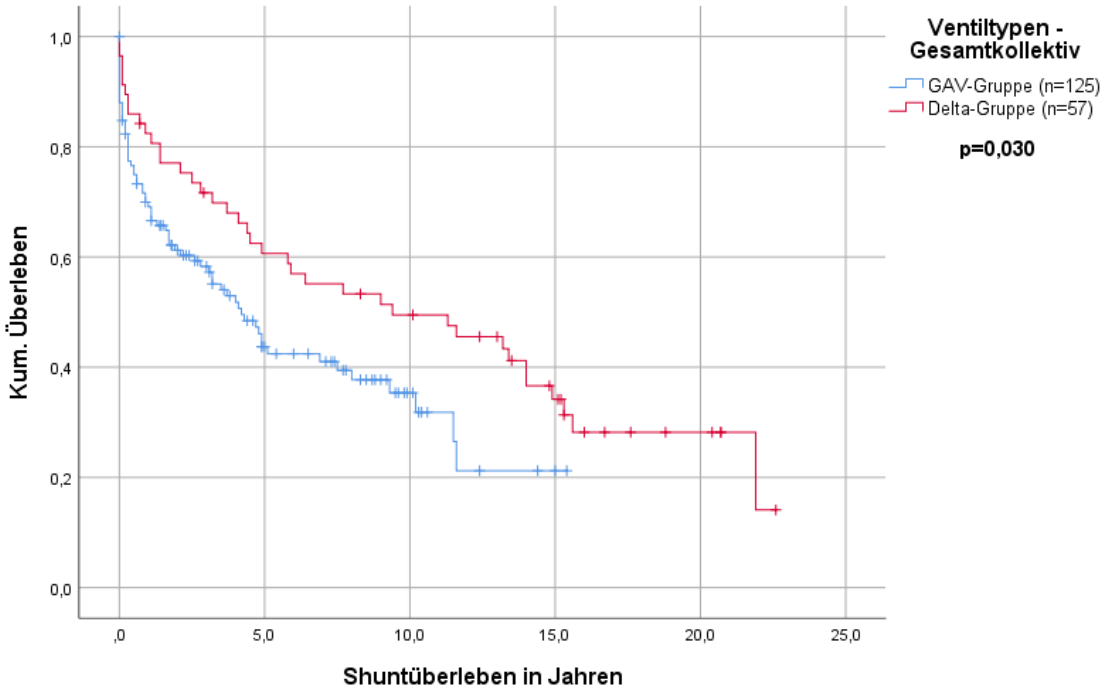


Abb. 42: Shuntüberlebenskurven der der 182 beobachteten Systeme in Abhängigkeit von der Ventiltyp-Gruppe

ÜL / Ventiltyp	1 Jahres ÜL	2 Jahres ÜL	5 Jahres ÜL	10 Jahres ÜL
GAV (125)	69,9%	61,2%	43,7%	35,4%
Delta (57)	82,4%	77,0%	60,6%	49,5%

Tab. 20: Shuntüberleben der 182 beobachteten Systeme in Abhängigkeit von der Ventiltyp-Gruppe

Für die Gruppe der Ventile mit Gravitationseinheit ergab sich ein mittleres Ventilüberleben von 10,7 Jahren (Abb. 43, Tab. 21). Hierfür waren 29 Ventildysfunktionen, sowie 5 Infektionen, 4 zentrale und 15 periphere Diskonnektionen und 18 Obstruktionen verantwortlich. In der Gruppe der Ventile mit Deltaeinheit betrug das durchschnittliche Ventilüberleben 16,9 Jahre, bedingt durch 14 Ventildysfunktionen, 6 zentrale und 10 periphere Diskonnektionen und 8 Obstruktionen. Insgesamt betrug das Gesamtventilüberleben 15,2 Jahre. Die Ergebnisse waren nicht signifikant (p=0,068).

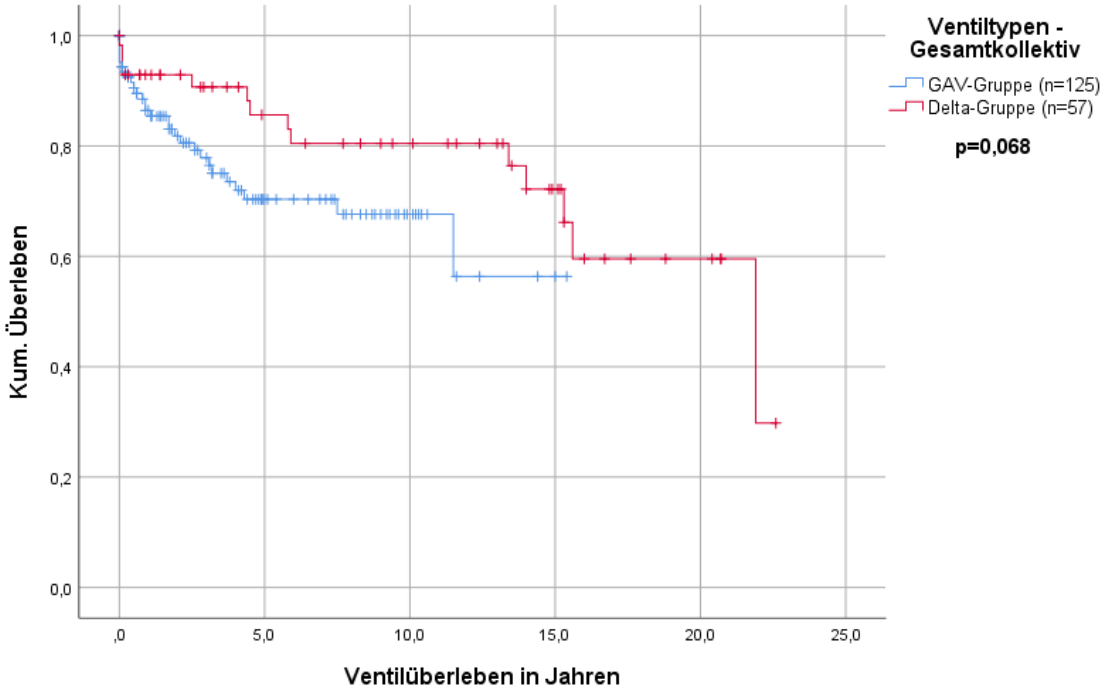


Abb. 43: Ventilüberlebenskurven der 182 beobachteten Ventile in Abhängigkeit von der Ventiltyp-Gruppe

ÜL / Ventiltyp	1 Jahres ÜL	2 Jahres ÜL	5 Jahres ÜL	10 Jahres ÜL
GAV (125)	86,4%	81,8%	70,3%	67,6%
Delta (57)	92,9%	92,9%	85,6%	80,4%

Tab. 21: Ventilüberleben der 182 beobachteten Ventile in Abhängigkeit von der Ventiltyp-Gruppe

Neben der Einteilung nach dem Bautyp erfolgte auch eine nach der Möglichkeit der Verstellbarkeit der Ventile. Hierzu wurden PS Medical Delta (n=47), Pro Medics Delta (n=10) und PaediGAV (n=81) zusammengefasst und den verstellbaren proGAV (n=44) gegenübergestellt (Abb. 44, Tab. 22, 23). Daraus ergab sich in der Gruppe der nicht verstellbaren Ventile eine Zahl von 138 beobachteten Ventilen, wovon 91 aufgrund von 36 Ventildysfunktionen, 5 Infektionen, 8 zentralen und 21 peripheren Diskonnektionen und 21 Obstruktionen revidiert werden mussten. Nur 34,1% (n=47) blieben ohne Revision. Das mittlere Überleben betrug 8,7 Jahre. In der Gruppe der verstellbaren proGAV waren es insgesamt 44 Ventile und lediglich 18 Revisionen. Hierfür waren 7 Ventildysfunktionen, 2 zentrale und 4 periphere Diskonnektionen und 5 Obstruktionen verantwortlich. Daraus ergaben sich 59,1% (n=26) ohne Revision. Das durchschnittliche Überleben betrug 6,3 Jahre. Leider ergab sich trotz des deutlichen graphischen Unterschiedes kein signifikantes Ergebnis (p=0,743).

		Ventiltyp		
		nicht verstellbar	verstellbar	Gesamt
Revisionsgrund	keine Revision	47	26	73
	Ventildysfunktion	36	7	43
	Infektion	5	0	5
	Diskonnektion zentral	8	2	10
	Diskonnektion peripher	21	4	25
	Obstruktion	21	5	26
Gesamt		138	44	182

Tab. 22: Verteilung der Revisionsgründe auf die 182 beobachteten Shuntsysteme in Abhängigkeit von der Verstellbarkeit

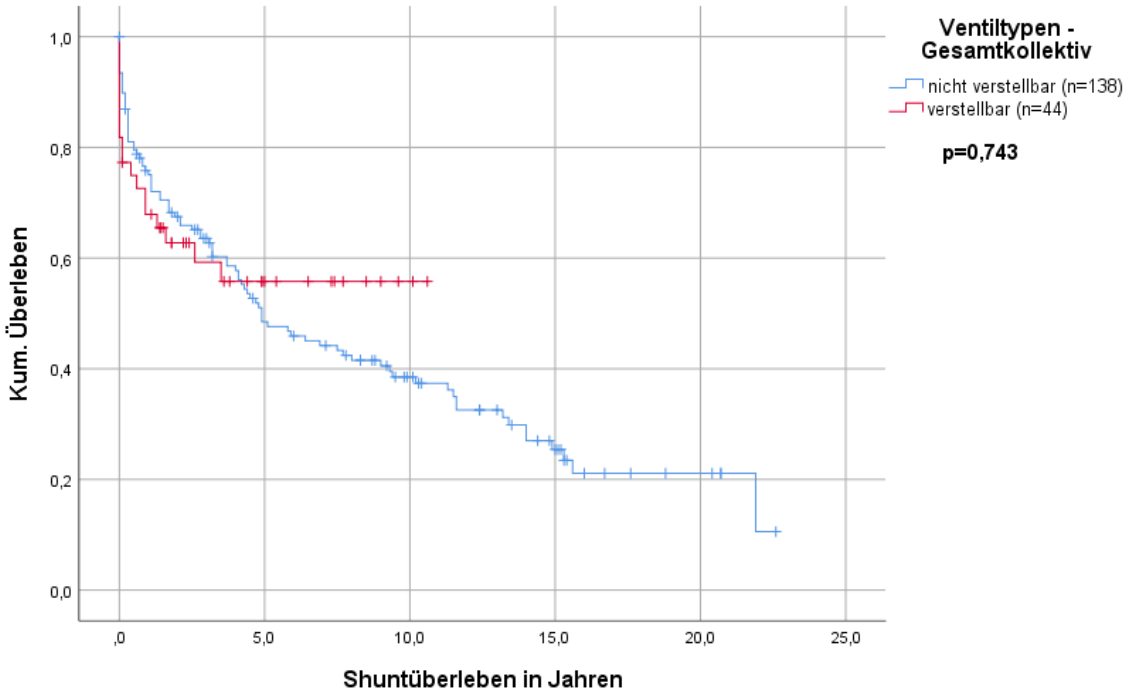


Abb. 44: Shuntüberlebenskurve der 182 beobachteten Ventile in Abhängigkeit von der Verstellbarkeit

ÜL / Ventiltyp	1 Jahres ÜL	2 Jahres ÜL	5 Jahres ÜL	10 Jahres ÜL
Nicht verstellbar (138)	75,8%	67,5%	48,5%	38,5%
Verstellbar (44)	67,9%	62,8%	55,8%	55,8%

Tab. 23: Shuntüberleben der 182 beobachteten Ventile

Das mittlere Ventilüberleben in der Gruppe der verstellbaren Ventile betrug 8,6 Jahre (Abb. 45, Tab. 24). Hierfür waren 7 Ventildysfunktionen, 2 zentrale und 4 periphere Diskonnektionen und 5 Obstruktionen verantwortlich. In der Gruppe der nicht verstellbaren Ventile waren es 15,0 Jahre aufgrund von 36 Ventildysfunktionen, 5 Infektionen, 8 zentralen und 21 peripheren Diskonnektionen und 21 Obstruktionen. Insgesamt wurde ein Gesamtventilüberleben von 15,2 Jahren berechnet. Die Ergebnisse waren nicht signifikant (p=0,830).

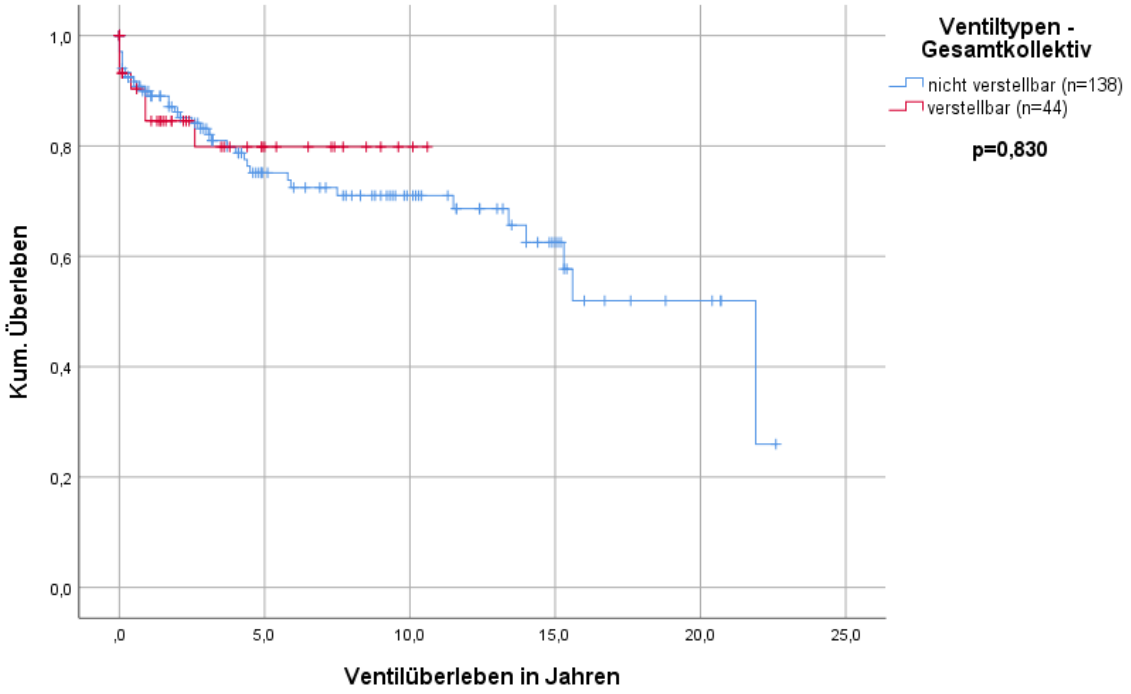


Abb. 45: Ventilüberlebenskurven der 182 beobachteten Ventile in Abhängigkeit von der Verstellbarkeit

ÜL / Ventiltyp	1 Jahres ÜL	2 Jahres ÜL	5 Jahres ÜL	10 Jahres ÜL
Nicht verstellbar (138)	89,9%	86,1%	75,1%	71,0%
Verstellbar (44)	84,5%	85,5%	79,8%	79,8%

Tab. 24: Ventilüberleben der 182 beobachteten Ventile in Abhängigkeit von der Verstellbarkeit

Wie bereits in den vorherigen Analysen wurden die eben aufgeführten Auswertungen auch noch einmal für die Gruppe der Frühgeborenen durchgeführt.

a) Geschlecht – Frühgeborene

Auch hier zeigte sich in Bezug auf das Geschlecht der Probanden keinerlei signifikanter Unterschied (p=0,954) (Abb. 46). Von den 48 beobachteten Ventilen bei den männlichen Teilnehmern mussten 32 revidiert werden, woraus sich ein Prozentsatz von 33,3% (n=16) für nicht revidierte Ventile ergab. Das durchschnittliche Shuntüberleben betrug 7,4 Jahre. Bei den Mädchen wurden 36 der 54 Ventile ersetzt. Demzufolge wurden ebenfalls 33,3% (n=18) nicht ausgetauscht. Das Shuntüberleben betrug hier im Schnitt 9,3 Jahre. Das durchschnittliche Gesamtshuntüberleben ergab 8,4 Jahre.

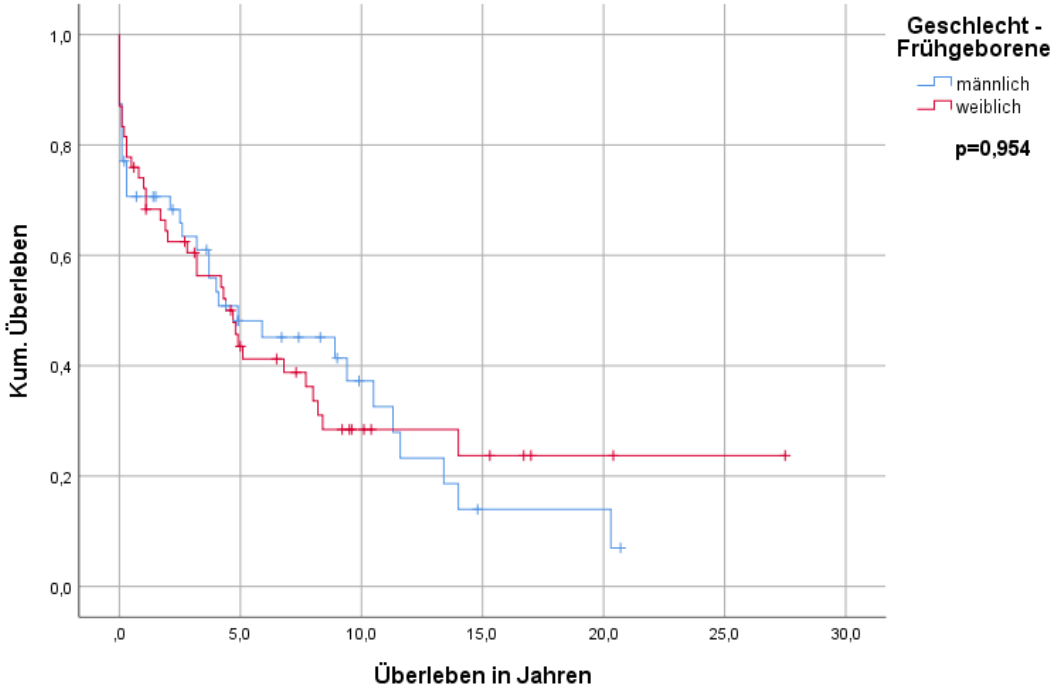


Abb. 46: Überlebenskurven der gesamten Shuntsysteme der 35 Frühgeborenen in Abhängigkeit vom Geschlecht

b) Ätiologie – Frühgeborene

Neben der Auswertung anhand des Geschlechts war auch eine Verteilung des Auftretens einer Revision auf die verschiedenen zugrunde liegenden Ätiologien des Hydrocephalus von Bedeutung (Abb. 47). 67,4% (n=60) des posthämorrhagischen Hydrocephalus mussten revidiert werden. Beim kongenitalen Hydrocephalus und beim Hydrocephalus mit Meningomyelocele waren es jeweils 66,7% (n=4). Lediglich die Patienten mit einem Hydrocephalus unklarer Genese musste zu 100% (n=1) nicht revidiert werden. Eine statistische Auswertung ergab kein signifikantes Ergebnis (p=0,568).

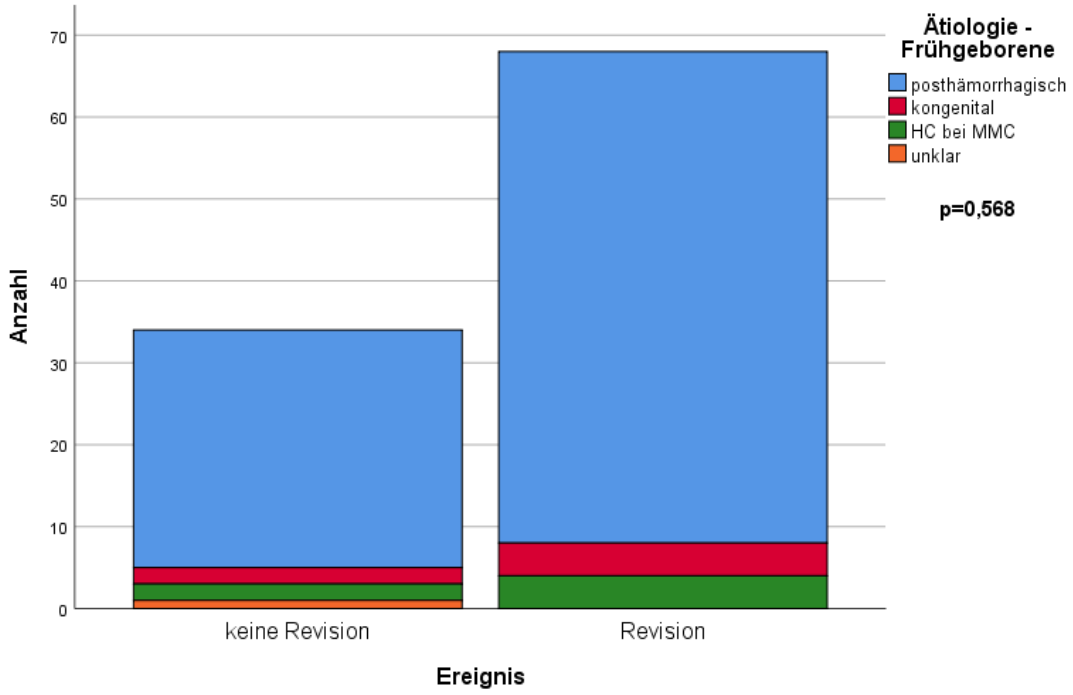


Abb. 47: Graphische Darstellung der Verteilung der Ätiologie des Hydrocephalus auf das Eintreten einer Revision anhand der 102 beobachteten Ventile bei Frühgeborenen

Neben der Verteilung auf das Auftreten einer Revision war auch die Shuntüberlebenszeit in Abhängigkeit von der Ätiologie von Interesse (Abb. 48). Beim posthämorrhagischen Hydrocephalus mussten 60 von 89 beobachteten Shuntsystemen ausgetauscht werden. Nur 32,6% (n=29) der Patienten kamen ohne erneute Operation aus. Das mittlere Shuntüberleben ergab 4,7 Jahre. Beim kongenitalen Hydrocephalus und beim Hydrocephalus mit Meningomyelocele waren es jeweils 4 von 6 Shuntsysteme. Hier kamen ein Drittel der Patienten (n=2) ohne Revision aus. Das Shuntüberleben beim kongenitalen Hydrocephalus betrug 6,9 Jahre, beim Hydrocephalus mit Meningomyelocele waren es in Schnitt sogar 8,5 Jahre. Der Hydrocephalus mit unklarer Genese wurde zu 100% (n=1) nicht revidiert. Dieses Shuntsystem zeigte ein Überleben von 9,9 Jahre. Insgesamt mussten 68 von 102 Ventilen ausgetauscht werden. Das durchschnittliche Shuntüberleben betrug 5,1 Jahre. Die Analyse der Unterschiede im Shuntüberleben ergab kein signifikantes Ergebnis (p=0,449).

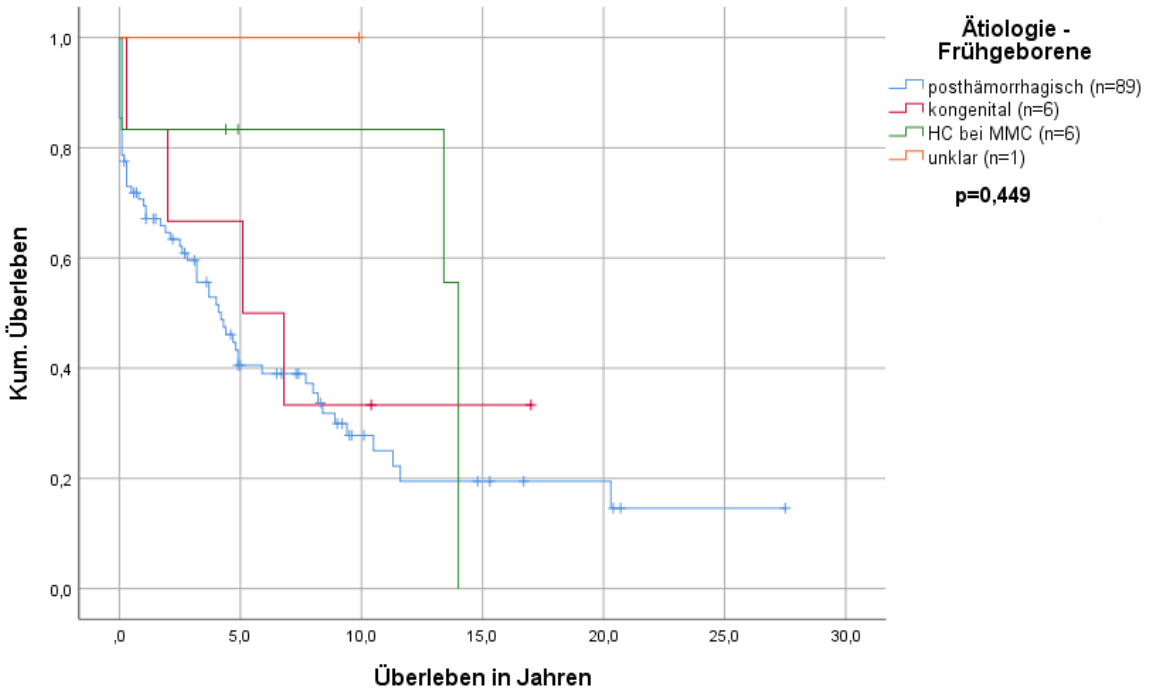


Abb. 48: Überlebenskurven der gesamten Shuntsysteme der 102 beobachteten Ventile bei Frühgeborenen in Abhängigkeit von der Ätiologie des Hydrocephalus

c) Revisionsgründe - Frühgeborene

Weiterhin zeigte sich in der Gruppe der Frühgeborenen in Bezug auf die Revisionsgründe ein signifikanter Unterschied (p=0,047) in der Überlebenszeit der Shuntsysteme (Abb. 49). Von den 68 beobachteten Revisionen wurden 45,6% (n=31) aufgrund von Ventildysfunktion, 22,1% (n=15) aufgrund peripherer und 10,3% (n=7) aufgrund zentraler Diskonnektion, 19,1% (n=13) wegen Obstruktion und 2,9% (n=2) wegen Infektion durchgeführt. Hier wurde ebenfalls deutlich, dass die Infektion bei weitem am frühsten auftrat. Das durchschnittliche Shuntüberleben betrug hier 2,3 Monate. Es folgte mit einem Überleben von 2,2 Jahren die Obstruktion. Am längsten hielt es bis zum Auftreten einer Fehlfunktion bei einer peripheren Diskonnektion an. Im Schnitt dauerte es 6,2 Jahre. Bei einer zentralen Diskonnektion hingegen vergingen 4,8 Jahre. Bei einer Ventildysfunktion betrug das mittlere Überleben 2,9 Jahre.

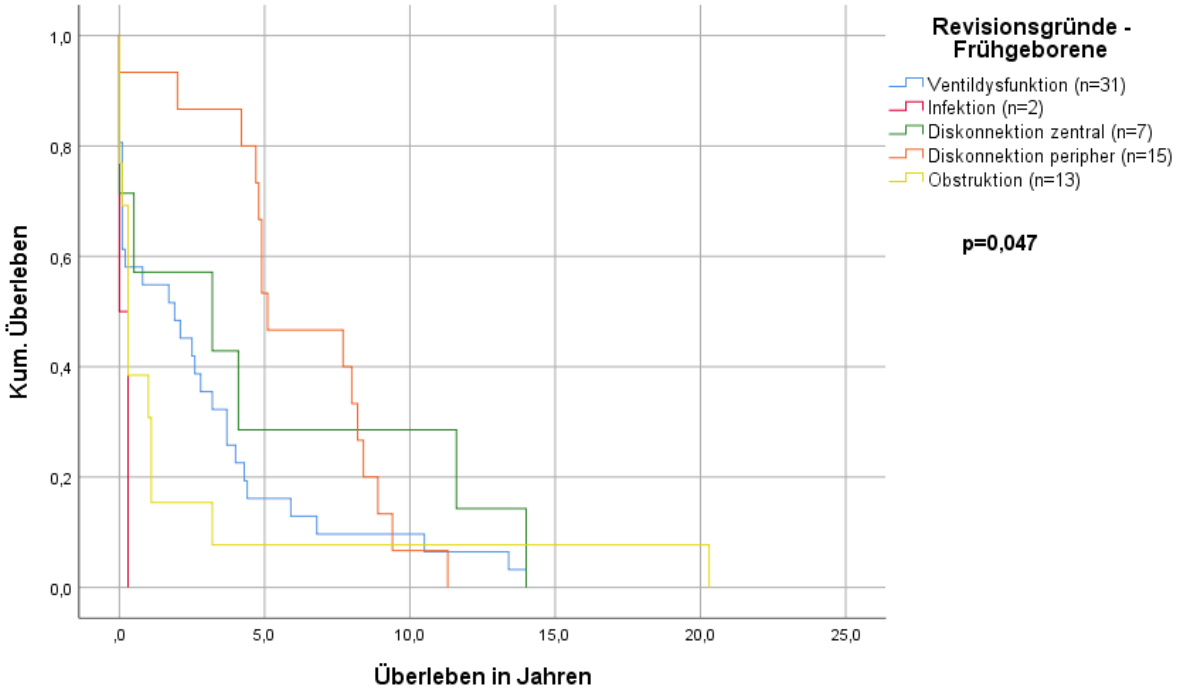


Abb. 49: Überlebenskurven der gesamten Shuntsysteme der 68 beobachteten Revisionsoperationen bei Frühgeborenen in Abhängigkeit vom Revisionsgrund

d) Ventiltypen – Frühgeborene

Als letzter Punkt der Berechnungen zu den Überlebenszeiten der Shuntsysteme wurden nun die verschiedenen Ventiltypen untersucht.

Auch in der Gruppe der Frühgeborenen wurden die Überlebenszeiten der einzelnen Ventile untersucht (Abb. 50, Tab. 25, 26). Die wenigsten Revisionen zeigten sich bei den Pro Medics Delta Ventilen. Von den 3 beobachteten Ventilen musste lediglich 1 aufgrund einer peripheren Diskonnektion revidierte werden. Auch das mittlere Überleben von 13,1 Jahren ergab den besten Wert. Eine ähnlich niedrige Revisionsrate zeigte das proGAV. In diesem Fall wurden 22 Ventile beobachtet, wovon nur 8 ausgetauscht werden mussten. Hierfür waren 3 Ventildysfunktionen, 2 zentrale und 1 periphere Diskonnektion und 2 Obstruktionen verantwortlich. 63,6% (n=14) blieben ohne Revision. Das mittlere Überleben betrug hier 6,1 Jahre. In der Gruppe der anderen Ventile waren es 16 Ventile, wovon 13 (7 Ventildysfunktionen, 4 periphere Diskonnektionen und 2 Obstruktionen) ersetzt werden mussten. Nur niedrige 18,8% (n=3) blieben ohne Revision. Das mittlere Überleben ergab 8,5 Jahre. Bei den PaediGAV wurden 40 Ventile beobachtet und 31 ersetzt, ursächlich hierfür waren 13 Ventildysfunktionen, 2 Infektionen, 2 zentrale und 6 periphere Diskonnektionen und 8 Obstruktionen. 22,5% (n=9) wurden nicht operiert. Das mittlere Überleben ergab 3,8 Jahre. Bei den PS Medical Delta Ventilen waren es 21 Ventile, wovon 28,6% (n=6) nicht revidiert werden musste. Die Revisionsgründe verteilten sich wie folgt: 8 Ventildysfunktionen, 3 zentrale und 3 periphere Diskonnektionen und 1 Obstruktion. Das mittlere Überleben betrug 9,3 Jahre. Insgesamt wurden 102 Ventile beobachtet und 68 davon revidiert. Daraus folgte ein Prozentsatz von 33,3% (n=34) ohne Revision. Das durchschnittliche Überleben betrug 8,4 Jahre. Bei dieser Analyse zeigte sich ein signifikanter Unterschied im Überleben der verschiedenen Ventile (p=0,028).

		Ventiltyp					
		andere	PS Medical Delta	PaediGAV	Pro Medics Delta	ProGAV	Gesamt
Revisionsgrund	keine Revision	3	6	9	2	14	34
	Ventildysfunktion	7	8	13	0	3	31
	Infektion	0	0	2	0	0	2
	Diskonnektion zentral	0	3	2	0	2	7
	Diskonnektion peripher	4	3	6	1	1	15
	Obstruktion	2	1	8	0	2	13
Gesamt		16	21	40	3	22	102

Tab. 256: Verteilung der Revisionsgründe auf die 102 beobachteten Shuntsysteme der Frühgeborenen

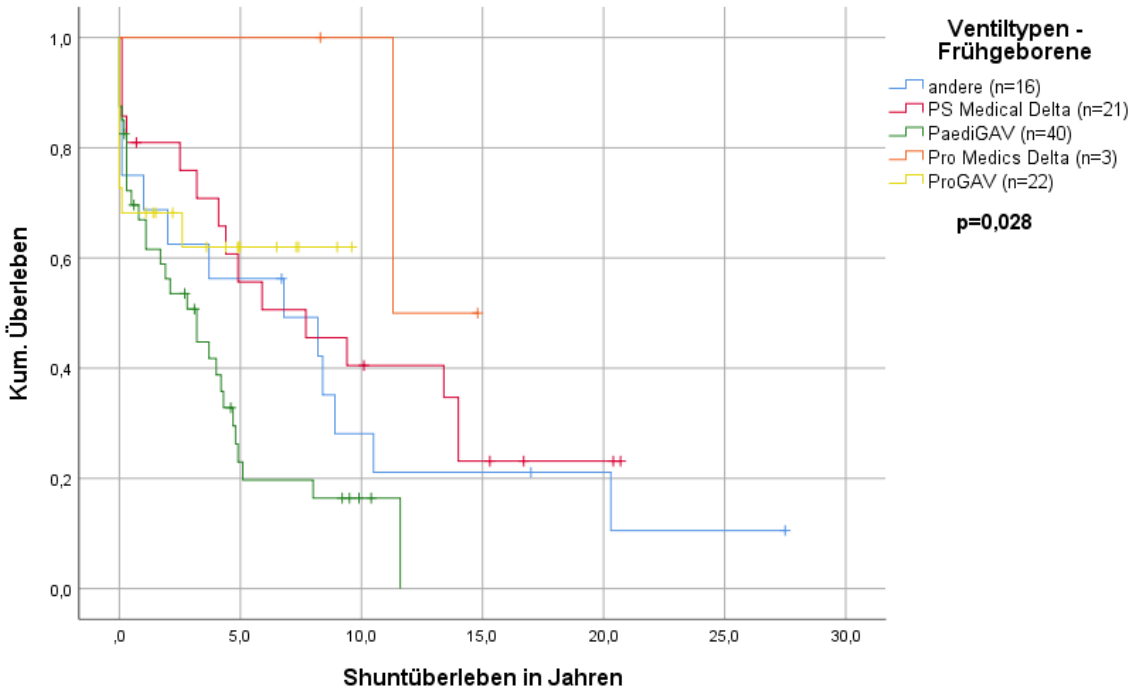


Abb. 50: Shuntüberlebenskurven der 102 beobachteten Ventile bei Frühgeborenen

ÜL / Ventiltyp	1 Jahres ÜL	2 Jahres ÜL	5 Jahres ÜL	10 Jahres ÜL
Andere (16)	68,8%	68,8%	56,3%	28,1%
PS Medical (21)	81,0%	81,0%	55,7%	40,5%
PaediGAV (40)	66,9%	62,8%	23,0%	16,4%
Pro Medics (3)	100%	100%	100%	100%
proGAV (22)	68,2%	68,2%	62,0%	0%

Tab. 26: Shuntüberleben der gesamten Shuntsysteme der 102 beobachteten Ventile bei Frühgeborenen

Neben dem Shuntüberleben wurde auch das Ventilüberleben der Frühgeborenen berechnet (Abb. 51, Tab. 27). In der Gruppe der Pro Medics Ventile ergab sich ein mittleres Ventilüberleben von 11,5 Jahren. Der Revisionsgrund stellte eine periphere Diskonnektion dar Die ProGAV zeigten ein durchschnittliches Überleben von 3,3 Jahre aufgrund von 3 Ventildysfunktionen. Zudem wurden 2 zentrale und 1 periphere Diskonnektionen und 2 Obstruktionen als zensierte Fälle in die Berechnung mit einbezogen. In der Gruppe der anderen Ventile betrug das Ventilüberleben 7,6 Jahre, durch 7 Ventildysfunktionen verursacht. Außerdem wurden 4 periphere Diskonnektionen und 2 Obstruktionen berücksichtigt. In der größten untersuchten Gruppe, die Gruppe der PaediGAV, ergab das durchschnittliche Ventilüberleben 3,1 Jahre. Die Revisionsgründe verteilten sich hier wie folgt: 13 Ventildysfunktionen, 2 Infektionen, 2 zentrale und 6 periphere Diskonnektionen und 8 Obstruktionen. In der Gruppe der PS Medical Delta Ventile waren es durchschnittlich 8,0 Jahre, ursächlich hierfür waren 8 Ventildysfunktionen. Außerdem wurden 3 zentrale und 3 periphere Diskonnektionen und 1 Obstruktion berücksichtigt. Die Analyse bezüglich der Ventilüberlebenszeiten ergab keinen signifikanten Unterschied (p=0,375).

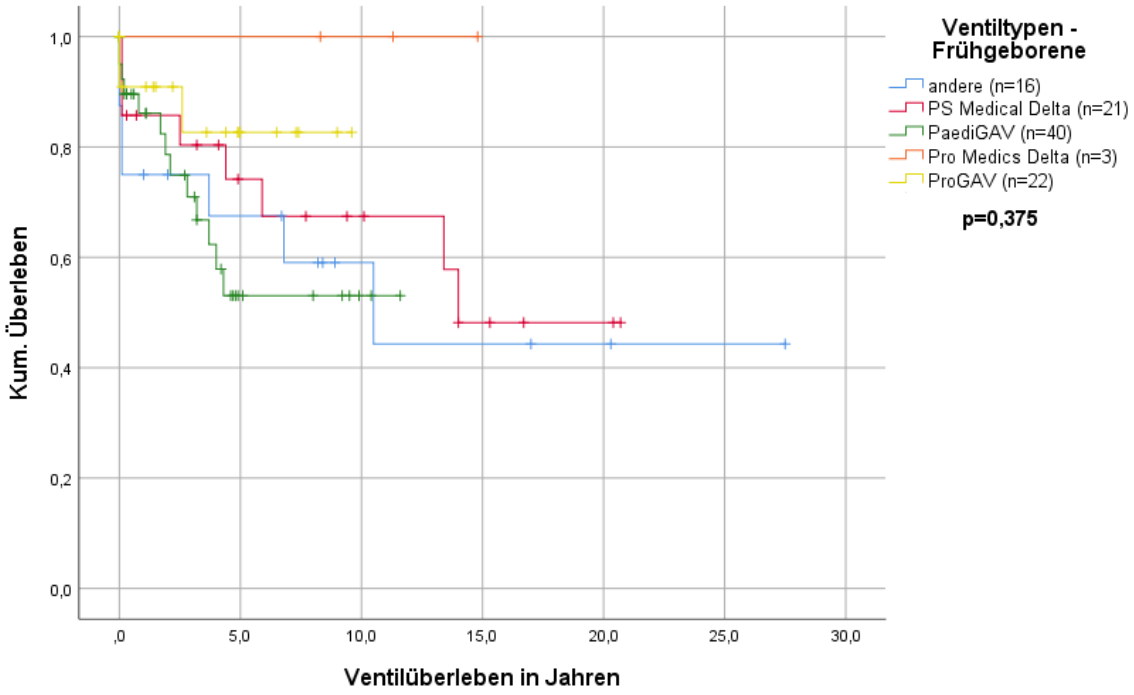


Abb. 51: Ventilüberlebenskurven der 102 beobachteten Ventile bei Frühgeborenen

ÜL / Ventiltyp	1 Jahres ÜL	2 Jahres ÜL	5 Jahres ÜL	10 Jahres ÜL
Andere (16)	75,0%	75,0%	67,5%	59,1%
PS Medical (21)	85,7%	85,7%	74,2%	67,4%
PaediGAV (40)	86,1%	78,6%	53,1%	53,1%
Pro Medics (3)	100%	100%	100%	100%
proGAV (22)	90,9%	90,9%	82,6%	0%

Tab. 27: Ventilüberleben der 102 beobachteten Ventile bei Frühgeborenen

Auch in der Gruppe der Frühgeborenen erfolgte dieselbe Einteilung der Ventile nach Funktionseinheit (Abb. 52, Tab. 28, 29). In der Gruppe der Ventile mit Gravitationseinheit ergaben sich so 62 Stück (PediGAV n=40 und ProGAV n=22). 39 benötigten einen Austausch (16 Ventildysfunktionen, 2 Infektionen, 4 zentrale und 7 periphere Diskonnektionen und 10 Obstruktionen), sodass 37,1% (n=23) ohne Revision verblieben. Das mittlere Shuntüberleben betrug hier 4,9 Jahre. In der Gruppe der Delta-Einheiten waren es 24 Ventile (PS Medical Delta n=21 und Pro Medics Delta n=3), wovon 16, aufgrund von 8 Ventildysfunktionen, 3 zentralen und 4 peripheren Diskonnektionen und 1 Obstruktion, revidiert werden mussten. Lediglich 8 (33,3%) blieben ohne Austausch. Das mittlere Shuntüberleben ergab 10,2 Jahre. Auch in dieser Patientengruppe zeigte sich ein signifikanter Unterschied (p=0,024) im Überleben der Ventilgruppen. Insgesamt wurden 86 Ventile beobachtet und 55 Ventile revidiert. Das durchschnittliche Shuntüberleben ergab 7,4 Jahre.

		Ventiltyp		
		GAV-Gruppe	Delta-Gruppe	Gesamt
Revisionsgrund	keine Revision	23	8	31
	Ventildysfunktion	16	8	24
	Infektion	2	0	2
	Diskonnektion zentral	4	3	7
	Diskonnektion peripher	7	4	11
	Obstruktion	10	1	11
Gesamt		62	24	86

Tab. 28: Verteilung der Revisionsgründe auf die 86 beobachteten Shuntsysteme der GAV- und DeltaGruppe bei Frühgeborenen

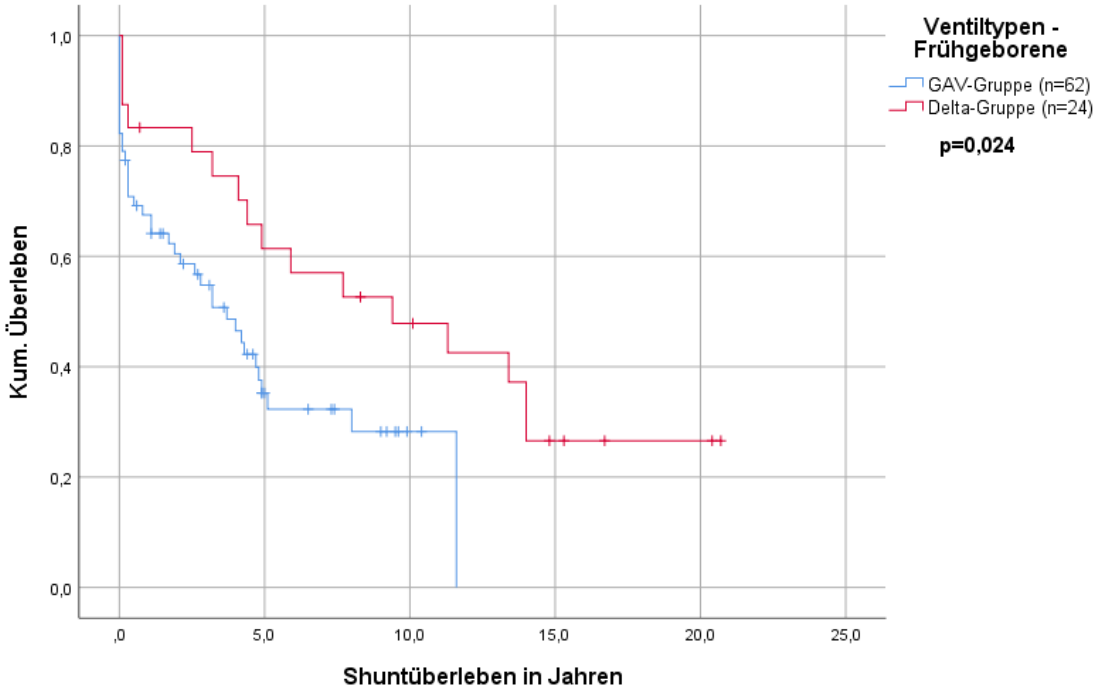


Abb. 52: Shuntüberlebenskurven der 86 beobachteten Systeme bei Frühgeborenen in Abhängigkeit von der Ventiltyp-Gruppe

ÜL / Ventiltyp	1 Jahres ÜL	2 Jahres ÜL	5 Jahres ÜL	10 Jahres ÜL
GAV (62)	67,5%	60,5%	35,2%	28,3%
Delta (24)	83,3%	83,3%	61,4%	47,8%

Tab. 29: Shuntüberleben der 86 beobachteten Ventile bei Frühgeborenen in Abhängigkeit von der Ventil-Gruppe

Das Gesamtventilüberleben der Frühgeborenen in Abhängigkeit von der Ventil-Gruppe ergab 13,2 Jahre (Abb. 53, Tab. 30). Die Gruppe der gravitationsgesteuerten Ventile erzielte ein durchschnittliches Ventilüberleben von 8,1 Jahren aufgrund von 16 Ventildysfunktionen. Zudem wurden 2 Infektionen, 4 zentrale und 7 periphere Diskonnektionen und 10 Obstruktionen berücksichtigt. Bei den Ventilen der Delta-Gruppe war es ein mittleres Ventilüberleben von 14,4 Jahren. Ursächlich hierfür waren 8 Ventildysfunktionen. Die 3 zentralen und 4 peripheren Diskonnektionen, sowie die 1 Obstruktion wurden als zensierte Fälle mit einberechnet. Die Unterschiede in den Ventilüberlebenszeiten der beiden Gruppen waren nicht signifikant (p=0,392).

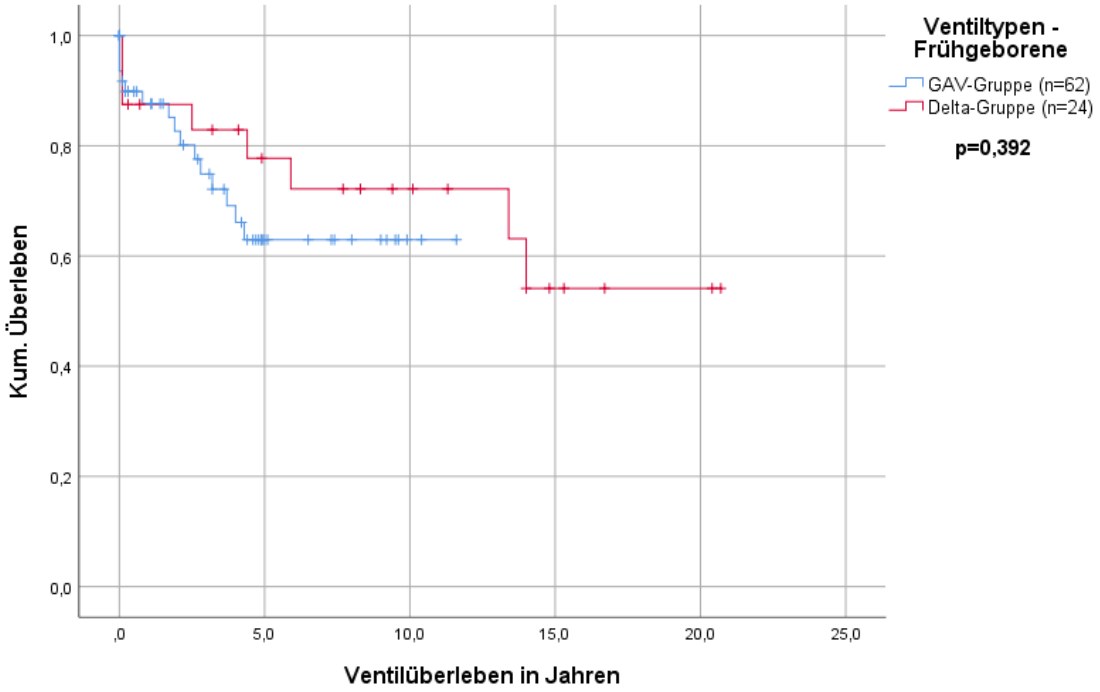


Abb. 53: Ventilüberlebenskurven der 86 beobachteten Ventile bei Frühgeborenen in Abhängigkeit von der Ventiltyp-Gruppe

ÜL / Ventiltyp	1 Jahres ÜL	2 Jahres ÜL	5 Jahres ÜL	10 Jahres ÜL
GAV (62)	87,7%	82,6%	62,9%	62,9%
Delta (24)	87,5%	87,5%	77,7%	72,2%

Tab. 30: Ventilüberleben der 86 beobachteten Ventile bei Frühgeborenen in Abhängigkeit von der Ventiltyp-Gruppe

Bei den Frühgeborenen wurden ebenfalls die Ventile nach Verstellbarkeit eingeteilt, hierfür wurden die Ventile der Delta-Gruppe und die PaediGAV zusammengefasst (PS Medical Delta n=21, Pro Medics Delta n=3, und PaediGAV n=40) und den verstellbaren ProGAV (n=22) gegenübergestellt (Abb. 54, Tab. 31, 32). So ergaben sich 64 nicht verstellbare Ventile, wovon 47 aufgrund von 21 Ventildysfunktionen, 2 Infektionen, 5 zentralen und 10 peripheren Diskonnektionen, sowie 9 Obstruktionen, revidiert werden mussten. Lediglich 26,6% (n=17) kamen ohne Austausch aus. Das mittlere Shuntüberleben betrug 6,8 Jahre. In der Gruppe der verstellbaren Ventile waren es 22 Stück. Nur 8 mussten hier ersetzt werden. Die Revisionsgründe verteilten sich wie folgt: 3 Ventildysfunktionen, 2 zentrale und 1 periphere Diskonnektion und 2 Obstruktionen. Daraus ergab sich ein Prozentsatz von 63,6% (n=14) ohne Revision. Das mittlere Shuntüberleben betrug hier 6,1 Jahre. Das Gesamtshuntüberleben betrug im Schnitt 7,4 Jahre. Auch in diesem Patientenkollektiv ergab sich trotz deutlichen optischen Unterschiedes kein signifikanter Unterschied (p=0,256).

		Ventiltyp		
		nicht verstellbar	verstellbar	Gesamt
Revisionsgrund	keine Revision	17	14	31
	Ventildysfunktion	21	3	24
	Infektion	2	0	2
	Diskonnektion zentral	5	2	7
	Diskonnektion peripher	10	1	11
	Obstruktion	9	2	11
Gesamt		64	22	86

Tab. 317: Verteilung der Revisionsgründe auf die 86 beobachteten Shuntsysteme in Abhängigkeit von der Verstellbarkeit bei den Frühgeborenen

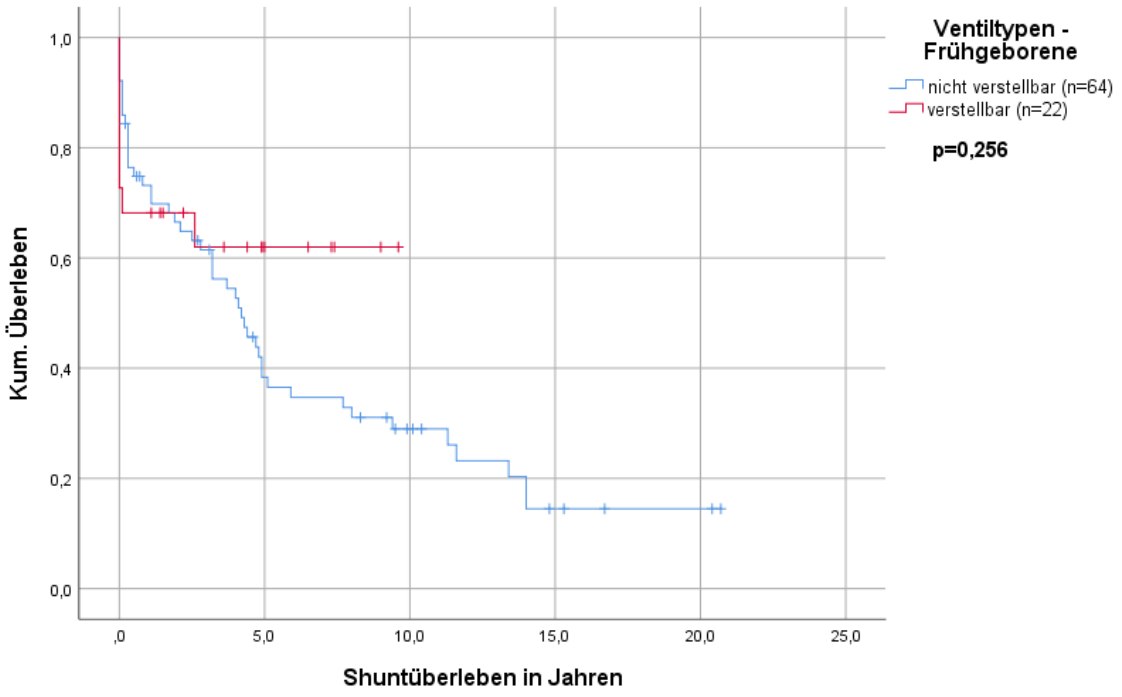


Abb. 54: Shuntüberlebenskurven der 86 beobachteten Ventile bei Frühgeborenen in Abhängigkeit von der Verstellbarkeit

ÜL / Ventiltyp	1 Jahres ÜL	2 Jahres ÜL	5 Jahres ÜL	10 Jahres ÜL
Nicht verstellbar (64)	73,2%	66,5	38,4%	29,0%
Verstellbar (22)	68,2%	68,2%	62,0%	0%

Tab. 32: Shuntüberleben der 86 beobachteten Ventile bei Frühgeborenen in Abhängigkeit von der Verstellbarkeit

Bei der Analyse der Ventilüberlebenszeiten ergab sich kein signifikant besseres Überleben für die verstellbaren Ventile (Abb. 55, Tab. 33, p=0,297). Das Ventilüberleben betrug hier 8,1 Jahre, bedingt durch 3 Ventildysfunktionen. 2 zentrale, 1 periphere Diskonnektionen und 2 Obstruktionen wurden als zensierte Fälle mit einberechnet. In der Gruppe der nicht verstellbaren Ventile ergab sich ein mittleres Ventilüberleben von 12,5 Jahre aufgrund von 21 Ventildysfunktionen. Zudem wurden 2 Infektionen, 5 zentrale und 10 periphere Diskonnektionen, sowie 9 Obstruktionen berücksichtigt. Das durchschnittliche Gesamtventilüberleben betrug 13,2 Jahre.

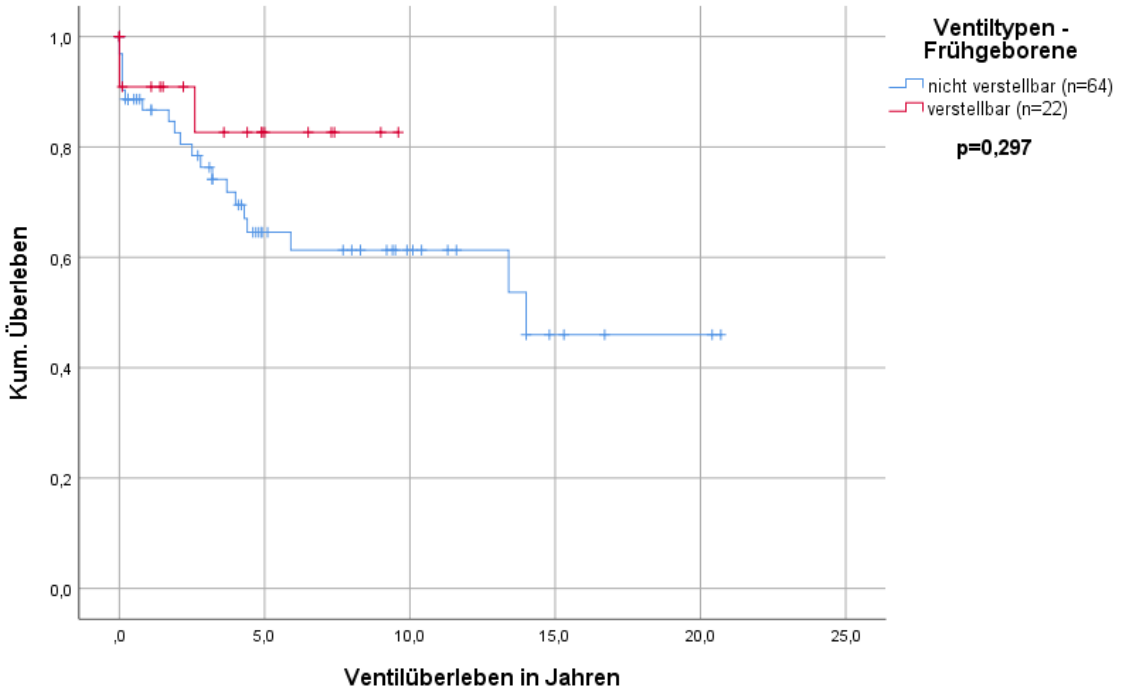


Abb. 55: Ventilüberlebenskurven der 86 beobachteten Ventile bei Frühgeborenen in Abhängigkeit von der Verstellbarkeit

ÜL / Ventiltyp	1 Jahres ÜL	2 Jahres ÜL	5 Jahres ÜL	10 Jahres ÜL
Nicht verstellbar (64)	86,7%	82,6%	64,5%	61,3%
Verstellbar (22)	90,9%	90,9%	82,6%	0%

Tab. 33: Ventilüberleben der 86 beobachteten Ventile bei Frühgeborenen in Abhängigkeit von der Verstellbarkeit

3.2 Patientenbefragung

Insgesamt wurden 30 Fragebögen beantwortet. Die Befragten waren zur Hälfte Mädchen und zur Hälfte Jungen und zwischen 9 und 36 Jahre alt. Die einzelnen Aspekte der Befragung wurden jeweils anhand der Ätiologie des Hydrocephalus, der Anzahl der nötigen Revisionen und des Ventiltyps untersucht. Hierzu wurden die Patienten anhand des zum Zeitpunkt der Umfrage aktuellen Ventils in zwei Gruppen unterteilt - in der Gruppe der nicht-verstellbaren Ventile waren es 23 Patienten, in der Gruppe der verstellbaren Ventile 7 Patienten.

3.2.1 Entwicklung

Insgesamt besuchten 3,3% (n=1) keine Schule, 30,0% (n=9) waren auf einer Behindertenschule, 23,3% (n=7) auf einer Förderschule und 43,3% (n=13) auf einer Regelschule. Eine altersentsprechende Entwicklung zeigte sich bei 36,7% (n=11), eine verzögerte bei 20,0% (n=6). 16,7% (n=5) waren von einer Teilleistungsschwäche betroffen. Und 26,7% (n=8) waren unterentwickelt.

Insgesamt waren 33,3% (n=10) auf den Rollstuhl und 13,3% (n=4) auf Hilfsmittel angewiesen. Der Großteil (53,3%; n=16) zeigte eine altersentsprechende motorische Entwicklung.

50,0% (n=15) zeigten keinerlei Epilepsieformen. 40% (n=12) waren mit Medikamenten anfallsfrei und 10% (n=3) hatten trotz Therapie immer wieder Anfälle.

a) Ätiologie des Hydrocephalus

Die nachfolgenden Grafiken und Tabellen zeigten die jeweiligen Verteilungen (Abb. 56, 57). Die größte Gruppe stellte auch hier der posthämorrhagische Hydrocephalus dar. Insgesamt 14 Patientin war davon betroffen. 50,0% (n=7) davon besuchten eine Behindertenschule, 14,3% (n=2) besuchten eine Förderschule und 35,7% (n=5) eine Regelschule. 35,7% (n=5) waren verglichen zu gleichaltrigen Kindern unterentwickelt. 28,6% (n=4) zeigten eine altersentsprechende geistige Entwicklung. 21,4% (n=3) waren in ihrer Entwicklung verzögert und 14,3% (n=2) zeigten eine Teilleistungsschwäche. Von den Patienten mit kongenitalem Hydrocephalus (n=6) gingen 83,3% (n=5) auf eine Regelschule und zeigten eine altersentsprechende Entwicklung, lediglich ein Patient (16,7%) ging mit unterentwickelten geistigen Fähigkeiten auf eine Behindertenschule. In der Gruppe des Hydrocephalus mit Meningomyelocele (n=4) besuchten 50,0% (n=2) die Förderschule, jeweils ein Patient besuchte die Regel- bzw. Behindertenschule (25,0%). Insgesamt gaben hier 75,0% (n=3) eine Teilleistungsschwäche und 25,0% (n=1) eine verzögerte Entwicklung an. Patienten mit einem infektiös bedingten Hydrocephalus besuchten zu 66,7% (n=2) die Förderschule – einer mit verzögerter (33,3%) und einer mit unterentwickelter (33,3%) geistiger Entwicklung. Ein weiterer Patient (33,3%) besuchte mit altersentsprechender Entwicklung die Regelschule. Beim Hydrocephalus unklarer Ursache besuchte ein Patient (50,0%) mit altersentsprechender Entwicklung die Regelschule, bei dem anderen Patienten war aufgrund geistiger Unterentwicklung keinerlei schulische Ausbildung möglich. Und in der Gruppe des posttraumatischen Hydrocephalus besuchte ein Patient mit verzögerter Entwicklung (100,0%) die Förderschule. Die Verteilung der verschiedenen Ätiologien des Hydrocephalus auf die schulische Entwicklung ergab einen signifikanten Unterschied (p=0,013). Die Beobachtung der geistigen Entwicklung ergab keinen signifikanten Unterschied (p=0,073).

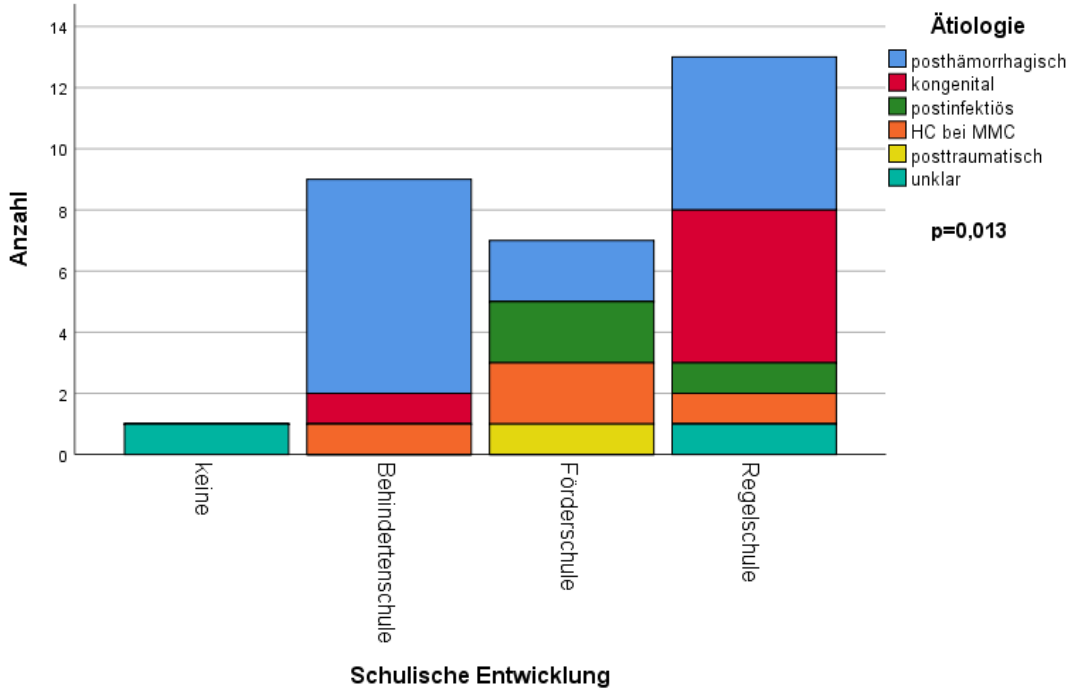


Abb. 56: Graphische Darstellung der Verteilung der verschiedenen Ätiologien des Hydrocephalus auf die schulische Entwicklung der 30 befragten Patienten

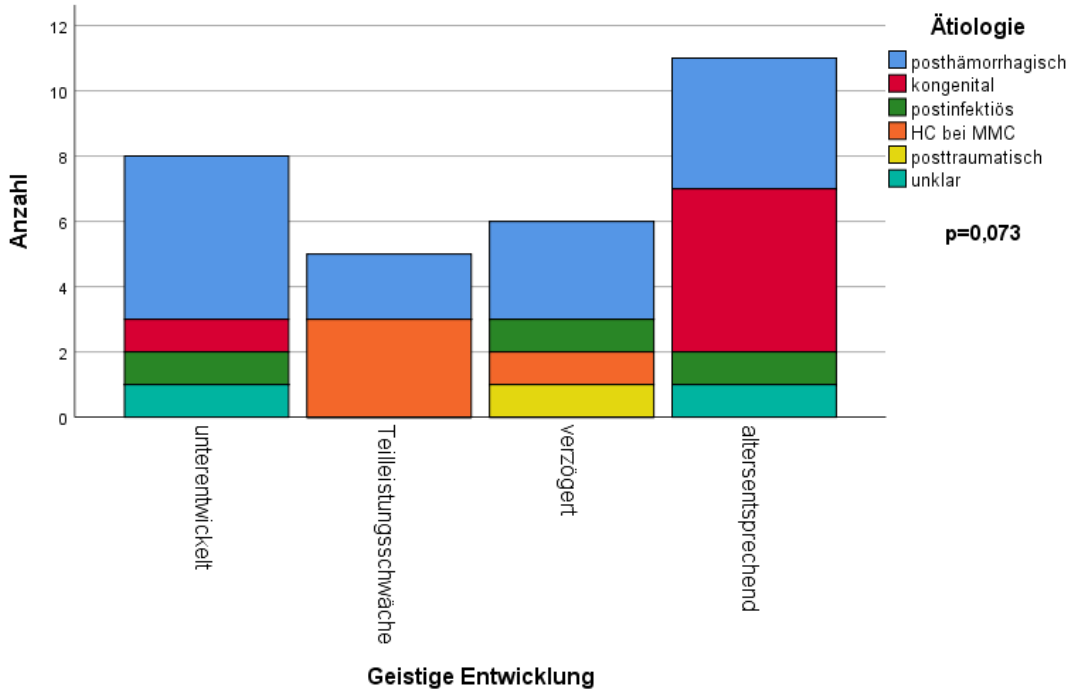


Abb. 57: Graphische Darstellung der Verteilung der verschiedenen Ätiologien des Hydrocephalus auf die geistige Entwicklung der 30 befragten Patienten

Auch die motorische Entwicklung wurde ausgewertet (Abb. 58). Es zeigte sich in Abhängigkeit von der Ätiologie des Hydrocephalus kein signifikanter Unterschied (p=0,121). In der Gruppe des posthämorrhagischen Hydrocephalus (n=14) zeigten 57,1% (n=8) eine altersentsprechende motorische Entwicklung. 21,4% (n=3) waren nur mit Hilfsmitteln gehfähig. Ebenso viele Patienten waren rollstuhlpflichtig. Beim kongenitalen Hydrocephalus waren 83,3% (n=5) altersentsprechend entwickelt, lediglich ein Patient (16,7%) war auf Hilfsmittel angewiesen. In der Gruppe des Hydrocephalus bei Meningomyelocele konnten sich 100,0% (n=4) nur mit dem Rollstuhl fortbewegen. 66,7% (n=2) der Patienten mit postinfektiösem Hydrocephalus zeigten eine altersentsprechende Entwicklung. Ein Patient (33,3%) war rollstuhlpflichtig. Ebenso in der Gruppe des Hydrocephalus mit unklarer Genese. 50,0% in dieser Gruppe entwickelten sich altersentsprechend. 100,0% der Patienten mit traumatisch bedingtem Hydrocephalus waren auf den Rollstuhl angewiesen.

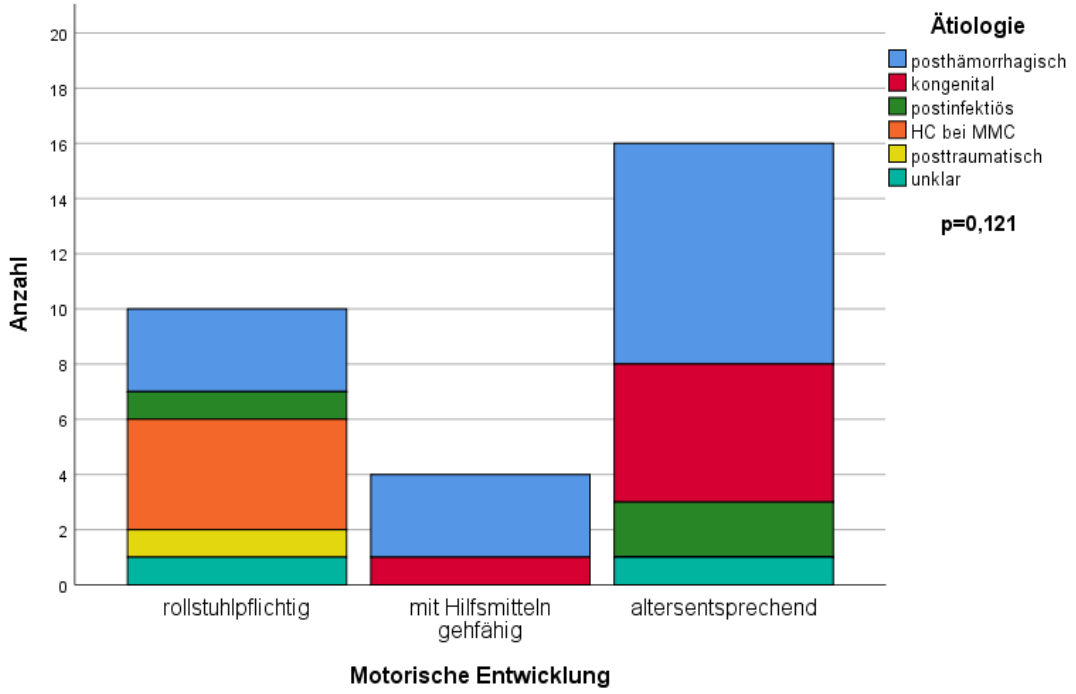


Abb. 58: Graphische Darstellung der Verteilung der verschiedenen Ätiologien des Hydrocephalus auf die motorische Entwicklung der 30 befragten Patienten

Neben der Entwicklung der Patienten fand auch das Vorhandensein einer Epilepsie als typische Begleiterkrankung Beachtung (Abb. 59). Beim posthämorrhagischen Hydrocephalus zeigten 42,9% (n=6) keinerlei Epilepsieformen, ebenfalls 42,9% (n=6) waren mit Medikamenten anfallsfrei und 14,3% (n=2) boten trotz Therapie immer wieder Anfälle. Beim kongenitalen Hydrocephalus waren 66,7% (n=4) ohne Epilepsie und die verbleibenden 33,3% (n=2) waren mit Medikamenten anfallsfrei. In der Gruppe des Hydrocephalus bei Meningomyelocele waren 50,0% (n=2) ohne Epilepsie und die restlichen 50,0% (n=2) mit Therapie ohne Anfälle. Der postinfektiöse Hydrocephalus zeigte bei 33,3% (n=1) keinerlei Anfälle. Auch die weiteren 66,7% (n=2) waren mit Medikamenten anfallsfrei. In der Gruppe des unklaren Hydrocephalus zeigte ein Patient (50,0%) trotz entsprechender Therapie weiterhin Anfälle, der andere Patient (50,0%) hatte keine Epilepsie entwickelt. Ebenso der eine Patient (100,0%) mit posttraumatischem Hydrocephalus. Es konnte kein signifikanter Unterschied (p=0,636) festgestellt werden.

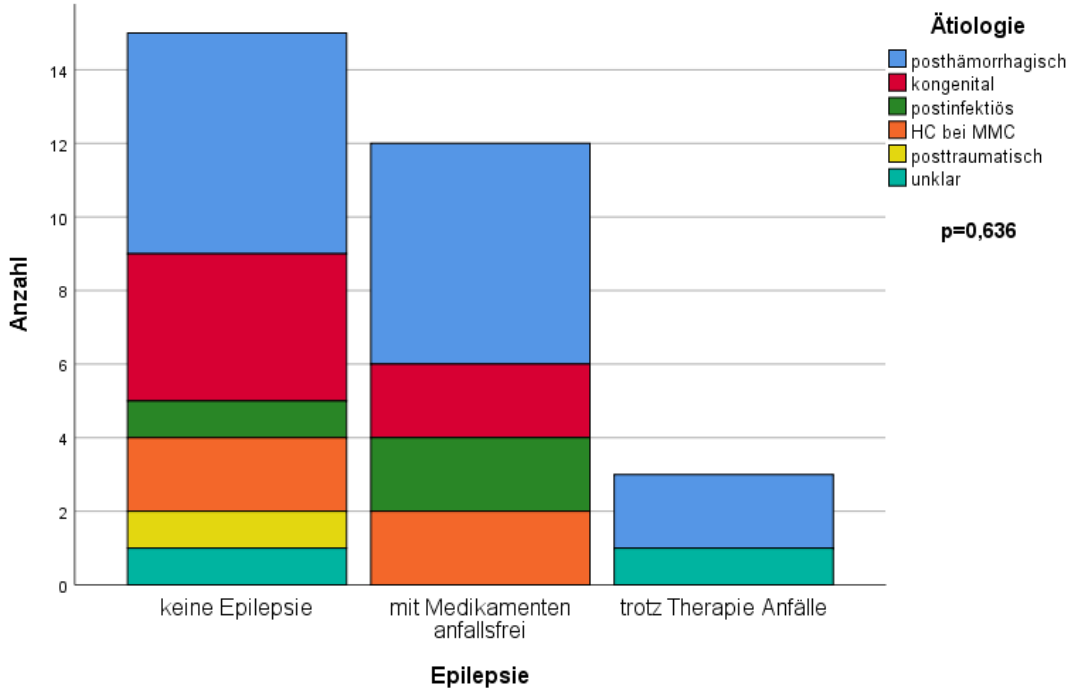


Abb. 59: Graphische Darstellung der Verteilung der verschiedenen Ätiologien des Hydrocephalus auf das Auftreten und den Verlauf einer Epilepsie der 30 befragten Patienten

b) Anzahl der Revisionen

Bei der Analyse in Bezug auf die Revisionen wurden 3 Patienten ausgeschlossen, da hier die Anzahl an Revisionsoperationen nicht ermittelt werden konnte. Insgesamt mussten 8 Patienten nicht revidiert werden (Abb. 60, 61). 37,5% (n=3) davon besuchten eine Regelschule, ebenso viele besuchten eine Förderschule. Die restlichen 25,0% (n=2) lernten auf einer Behindertenschule. Bezüglich der geistigen Entwicklung waren 25,0% (n=2) altersentsprechend, 37,5% (n=3) verzögert, 12,5% (n=1) zeigten eine Teilleistungsschwäche und 25,0% (n=2) waren unterentwickelt. 66,7% (n=2) der Patienten mit nur einer Revision waren auf der Regelschule und zeigten eine altersentsprechende geistige Entwicklung, ein weiterer (33,3%) war verzögert in seiner Entwicklung und besuchte die Behindertenschule. Den größten Anteil stellte die Gruppe mit 2 Revisionen (n=11). Hiervon waren 45,5% (n=5) auf einer Regelschule mit altersentsprechender Entwicklung, 18,2% (n=2) mit einer verzögerten Entwicklung auf einer Förderschule und 36,4% (n=4) auf einer Behindertenschule. 9,1% (n=1) wies eine Teilleistungsschwäche auf und 27,3% (n=3) waren geistig unterentwickelt. Mehr als 2 Revisionen traten bei 5 Patienten auf. 40,0% (n=2) besuchten eine Regelschule, ebenso 40,0% (n=2) eine Förderschule. Ein Patient (20,0%) war auf der Behindertenschule. 20,0% (n=1) waren altersentsprechend, sowie 20,0% (n=1) unterentwickelt. 60,0% (n=3) zeigten eine Teilleistungsschwäche. Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied, weder bei der schulischen (p=0,8,49) noch bei der geistigen Entwicklung (p=0,308).

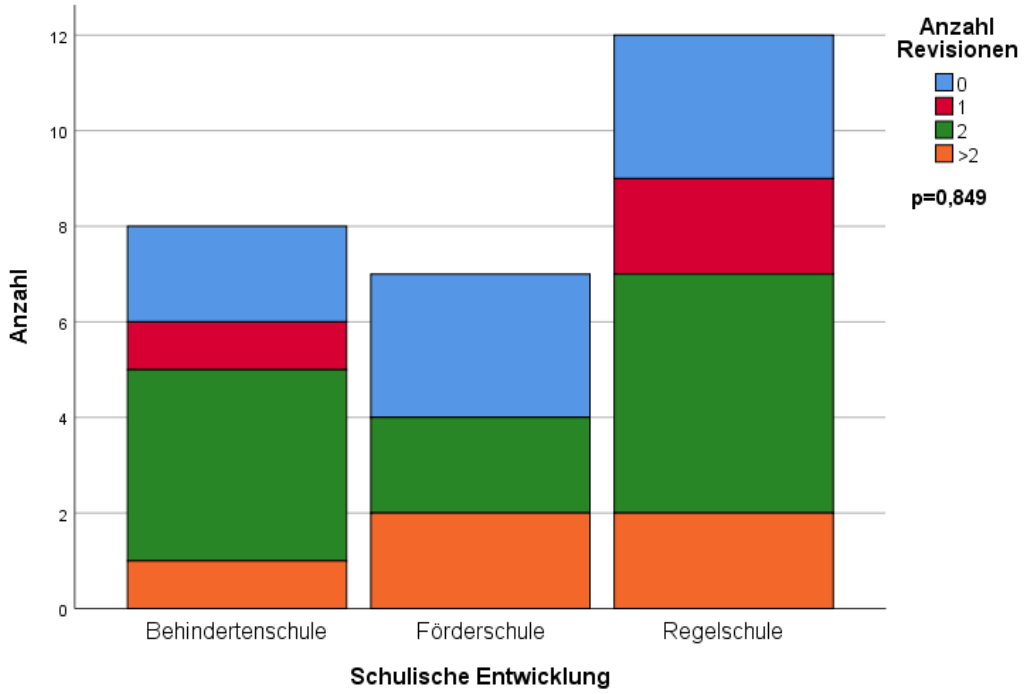


Abb. 60: Graphische Darstellung der Verteilung der Anzahl der Revisionen auf die schulische Entwicklung der 27 befragten Patienten

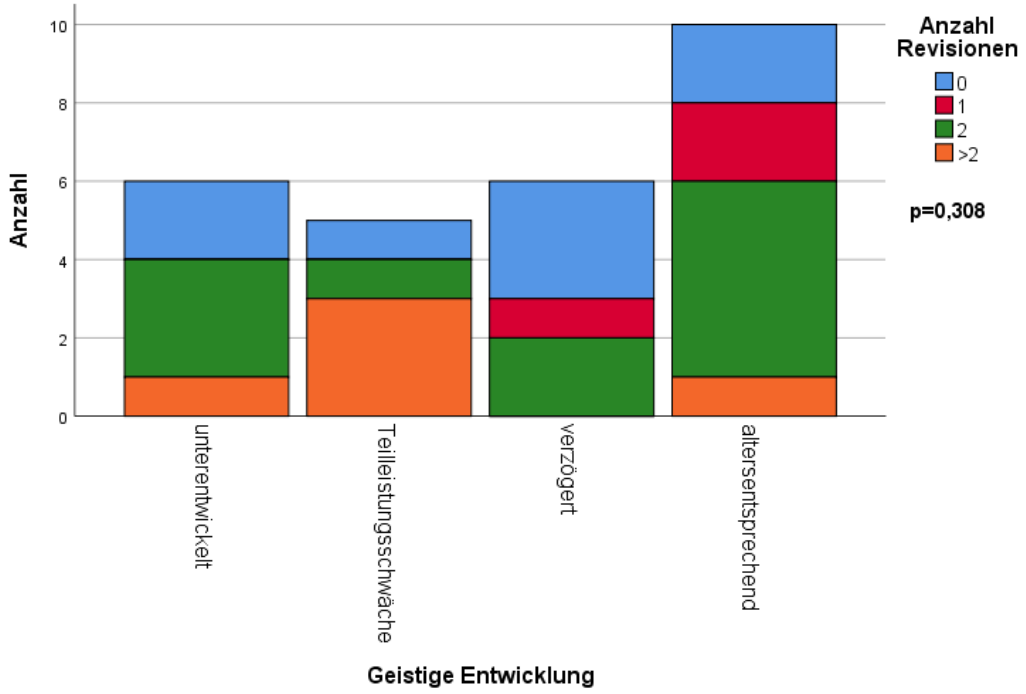


Abb. 61: Graphische Darstellung der Verteilung der Anzahl der Revisionen auf die geistige Entwicklung der 27 befragten Patienten

Eine Analyse der motorischen Entwicklung bezogen auf die Anzahl der nötigen Revisionen (Abb. 62) zeigte ein signifikantes Ergebnis (p=0,041). 50,0% (n=4) der Patienten ohne Revision zeigten eine altersentsprechende motorische Entwicklung, 12,5% (n=1) konnten mit Hilfsmitteln gehen, wohin gegen 37,5% (n=3) auf den Rollstuhl angewiesen waren. In der Gruppe mit nur einer Revision waren 100,0% (n=3) altersentsprechend entwickelt. In der größten Gruppe mit 2 Revisionen waren 54,5% (n=6) altersentsprechend und 45,5% (n=5) rollstuhlpflichtig. Patienten die mehr als 2 Revisionen benötigten zeigten zu 20,0% (n=1) eine altersentsprechende Motorik, 60,0% (n=3) waren mit Hilfsmittel mobil und 20,0% (n=1) konnten sich nur im Rollstuhl fortbewegen.

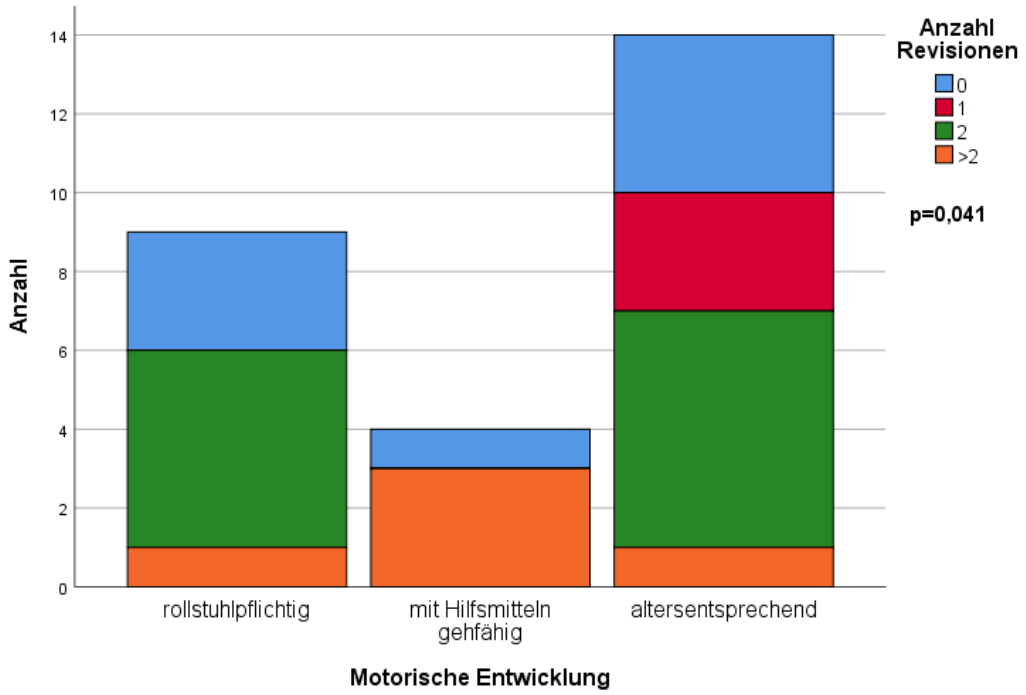


Abb. 62: Graphische Darstellung der Verteilung der Anzahl der Revisionen auf die motorische Entwicklung der 27 befragten Patienten

Das Auftreten einer Epilepsie in Abhängigkeit von der Anzahl der Revisionen ergab nachstehende Graphen (Abb. 63) und konnte keinen signifikanten Unterschied (p=0,816) liefern. Keine Epilepsie wiesen 37,5% (n=3) der Kinder ohne Revision, 66,7% (n=2) mit einer und 63,6% (n=7) mit 2 Revisionen auf. Bei den Patienten mit mehr als 2 Revisionen waren es 40,0% (n=2) und bei den Patienten ohne erhebbare Anzahl waren es 33,3% (n=1). In der Gruppe der therapierten und seitdem anfallsfreien Epilepsie waren es 50,0% (n=4) der Probanden ohne Revision, 33,3% der Patienten mit 1 Revision. In der Gruppe mit mehr als 2 Revisionen war der Anteil sogar bei 60,0% (n=3). Weiterhin Anfälle trotz entsprechender Therapie wiesen jeweils 1 Patient der Gruppe ohne Revision (12,5%) und der Gruppe mit 2 Revisionen (9,1%) auf.

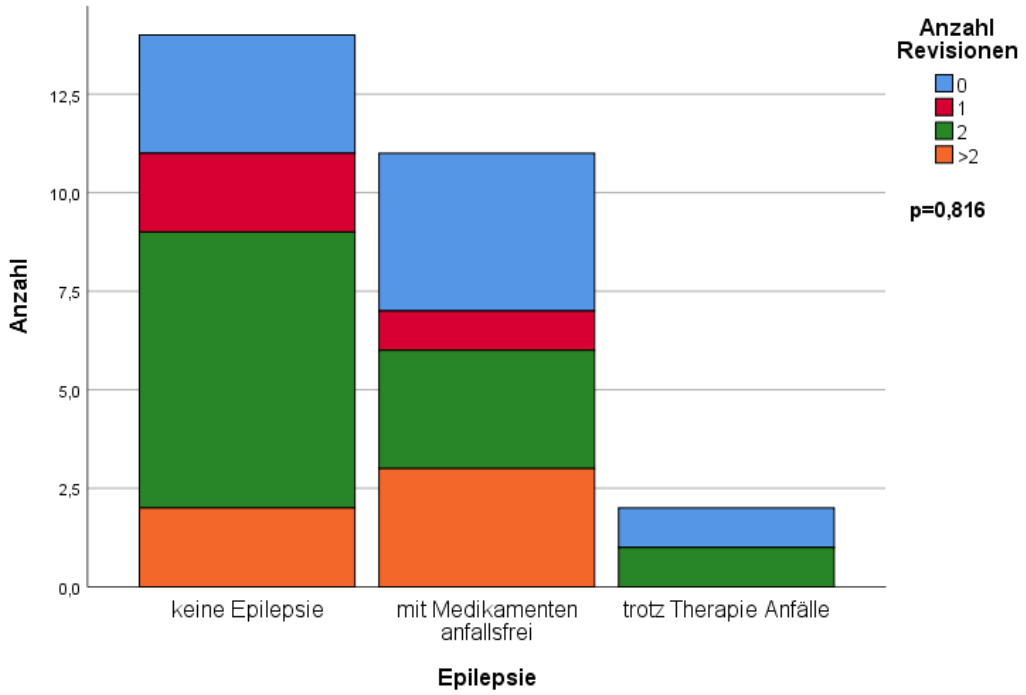


Abb. 63: Graphische Darstellung der Verteilung der Anzahl der Revisionen auf das Auftreten und den Verlauf einer Epilepsie der 27 befragten Patienten

c) Ventiltyp

Die Regelschule besuchten 34,8% (n=8) der Patienten mit nicht verstellbaren Ventilen und 71,4% (n=5) der Patienten mit verstellbaren Ventilen (Abb. 64). Auf der Förderschule waren es 26,1% (n=6) der Patienten mit nicht verstellbaren Ventilen und 14,3% (n=1) mit verstellbaren Ventilen. An einer Behindertenschule lernten 34,8% (n=8) mit nicht verstellbaren und 14,3% (n=1) mit verstellbaren Ventilen. Keinerlei schulische Ausbildung trat nur bei 1 Patienten (4,3%) der Gruppe der nicht verstellbaren Ventile auf. In der gesamten Analyse der schulischen Entwicklung zeigte sich kein signifikanter Unterschied (p=0,386).

Auch die geistige Entwicklung wurde abgefragt (Abb. 65). 26,1% (n=6) der Probanden mit nicht verstellbaren Ventilen und 71,4% (n=5) mit verstellbaren Ventilen zeigten eine altersentsprechende Entwicklung. Ebenfalls 26,1% (n=6) der Probanden mit nicht verstellbaren Ventilen waren in ihrer Entwicklung verzögert. Eine Teilleistungsschwäche zeigten 17,4% (n=4) der Kinder mit nicht verstellbaren und 14,3% (n=1) mit verstellbaren Ventilen. Unterentwickelt waren 30,4% (n=7) der Personen mit nicht verstellbaren und 14,3% (n=1) der mit verstellbaren Ventilen. In Anlehnung an die Auswertung der schulischen Möglichkeiten zeigte sich auch hier kein signifikanter Unterschied (p=0,145).

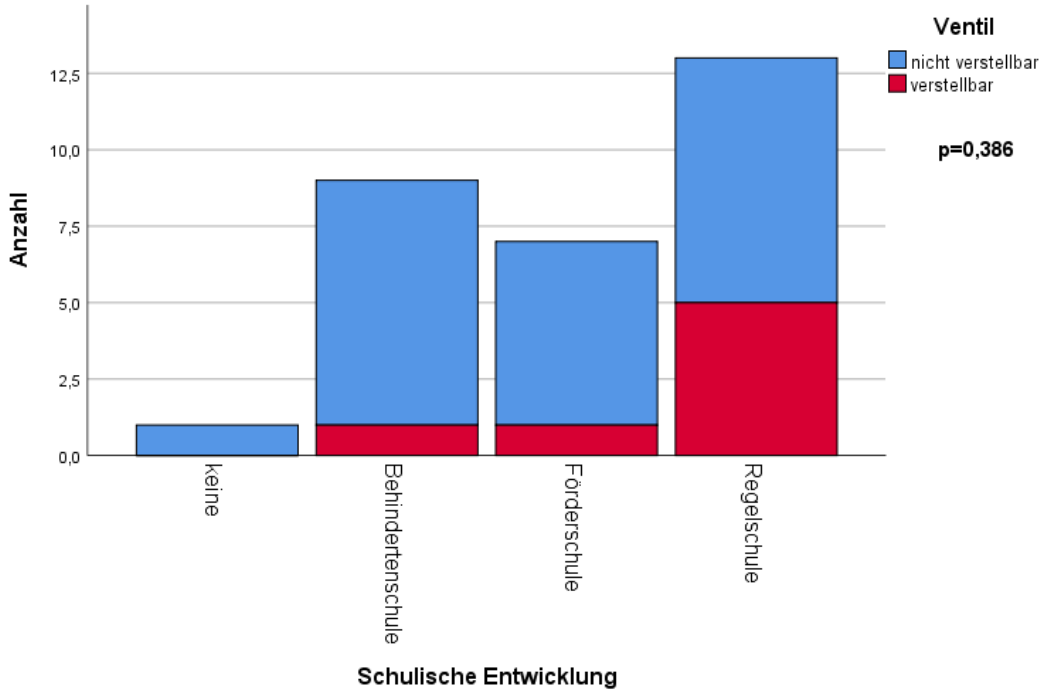


Abb. 64: Graphische *Darstellung der Verteilung der Ventiltypen auf die schulische Entwicklung der 30 befragten Patienten*

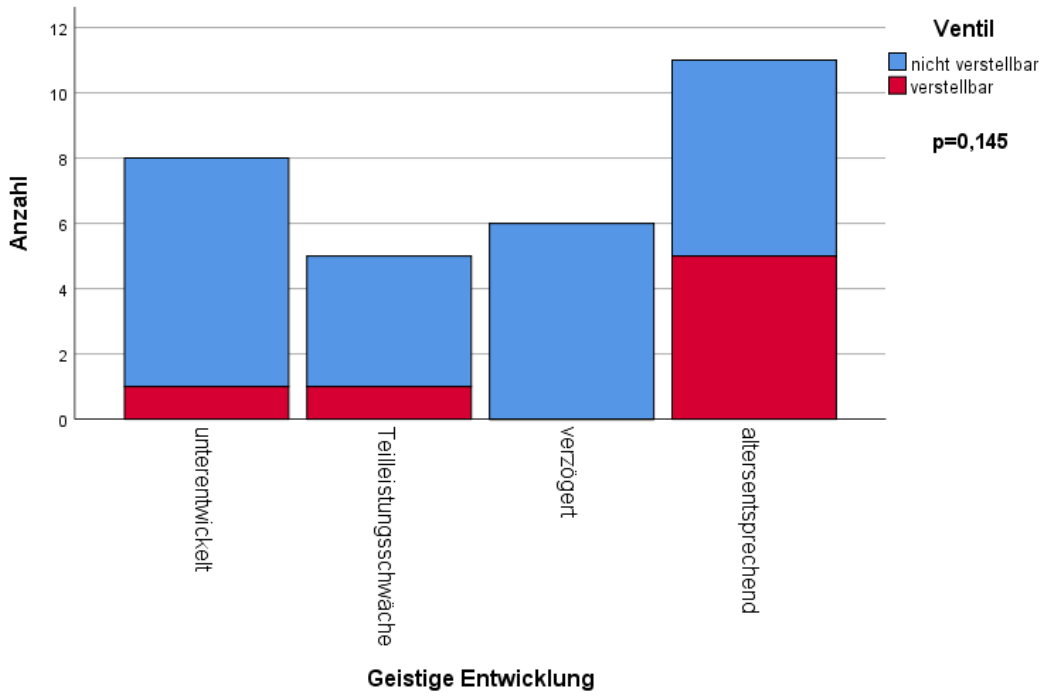


Abb. 65: Graphische Darstellung der Verteilung der Ventiltypen auf die geistige Entwicklung der 30 befragten Patienten

Auch die motorische Entwicklung anhängig vom Ventiltyp wurde abgefragt und ausgewertet (Abb. 66). 47,8 (n=11) der Kinder mit nicht verstellbaren und 71,4% (n=7) mit verstellbaren Ventilen zeigten eine ihrem Alter entsprechende motorische Entwicklung. 17,4% (n=4) der Patienten mit nicht verstellbaren Ventilen waren nur mit Hilfsmitteln gehfähig und ganz auf den Rollstuhl angewiesen waren 34,8% (n=8) der Patienten mit nicht verstellbaren und 28,6% (n=2) der Patienten mit verstellbaren Ventilen. Auch hier zeigte sich mit p=0,399 kein signifikanter Unterschied.

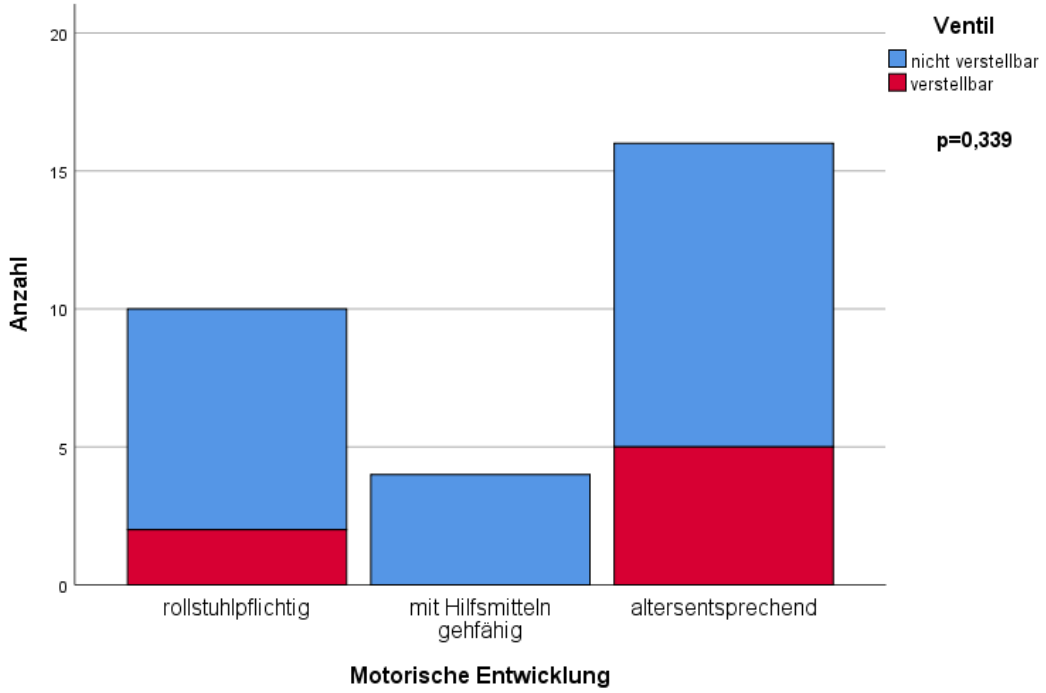


Abb. 66: Graphische Darstellung der Verteilung der Ventiltypen auf die motorische Entwicklung der 30 befragten Patienten

Eine mögliche Folge des Hydrocephalus kann eine Epilepsie sein (Abb. 67). Diese trat bei 43,5% (n=10) der Patienten mit nicht verstellbaren und bei 71,4% (n=5) der Patienten mit verstellbaren Ventilen nicht auf. Im Falle einer Epilepsie warne 43,5% (n=10) der nicht verstellbaren und die restlichen 28,6% (n=2) der verstellbaren Ventile mit Medikamenten anfallsfrei. Lediglich 3 Patienten (13,0%) mit nicht verstellbaren Ventilen litten trotz Therapie weiterhin an Anfällen. Die trat in der Gruppe der verstellbaren Ventile nicht auf. Trotzdem zeigte sich kein signifikanter Unterschied (p=0,359).

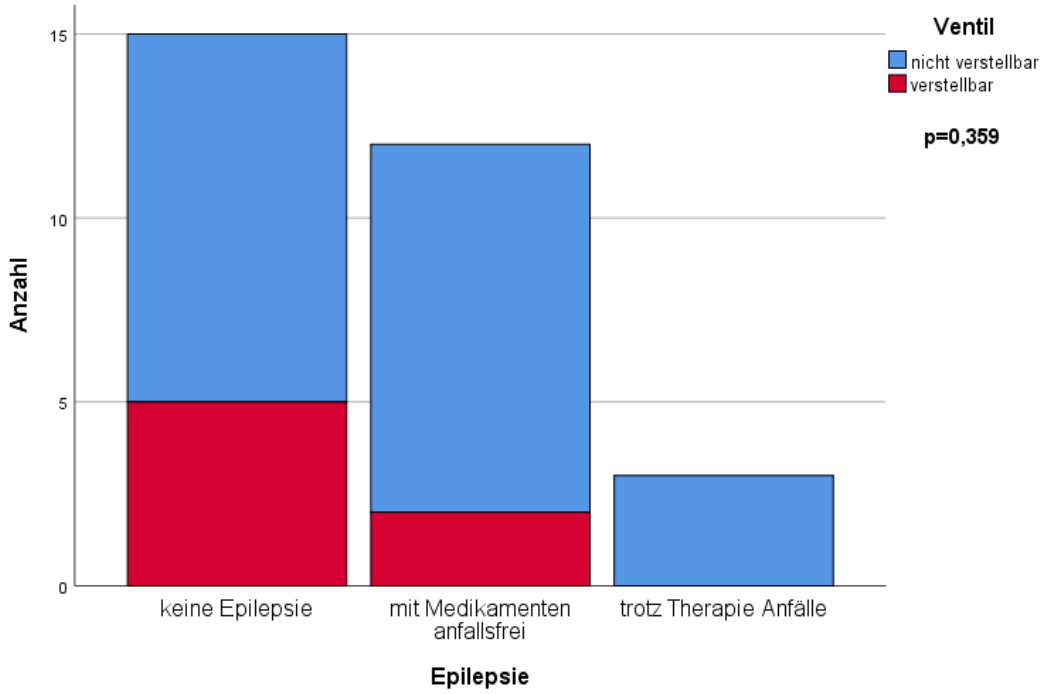


Abb. 67: Graphische Darstellung der Verteilung der Ventiltypen auf das Auftreten und den Verlauf einer Epilepsie der 30 befragten Patienten

3.2.2 Kopfschmerzsymptomatik

Insgesamt gaben 23,3% (n=7) der Befragten an keinerlei Kopfschmerzen zu haben. Bei 10,0% (n=3) war die Situation aufgrund der Komplexität der Erkrankung nicht beurteilbar. Lediglich 1 Patient (3,3%) litt jeden Tag an Kopfschmerzen. 16,7% (n=5) litten mindestens 1 Mal pro Woche an Kopfschmerzen und 10,0% (n=3) gaben an mindestens 2 Mal im Monat daran zu leiden. Der Großteil von 36,7% (n=11) litt noch seltener an Kopfschmerzen. Jeweils 6 Patienten (20,0%) litten bis zu einer Stunde, oder zwischen 2 bis 4 Stunden an Kopfschmerzen. Bei 23,3% (n=7) konnten die Schmerzen bis zu einem Tag anhalten. Aber lediglich einer (3,3%) gab an bis zu 2 Tage an Schmerzen zu leiden. Die Angaben zur Schmerzintensität füllten den gesamten möglichen Bereich (0-10) der Visuellen Analogskala aus.

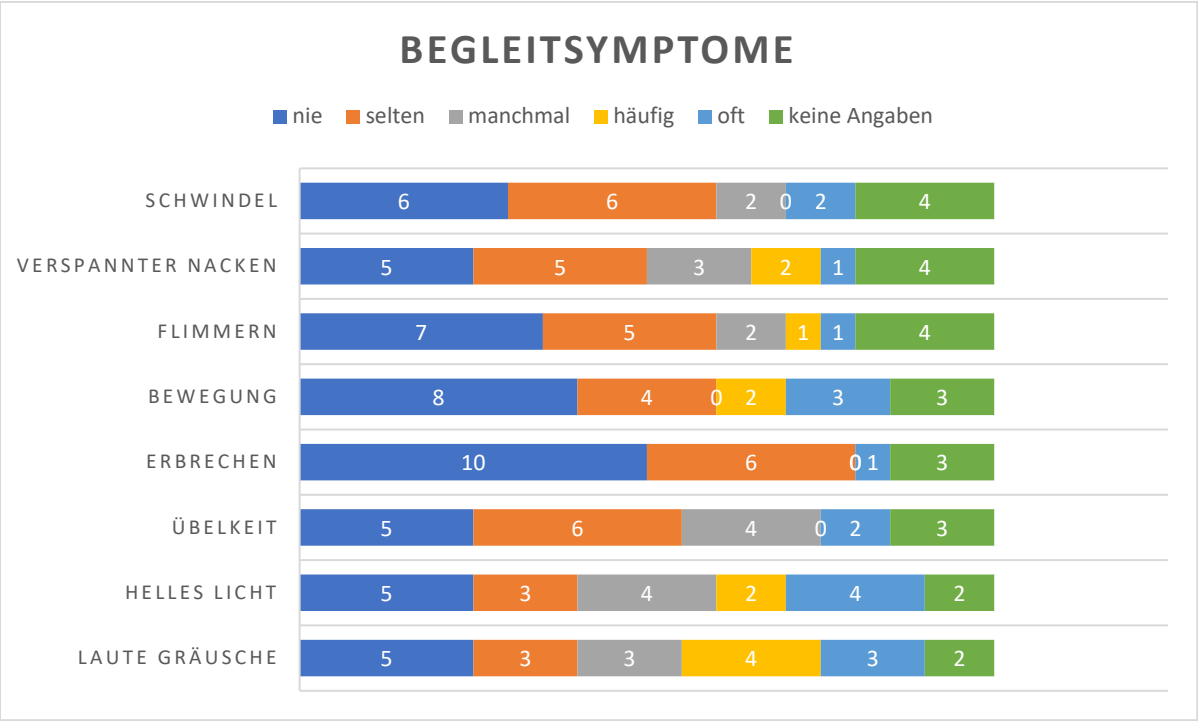


Abb. 68: Graphische Darstellung der Verteilung der verschiedenen Begleitsymptome der Kopfschmerzen der insgesamt 20 Patienten mit Kopfschmerzen

Eine Vielzahl verschiedener Begleitsymptome kam bei der Kopfschmerzsymptomatik in Frage (Abb. 68). Abzüglich der 7 Patienten, die an keinerlei Kopfschmerzen litten, und der 3 Patienten, bei denen die Kopfschmerzsituation aufgrund der schweren Grunderkrankung nicht beurteilbar war, verbleiben noch 20 Patienten. Ihre Begleitsymptome sind in nachstehender Grafik dargestellt (Abb. 67). Insgesamt gaben 50,0% (n=10) der Kopfschmerzpatienten an zusätzlich an Schwindel zu leiden. Allerdings litt der Großteil (60,0%; n=6) nur selten an Schwindel. An einem verspannten Nacken litten 55,0% (n=11) der Kopfschmerzpatienten. Hiervon waren 45,5% (n=5) nur selten, allerdings auch 18,1% (n=2) häufig betroffen. 45,0% (n=9) bemerkten zusätzlichen zu den Kopfschmerzen ein Flimmern vor den Augen. Ebenfalls 45,0% (n=9) verspürten eine Verschlechterung der Symptomatik durch Bewegung. Ein Drittel dieser Patienten beklagte sogar oft diese Verschärfung. Den geringsten Prozentsatz unter den Begleitsymptomen erreichte das Erbrechen. Lediglich 35,0% (n=7) waren hiervon betroffen. Außerdem trat dies zu 85,7% (n=6) nur selten auf. Am häufigsten traten die nachfolgenden Symptome in der Kopfschmerzgruppe auf. 60,0% (n=12) litten während der Schmerzattacke an Übelkeit. Jeweils 65,0% (n=13) verspürten eine Verstärkung der Schmerzen durch helles Licht oder laute Geräusche. Die Photo- und Phonophobie verteilten sich jeweils ungefähr zu gleichen Anteilen auf die verschiedenen Häufigkeiten. 30,8% (n=4) gaben an oft an Photophobie zu leiden. Ebenso viele litten häufig an Phonophobie.

Neben den Begleitsymptomen waren auch die Auslöser der Kopfschmerzen von Bedeutung (Abb. 69). Kopfschmerzen am Wochenende oder in den Ferien gaben nur 20,0% an. Alle dieser Patienten litten dann auch nur selten an Kopfschmerzen. Ebenfalls ein geringer Anteil (25,0%; n=5) zeigte einen Zusammenhang der Kopfschmerzen mit der Nutzung von PC oder TV. Hiervon trat diese Beziehung bei 60,0% (n=3) manchmal auf. Kopfschmerzen aufgrund von körperlicher Anstrengung traten bei 50,0% (n=10) auf. 5 von diesen 10 Patienten (50,0%) litten manchmal daran. Jeweils 55,0% (n=11) machten heißes Wetter oder Lärm für ihre Schmerzsymptomatik verantwortlich. 54,5% (n=6) gaben manchmal Lärm als Auslöser an. Das heiße Wetter führte bei 36,4% (n=4) häufig und bei 27,3% (n=3) sogar oft zu Kopfschmerzen. Streit und Stress kann sehr belastend sein. So zeigten 65,0% (n=13) Kopfschmerzen im Zusammenhang damit. Allerdings waren 38,5% (n=5) nur selten und 46,2% (n=6) manchmal betroffen. 70,0% (n=14) der Kopfschmerzpatienten empfanden zu wenig Schlaf als Auslöser für ihre Schmerzen. Jeweils 21,4% (n=3) stellten dies manchmal beziehungsweise häufig fest. Eine zu geringe Trinkmenge triggerte bei 75,0% (n=15) der Kopfschmerzpatienten die Symptomatik. 46,7% (n=7) davon litten dadurch oft unter Symptomen. Ein deutlicher Prozentsatz von 80,0% (n=16) litt an Kopfschmerzen ausgelöst durch Wetterwechsel. Hiervon waren 43,8% (n=7) manchmal, 25,0% (n=4) sogar oft betroffen.

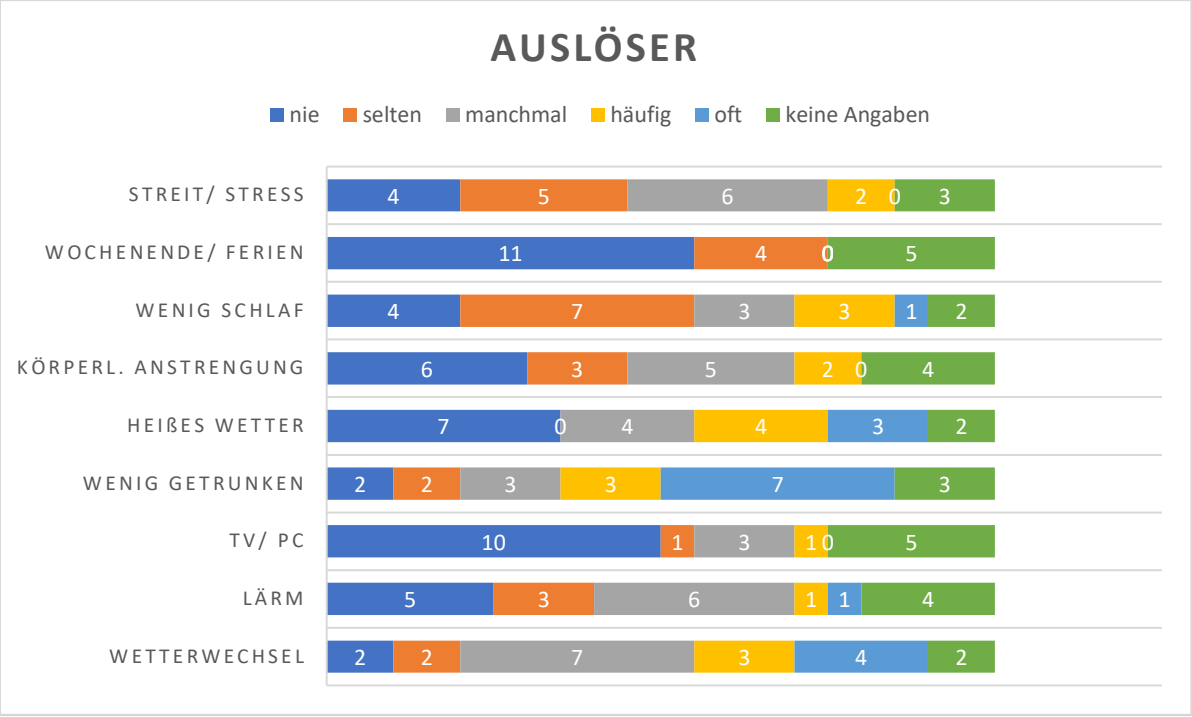


Abb. 69: Graphische Darstellung der Verteilung der verschiedenen Auslöser der Kopfschmerzen der insgesamt 20 Patienten mit Kopfschmerzen

Als letzter Punkt der Analyse erfolgte die Ermittlung der Bewältigungsstrategien (Abb. 70). Insgesamt gaben jeweils 55,0% (n=11) der Kopfschmerzpatienten an eine Verbesserung durch Medikamente oder Reizabschirmung zu erzielen. Die Verteilung auf die verschiedenen Häufigkeiten war annährend gleich. So gaben 18,2% (n=2) an häufig Medikamente zu nutzen. Sogar 27,3% (n=3) nutzen oft eine medikamentöse Therapie. Ebenso viele erreichten oft eine Besserung der Kopfschmerzen durch Reizabschirmung. Der höchste Prozentsatz von 65,0% (n=13) erreichte eine Schmerzreduktion durch Pausen. Über die Hälfte (53,8%; n=7) erzielte hiermit häufig eine Besserung. Lediglich bei 15,4% (n=2) zeigte die Maßnahme nur selten Erfolg.

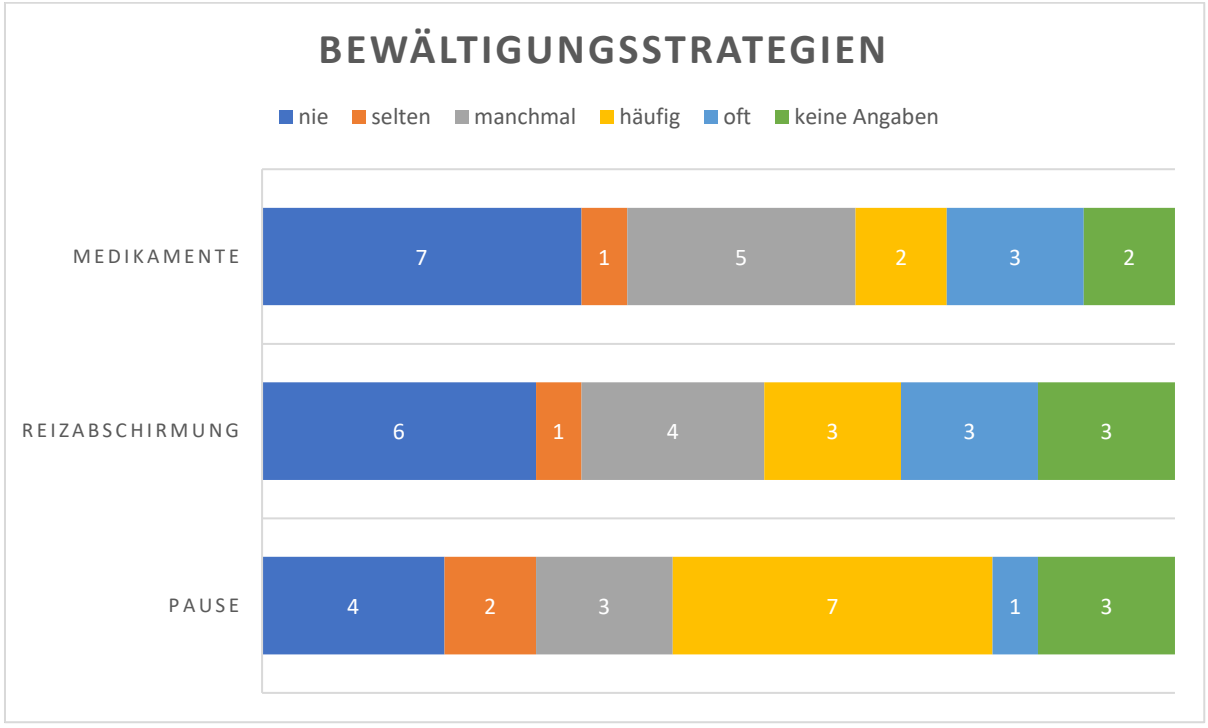


Abb. 70: Graphische Darstellung der Verteilung der verschiedenen Bewältigungsstrategien der insgesamt 20 Patienten mit Kopfschmerzen

a) Ätiologie des Hydrocephalus

Nach der Auswertung der Entwicklung der Befragten folgte nun die Kopfschmerzsymptomatik in Abhängigkeit von der Ätiologie (Abb. 71). In der Gruppe des posthämorrhagischen Hydrocephalus gaben 21,4% (n=3) an nicht an Kopfschmerzen zu leiden, in der Gruppe des kongenitalen Hydrocephalus waren es 33,3% (n=2), beim Hydrocephalus bei Meningomyelocele waren es 25,0% (n=1) und beim Hydrocephalus unklarer Genese waren es sogar 50,0% (n=1). Alle weiteren Patienten gaben Kopfschmerzen an. Nicht zu beurteilen waren die Kopfschmerzen in 14,3% (n=2) der Fälle beim posthämorrhagischen Hydrocephalus und in 33,3% (n=1) der Fälle beim postinfektiösen Hydrocephalus.

Ein Großteil benannte die Kopfschmerzhäufigkeit mit seltener als 2mal pro Monat. So waren es beim Hydrocephalus aufgrund einer Blutung 42,9% (n=6), beim kongenitalen Hydrocephalus 33,3% (n=2), ebenso beim postinfektiösen (n=1). Beim Hydrocephalus im Rahmen einer Meningomyelocele waren es 25,0% (n=1) und beim Hydrocephalus unklarer Genese waren es 50,0% (n=1). Mindestens 2 Mal im Monat an Kopfschmerzen zu leiden gaben 7,1% (n=1) der Patienten mit posthämorrhagischem Hydrocephalus und 50,0% (n=2) der Patienten mit Hydrocephalus bei Meningomyelocele an. An Kopfschmerzen mindestens 1 Mal pro Woche litten 7,1% (n=1) der Probanden mit posthämorrhagisch bedingtem Hydrocephalus, 33,3% der Patienten mit kongenitalem (n=2) und der Patienten mit postinfektiösem Hydrocephalus, sowie 100,0% (n=1) der Patienten mit posttraumatischem Hydrocephalus. Jeden Tag Kopfschmerzen trat nur bei einem Patienten (7,1%) mit posthämorrhagischem Hydrocephalus auf. Die Analyse ergab kein signifikantes Ergebnis (p=0,631).

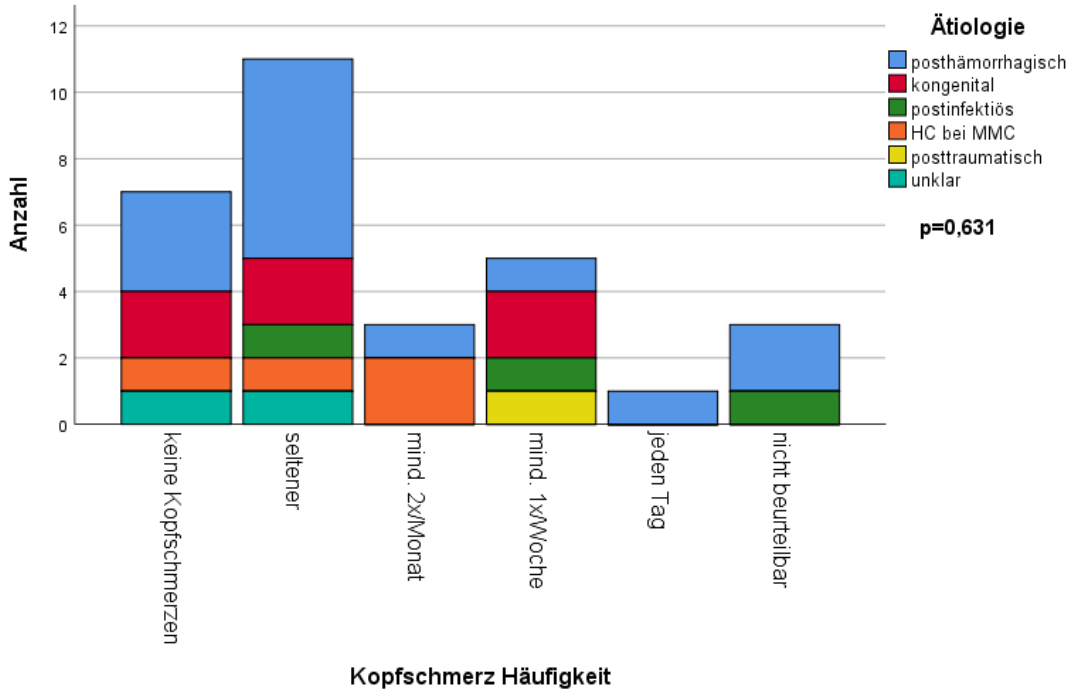


Abb. 71: Graphische Darstellung der Verteilung der verschiedenen Ätiologien des Hydrocephalus auf die Häufigkeit von Kopfschmerzen der 30 befragten Patienten

Neben der Häufigkeit der Kopfschmerzen war auch deren Dauer von Interesse (Abb. 72). Insgesamt 6 Patienten gaben eine Dauer von bis zu einer Stunde an. Diese Gruppe beinhaltete 21,4% (n=3) der Patienten mit posthämorrhagischem Hydrocephalus, 16,7% (n=1) der Patienten mit kongenitalem Hydrocephalus, 33,3% (n=1) der Patienten mit postinfektiösem Hydrocephalus und 50,0% (n=1) der Patienten mit unklarer Genese. Eine Dauer von zwei bis vier Stunden wurde ebenfalls von insgesamt 6 Patienten angegeben. Wieder waren es 21,4% (n=3) der Patienten mit hämorrhagischem Hydrocephalus, 33,3% (n=2) der Patienten mit kongenitalem Hydrocephalus und 33,3% (n=1) der Patienten mit postinfektiösem Hydrocephalus. Die größte Gruppe zusammen mit der Gruppe ohne Kopfschmerzen stellte die Dauer bis zu einem Tag dar. Erneut waren es 21,4% (n=3) der Patienten nach Blutung, 16,7% (n=1) der Patienten mit angeborenem Hydrocephalus und 75,0% (n=3) der Patienten mit Meningomyelocele. Kopfschmerzen länger als 1 Tag traten nur bei einem Patienten (100,0%) aus der Gruppe des posttraumatischen Hydrocephalus auf. Die Unterschiede zeigten ein signifikantes Ergebnis (p=0,009).

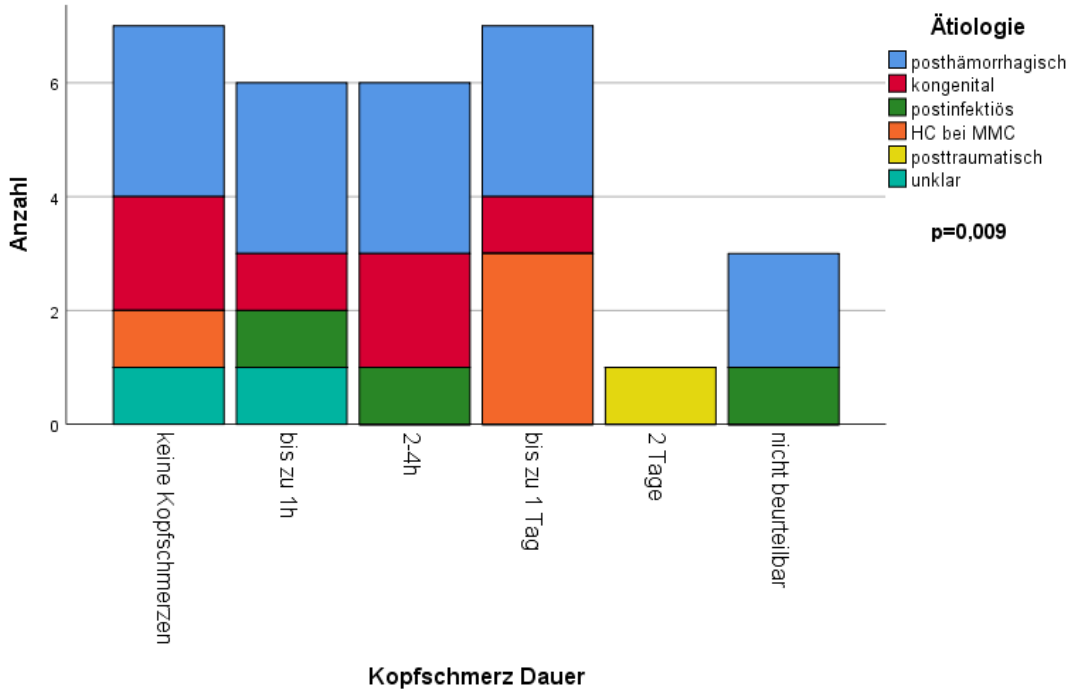


Abb. 72: Graphische Darstellung der Verteilung der verschiedenen Ätiologien des Hydrocephalus auf die Dauer von Kopfschmerzen der 30 befragten Patienten

Die häufigste angegebene Intensität der Kopfschmerzen betrug das Mittelmaß 5 von möglichen 10 (16,7%; n=5) (Abb. 73). Darunter waren 14,3% (n=2) aus der Gruppe des posthämorrhagischen Hydrocephalus, 16,7% (n=1) aus der Gruppe des kongenitalen Hydrocephalus, sowie 50,0% (n=2) aus der Gruppe des Hydrocephalus bei Meningomyelocele. Es folgten insgesamt 13,3% (n=4) mit einer Intensität von 7. Dieser Anteil wurde aus 14,3% (n=2) des hämorrhagischen Hydrocephalus, 16,7% (n=1) des kongenitalen Hydrocephalus und 33,3% (n=1) des postinfektiösen Hydrocephalus. Alle weiteren Intensitäten wurden in den verschiedenen Ätiologien maximal von einem Patienten angegeben. Die Analyse ergab kein signifikantes Ergebnis (p=0,193).

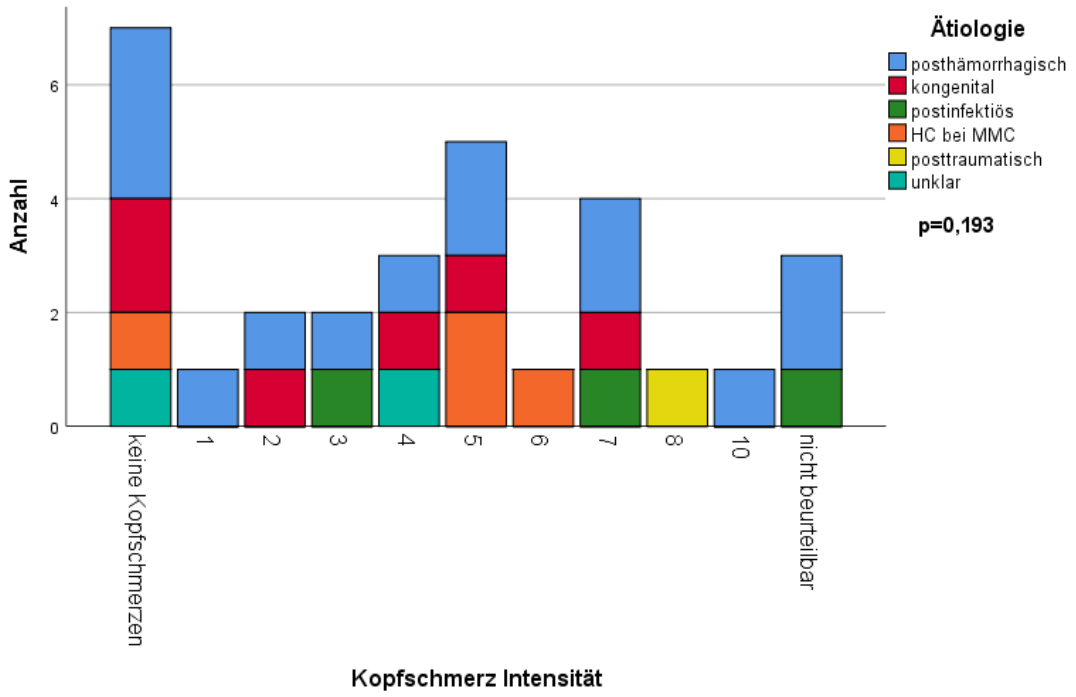


Abb. 73: Graphische Darstellung der Verteilung der verschiedenen Ätiologien des Hydrocephalus auf die Intensität von Kopfschmerzen der 30 befragten Patienten

Eine Analyse der Begleitsymptome in Abhängigkeit von der Ätiologie des Hydrocephalus zeigt nachstehende Tabelle (Tab. 34). Kopfschmerzpatienten mit einem posthämorrhagischen Hydrocephalus beklagten zu 44,4% (n=4) einen verspannten Nacken. Dies trat zu 100,0% selten auf. Übelkeit im Zusammenhang mit Kopfschmerzen trat bei 55,6% (n=5) auf, allerdings zu 60,0% (n=3) nur selten. Ebenfalls 55,6% (n=5) bemerkten eine Verschlechterung durch Bewegung. Hiervon waren 40,0% (n=2) oft betroffen. Eine Zunahme der Kopfschmerzen durch laute Geräusche stellten 66,7% (n=6) der Befragten fest. 16,7% (n=1) waren oft davon betroffen. In der Gruppe des kongenitalen Hydrocephalus litten 75,0% (n=3) an Phonophobie, welche zu 66,7% (n=2) oft auftrat. Übelkeit wurde von 75,0% (n=3) angegeben. Ein Drittel war oft von diesem Begleitsymptom geplagt. Bewegung provozierte nur in einem Fall (25,0%) oft die Schmerzsymptomatik. Unter den Patienten mit einem postinfektiösen Hydrocephalus trat weder Übelkeit noch Erbrechen auf, Photo- und Phonophobie hingegen zu 100,0%. Auch in der Gruppe des Hydrocephalus bei Meningomyelocele war die Photophobie zu 100,0% ausgeprägt. Eine Verschlechterung der Kopfschmerzen durch Bewegung wurde hier nur von jedem Dritten beschrieben. Eine Zunahme der Schmerzen durch Licht und Lärm war häufig in der Gruppe des posttraumatischen Hydrocephalus ein Problem. Erbrechen trat in dieser Gruppe nie auf. In der Gruppe des Hydrocephalus unklarer Genese traten selten nur Schwindel und Übelkeit auf.

Ätiologie / Begleitsymptome	Posthämorrhagisch (14)	Kongenital (6)	Postinfektiös (3)	Meningomyelocele (4)	Posttraumatisch (1)	Unklar (2)
Keine Kopfschmerzen	3	2	0	1	0	1
Nicht beurteilbar	2	0	1	0	0	0
Schwindel						
- Nie	3	2	0	1	0	0
- Selten	2	1	1	1	0	1
- Manchmal	1	0	1	0	0	0
- Häufig	0	0	0	0	0	0
- Oft	2	0	0	0	0	0
- Keine Angaben	1	1	0	1	1	0

Ätiologie / Begleitsymptome	Posthämorrhagisch (14)	Kongenital (6)	Postinfektiös (3)	Meningomyelocele (4)	Posttraumatisch (1)	Unklar (2)
Verspannter Nacken						
- Nie	3	0	1	0	0	1
- Selten	4	1	0	0	0	0
- Manchmal	0	0	1	2	0	0
- Häufig	0	1	0	0	1	0
- Oft	0	1	0	0	0	0
- Keine Angaben	2	1	0	1	0	0
Flimmern						
- Nie	4	1	1	0	0	1
- Selten	2	1	1	1	0	0
- Manchmal	1	1	0	0	0	0
- Häufig	0	0	0	1	0	0
- Oft	0	1	0	0	0	0
- Keine Angaben	2	0	0	1	1	0
Bewegung						
- Nie	3	2	0	1	1	1
- Selten	2	0	2	0	0	0
- Manchmal	0	0	0	0	0	0
- Häufig	1	0	0	1	0	0
- Oft	2	1	0	0	0	0
- Keine Angaben	1	1	0	1	0	0
Erbrechen						
- Nie	5	1	2	0	1	1
- Selten	2	2	0	2	0	0
- Manchmal	0	0	0	0	0	0
- Häufig	0	0	0	0	0	0
- Oft	1	0	0	0	0	0
- Keine Angaben	1	1	0	1	0	0
Übelkeit						
- Nie	3	0	2	0	0	0
- Selten	3	1	0	1	0	1
- Manchmal	1	1	0	1	1	0
- Häufig	0	0	0	0	0	0
- Oft	1	1	0	0	0	0
- Keine Angaben	1	1	0	1	0	0
Helles Licht						
- **Nie**	4	0	0	0	0	1
- Selten	0	0	2	1	0	0
- Manchmal	2	1	0	1	0	0
- Häufig	1	0	0	0	1	0
- Oft	1	2	0	1	0	0
- Keine Angaben	1	1	0	0	0	0
Laute Geräusche						
- Nie	2	1	0	1	0	1
- Selten	2	0	1	0	0	0
- Manchmal	2	0	0	1	0	0
- Häufig	1	1	1	0	1	0
- Oft	1	1	0	1	0	0
- Keine Angaben	1	1	0	0	0	0

Tab. 34: Tabellarische Darstellung der Verteilung der verschiedenen Ätiologien des Hydrocephalus auf die Begleitsymptome von Kopfschmerzen der 30 befragten Patienten

Eine umfassende Auswertung der Auslöser für Kopfschmerzen in Abhängigkeit von der Ätiologie des Hydrocephalus gibt nachstehende Tabelle wieder (Tab. 35). Patienten mit posthämorrhagischem Hydrocephalus gaben zu 77,8% (n=7) Streit oder Stress als Auslöser für ihre Kopfschmerzen an. 71,4% (n=5) von ihnen beklagten manchmal diesen Zusammenhang. Dem gegenüber traten nur bei 22,2% (n=2) selten Kopfschmerzen am Wochenende oder in den Ferien auf. Bei zwei Dritteln der Patienten (n=6) spielte zu wenig Schlaf oder eine zu geringe Trinkmenge eine Rolle. Beim kongenitalen Hydrocephalus war dieser Anteil sogar noch größer. Hier beklagten 100,0% (n=4) Kopfschmerzen nach zu wenig Schlaf und 75,0% verspürten oft Kopfschmerzen, wenn sie zu wenig getrunken hatten. Am Wochenende kam es nie zu der Symptomatik. Die Zeit vor dem PC oder TV war nur bei einem Patienten (25,0%) manchmal der Auslöser. In der Gruppe des postinfektiösen Hydrocephalus waren 100,0% im Zusammenhang mit Streit und Stress von Kopfschmerzen betroffen, die Hälfte davon sogar häufig. Ebenso spielte auch hier die Trinkmenge eine wichtige Rolle. Auch ein Wetterumschwung führte bei 100,0% immer wieder zu Kopfschmerzen. Bei Patienten mit einem Hydrocephalus bei Meningomyelocele trat bei einem Drittel selten Kopfschmerzen am Wochenende auf. Genauso viele beklagten häufig Kopfschmerzen im Zusammenhang mit der Nutzung von PC oder TV. 66,7% (n=2) hatten Kopfschmerzen aufgrund einer zu geringen Trinkmenge. Beim posttraumatischen Hydrocephalus klagten 100,0% (n=1) manchmal im Rahmen von Streit oder Stress und häufig im Rahmen von zu wenig Schlaf über die Symptomatik. Ein Wetterwechsel war ebenfalls häufig Ursache des Problems. Aus der Gruppe des Hydrocephalus bei unklarer Genese beklagte niemand Kopfschmerzen im Zusammenhang mit Ferien, körperlicher Anstrengung, heißem Wetter oder Lärm. Streit und eine geringe Trinkmenge waren auch hier die Auslöser.

Ätiologie / **Auslöser**	**Posthämorrhagisch (14)**	**Kongenital (6)**	**Postinfektiös (3)**	**Meningomyelocele (4)**	**Posttraumatisch (1)**	**Unklar (2)**
Keine Kopfschmerzen	3	2	0	1	0	1
Nicht beurteilbar	2	0	1	0	0	0
Streit/Stress						
- Nie	1	1	0	1	0	1
- Selten	1	2	1	1	0	0
- Manchmal	5	0	0	0	1	0
- Häufig	1	0	1	0	0	0
- Oft	0	0	0	0	0	0
- Keine Angaben	1	1	0	1	0	0
Wochenende/ Ferien						
- Nie	5	3	1	1	0	1
- Selten	2	0	1	1	0	0
- Manchmal	0	0	0	0	0	0
- Häufig	0	0	0	0	0	0
- Oft	0	0	0	0	0	0
- Keine Angaben	2	1	0	1	1	0
Wenig Schlaf						
- Nie	2	0	0	1	0	1
- Selten	4	1	1	1	0	0
- Manchmal	1	1	1	0	0	0
- Häufig	1	1	0	0	1	0
- Oft	0	1	0	0	0	0
- Keine Angaben	1	0	0	1	0	0

Ätiologie / Auslöser	Posthämorrhagisch (14)	Kongenital (6)	Postinfektiös (3)	Meningomyelocele (4)	Posttraumatisch (1)	Unklar (2)
Körperl. Anstrengung						
- Nie	3	1	0	1	0	1
- Selten	0	1	1	1	0	0
- Manchmal	3	1	1	0	0	0
- Häufig	2	0	0	0	0	0
- Oft	0	0	0	0	0	0
- Keine Angaben	1	1	0	1	1	0
Heißes Wetter						
- Nie	5	0	0	1	0	1
- Selten	0	0	0	0	0	0
- Manchmal	2	1	1	0	0	0
- Häufig	1	1	1	1	0	0
- Oft	0	2	0	0	1	0
- Keine Angaben	1	0	0	1	0	0
Wenig getrunken						
- Nie	2	0	0	0	0	0
- Selten	2	0	0	0	0	0
- Manchmal	1	0	0	1	0	1
- Häufig	1	0	1	1	0	0
- Oft	2	3	1	0	1	0
- **Keine Angaben**	1	1	0	1	0	0
TV/ PC						
- Nie	5	2	1	1	0	1
- Selten	1	0	0	0	0	0
- Manchmal	1	1	1	0	0	0
- Häufig	0	0	0	1	0	0
- Oft	0	0	0	0	0	0
- **Keine Angaben**	2	1	0	1	1	0
Lärm						
- Nie	2	1	0	1	0	1
- Selten	1	1	1	0	0	0
- Manchmal	4	0	1	0	1	0
- Häufig	0	0	0	1	0	0
- Oft	0	1	0	0	0	0
- Keine Angaben	2	1	0	1	0	0
Wetterwechsel						
- Nie	1	1	0	0	0	0
- Selten	1	0	0	1	0	0
- Manchmal	3	2	1	0	0	1
- Häufig	1	0	1	0	1	0
- Oft	2	1	0	1	0	0
- Keine Angaben	1	0	0	1	0	0

Tab. 35: Tabellarische Darstellung der Verteilung der verschiedenen Ätiologien des Hydrocephalus auf die Auslöser von Kopfschmerzen der 30 befragten Patienten

In nachstehender Tabelle wurden die angewandten Bewältigungsstrategien in Abhängigkeit von der Ätiologie des Hydrocephalus dargestellt (Tab. 36). In der Gruppe des posthämorrhagischen Hydrocephalus wandten 66,7% (n=6) Medikamente an. Von diesen 6 Befragten machten 66,7% (n=4) hiervon nur manchmal Gebrauch. Lediglich 16,7% (n=1) benutzt diese oft. Ebenfalls 66,7% (n=6) erreichte eine Schmerzreduktion durch Reizabschirmung. Ein Drittel konnte damit oft eine Besserung erreichen. Eine Pause wurde nur von 55,6% (n=5) genutzt, konnte aber in 60,0% (n=3) häufig eine Abnahme der Schmerzen bezwecken. Patienten mit kongenitalem Hydrocephalus konnten bei 75,0% (n=3) der Kopfschmerzpatienten durch Pausen eine Verbesserung erzielen. Medikamente und Reizabschirmung wurde in 50,0% (n=2) der Fälle genutzt. Beim postinfektiösen Hydrocephalus konnten 100,0% manchmal durch Reizabschirmung ihre Kopfschmerzen bessern. Medikamente wurden nur manchmal von jeden zweiten eingesetzt. In der Gruppe des Hydrocephalus bei Meningomyelocele konnte die Reizabschirmung bei keinem Patienten die Symptomatik reduzieren. Ein Drittel nahm selten Medikamente ein und ebenfalls ein Drittel konnte häufig durch Pausen die Symptome lindern. 100,0% (n=1) der Patienten mit posttraumatischem Hydrocephalus nutzen bei Kopfschmerzen oft Medikamente. Ebenso nutzen 100,0% (n=1) häufig eine Reizabschirmung. In der Gruppe des Hydrocephalus mit unklarer Genese half nur eine Pause machen. In 100,0% (n=1) der Fälle wirkte dies häufig gegen Kopfschmerzen. Die anderen Bewältigungsstrategien wurden nicht genutzt.

Ätiologie / **Bewältigungsstrategie**	**Posthämorrhagisch (14)**	**Kongenital (6)**	**Postinfektiös (3)**	**Meningomyelocele (4)**	**Posttraumatisch (1)**	**Unklar (2)**
Keine Kopfschmerzen	3	2	0	1	0	1
Nicht beurteilbar	2	0	1	0	0	0
Medikamente						
- Nie	2	1	1	2	0	1
- Selten	0	0	0	1	0	0
- Manchmal	4	0	1	0	0	0
- Häufig	1	1	0	0	0	0
- Oft	1	1	0	0	1	0
- Keine Angaben	1	1	0	0	0	0
Reizabschirmung						
- Nie	2	1	0	2	0	1
- Selten	0	1	0	0	0	0
- Manchmal	2	0	2	0	0	0
- Häufig	2	0	0	0	1	0
- Oft	2	1	0	0	0	0
- Keine Angaben	1	1	0	1	0	0
Pause						
- Nie	3	0	0	1	0	0
- Selten	1	0	1	0	0	0
- Manchmal	1	1	0	0	1	0
- Häufig	3	1	1	1	0	1
- Oft	0	1	0	0	0	0
- Keine Angaben	1	1	0	1	0	0

Tab. 36: Tabellarische Darstellung der Verteilung der verschiedenen Ätiologien des Hydrocephalus auf die Bewältigungsstrategien der 30 befragten Patienten

b) Anzahl der Revisionen

Keinerlei Kopfschmerzen traten bei 18,5% (n=5) auf (Abb. 74). Hiervon erhielten 37,5% (n=3) keine Revisionen, 33,3% (n=1) erhielten eine und 9,1% (n=1) zwei Revisionen. Die Kopfschmerzsymptomatik war bei 12,5% (n=1) der Patienten ohne Revisionen und 18,2% (n=2) der Patienten mit zwei Revisionen nicht beurteilbar.

Insgesamt 10 Patienten gaben Kopfschmerzen seltener als 2 Mal pro Monat an, 37,5% (n=3) der Patienten ohne Revision, 33,3% (n=1) der Patienten mit einer Revision, 36,4% (n=4) mit zwei Revisionen und 40,0% (n=2) mit mehr als 2 Revisionen. Mindestens 2 Mal im Monat Kopfschmerzen gaben 12,5% (n=1) der Patienten ohne Revision, 9,1% (n=1) der Patienten mit 2 Revisionen und 20,0% (n=1) mit mehr als 2 Revisionen an. An Kopfschmerzen mindestens 1 Mal pro Woche litten 33,3% (n=1) der Patienten mit einer Revision, 27,3% (n=3) der Patienten mit zwei Revisionen, sowie 20,0% (n=1) der Patienten mit mehr als zwei Revisionen. Jeden Tag von Kopfschmerzen geplagt wurde lediglich ein Patient aus der Gruppe mit mehr als zwei Revisionen. Die Ergebnisse waren nicht signifikant (p=0,662).

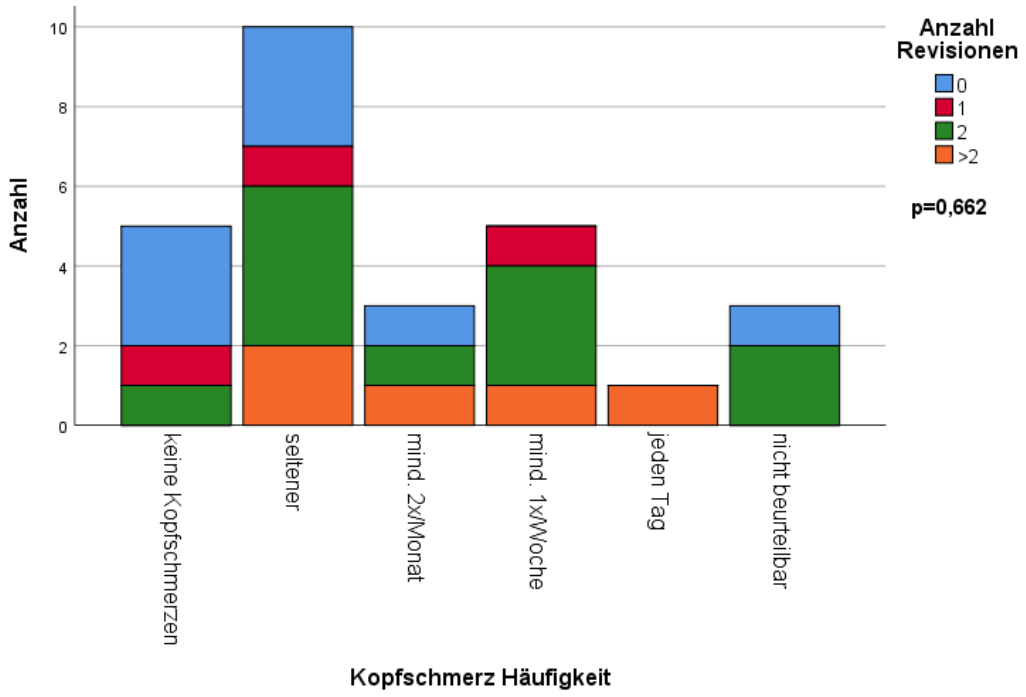


Abb. 74: Graphische Darstellung der Verteilung der Anzahl der Revisionen auf die Häufigkeit von Kopfschmerzen der 27 befragten Patienten

In der Gruppe ohne Revisionen beklagten 25,0% (n=2) Kopfschmerzen bis zu einer Stunde (Abb. 75). Jeweils 12,5% (n=1) litten zwischen zwei bis vier Stunden oder bis zu einem Tag an Kopfschmerzen. Unter den Patienten mit einer Revision gaben 66,7% (n=2) Kopfschmerzen bis zu einem Tag an. Patienten, die zwei Revisionen benötigten, gaben zu 18,2% (n=2) Kopfschmerzen bis zu einer Stunde oder bis zu einem Tag und zu 27,3% (n=3) zwischen zwei bis vier Stunden an. In dieser Gruppe war auch der einzige Patient mit einer Kopfschmerzdauer von zwei Tagen. In der Gruppe der Patienten mit mehr als 2 Revisionen gaben 20,0% (n=1) Kopfschmerzen von bis zu einer Stunde an, weitere 40,0% (n=2) jeweils zwischen zwei bis vier Stunden oder bis zu einem Tag an. Die Ergebnisse waren nicht signifikant (p=0,685).

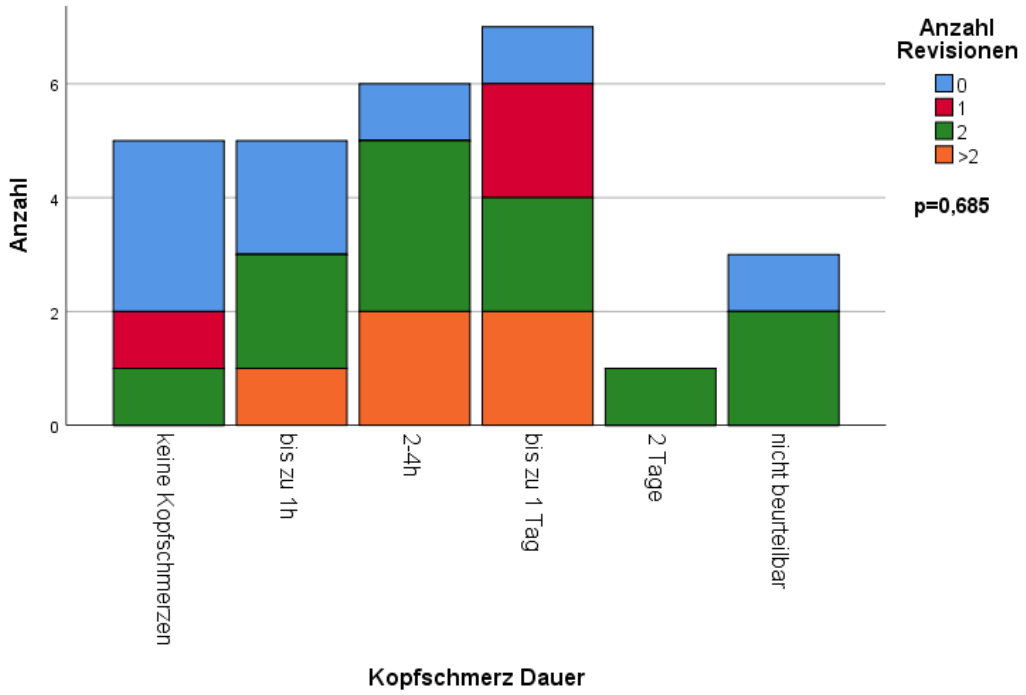


Abb. 75: Graphische Darstellung der Verteilung der Anzahl der Revisionen auf die Dauer von Kopfschmerzen der 27 befragten Patienten

Am häufigsten wurde eine Intensität von 5 angegeben (Abb. 76). Insgesamt 18,5% (n=5) bewerteten so ihre Kopfschmerzen. Darunter waren 25,0% (n=2) der Patienten mit keiner Revision, 18,2% (n=2) der Patienten mit zwei Revisionen, sowie 20,0% (n=1) der Patienten mit mehr als zwei Revisionen. Es folgte mit 14,8% (n=4) eine Intensität von 7, die sich wie folgt auf die verschiedenen Revisionszahlen verteilte: 33,3% (n=1) der Patienten mit einer Revision, 9,1% (n=1) der Patienten mit zwei Revisionen und 40,0% (n=2) der Patienten mit mehr als zwei Revisionen. Danach folgten 11,1% (n=3) mit einer Intensität von 4. 12,5% (n=1) der Patienten ohne Revision, 33,3% (n=1) der Patienten mit einer Revision und 9,1% (n=1) der Patienten mit zwei Revisionen bewerteten so ihre Schmerzsymptomatik. Auch diese Analyse zeigte kein signifikantes Ergebnis (p=0,533).

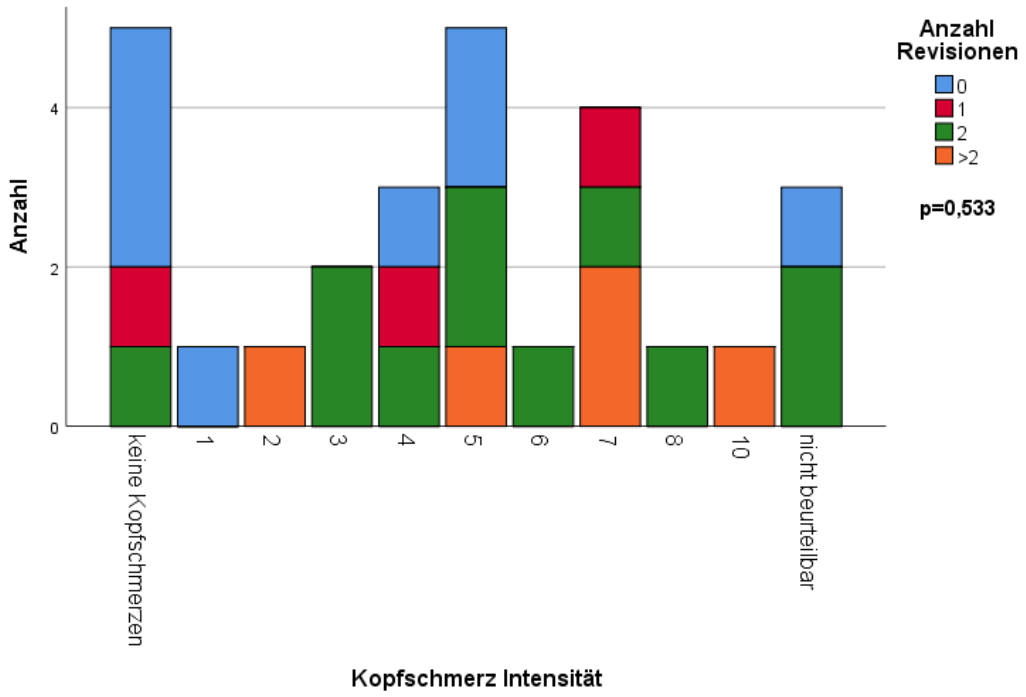


Abb. 76: Graphische Darstellung der Verteilung der Anzahl der Revisionen auf die Intensität von Kopfschmerzen der 27 befragten Patienten

Eine genaue Aufführung der Begleitsymptome der befragten Patienten in Abhängigkeit von der Revisionszahl gibt nachfolgende Tabelle wieder (Tab. 37). 75,0% (n=3) der Kopfschmerzpatienten ohne eine Revision litten zusätzlich an Schwindel. Dieses Symptom trat aber in 100,0% (n=3) der Fälle nur selten auf. Ebenfalls 75,0% (n=3) waren von Übelkeit betroffen, die ebenfalls zu 100,0% selten auftrat. Erbrechen wurde nur von 25,0% (n=1) angegeben und trat auch nur selten auf. Laute Geräusche verstärkten in 75,0% (n=3) und helles Licht in 50,0% (n=2) der Fälle die Kopfschmerzen. In der Gruppe der Patienten mit einer Revision gaben 100,0% (n=2) der Kopfschmerzpatienten an selten an einem verspannten Nacken zu leiden. Ebenfalls 100,0% (n=2) litten selten an Übelkeit und 50,0% (n=1) musste sich selten übergeben. Darüber hinaus bemerkten alle Kopfschmerzpatienten mit einer Revision eine Verschlechterung der Schmerzen durch helles Licht und laute Geräusche. Das helle Licht war auch in der Gruppe der Patienten mit 2 Revisionen in 75,0% (n=6) der Fälle für eine Zunahme der Schmerzen verantwortlich. 50,0% (n=3) dieser Patienten litten oft daran. 50,0% (n=4) der Befragten klagten über einen verspannten Nacken, 50,0% (n=2) davon sogar häufig. Erbrechen trat bei 25,0% (n=2) der Patienten auf und das zu 100,0% selten. Auch in der Gruppe der Patienten mit mehr als 2 Revisionen war ein häufiges Begleitsymptom die Verschärfung durch helles Licht oder laute Geräusche. 80,0% beklagten eine Steigerung der Schmerzen durch laute Geräusche.

Revisionszahl / **Begleitsymptome**	**0 (8)**	**1 (3)**	**2 (11)**	**>2 (5)**
Keine Kopfschmerzen	3	1	1	0
Nicht beurteilbar	1	0	2	0
Schwindel				
- Nie	1	1	2	1
- Selten	3	0	3	0
- Manchmal	0	1	0	1
- Häufig	0	0	0	0
- Oft	0	0	0	2
- Keine Angaben	0	0	3	1

Revisionszahl / Begleitsymptome	0 (8)	1 (3)	2 (11)	>2 (5)
Verspannter Nacken				
- Nie	2	0	2	1
- Selten	1	2	1	1
- Manchmal	1	0	0	2
- Häufig	0	0	2	0
- Oft	0	0	1	0
- Keine Angaben	0	0	2	1
Flimmern				
- Nie	2	1	2	1
- Selten	1	1	2	1
- Manchmal	0	0	0	2
- Häufig	1	0	0	0
- Oft	0	0	1	0
- Keine Angaben	0	0	3	1
Bewegung				
- Nie	2	0	4	1
- Selten	1	1	1	1
- Manchmal	0	0	0	0
- Häufig	1	1	0	0
- Oft	0	0	1	2
- Keine Angaben	0	0	2	1
Erbrechen				
- Nie	3	1	4	1
- Selten	1	1	2	2
- Manchmal	0	0	0	0
- Häufig	0	0	0	0
- Oft	0	0	0	1
- Keine Angaben	0	0	2	1
Übelkeit				
- Nie	1	0	2	1
- Selten	3	2	1	2
- Manchmal	0	0	2	0
- Häufig	0	0	0	0
- Oft	0	0	1	1
- Keine Angaben	0	0	2	1
Helles Licht				
- **Nie**	2	0	1	1
- Selten	1	0	1	1
- Manchmal	1	1	1	1
- Häufig	0	1	1	0
- Oft	0	0	3	1
- Keine Angaben	0	0	1	1
Laute Geräusche				
- Nie	1	0	3	0
- Selten	1	0	1	1
- Manchmal	1	1	0	1
- Häufig	0	1	2	1
- Oft	1	0	1	1
- Keine Angaben	0	0	1	1

Tab. 37: Tabellarische Darstellung der Verteilung der verschiedenen Revisionszahlen auf die Begleitsymptome von Kopfschmerzen der 27 befragten Patienten

Mögliche Auslöser der Kopfschmerzen in Abhängigkeit von der Revisionszahl sind nachfolgend abgebildet (Tab. 38). 75,0% (n=3) der Kopfschmerzpatienten ohne eine Revision benannten Streit oder Stress als Auslöser. Wohingegen nur 25,0% (n=1) über Kopfschmerzen am Wochenende oder in den Ferien klagten, wenn auch nur selten. 100,0% (n=4) sahen entweder eine zu geringe Trinkmenge oder einen Wetterwechsel ursächlich für die Problematik an. In der Gruppe der Patienten mit einer Revision klagten 100,0% (n=2) manchmal im Zusammenhang mit Streit über Kopfschmerzen. Als Auslöser kam bei 50,0% (n=1) selten Zeit am PC oder TV in Frage. Ein Wetterumschwung war bei 100,0% (n=2) die Ursache. 50,0% (n=1) waren sogar oft davon betroffen. In der Gruppe mit 2 Revisionen gaben 87,5% (n=7) Kopfschmerzen aufgrund einer zu geringen Trinkmenge an. 71,4% (n=5) waren hiervon oft betroffen. Ebenfalls 87,5% (n=7) machen auch den Wetterwechsel verantwortlich. 42,9% (n=3) waren oft davon betroffen. 75,0% (n=6) fanden zu wenig Schlaf ursächlich. Die Zeit vor dem PC oder TV war nur bei einer Person (12,5%) manchmal der Auslöser für Kopfschmerzen. Kopfschmerzen am Wochenende oder in den Ferien traten in dieser Gruppe nie auf. In der letzten Gruppe mit mehr als 2 Revisionen gaben 80,0% (n=4) als Auslöser zu wenig Schlaf an. 60,0% (n=3) nannten Streit oder Stress als Auslöser. 66,7% waren manchmal davon betroffen. Im Rahmen von Wochenenden oder Ferien traten Kopfschmerzen bei 20,0% (n=1) selten auf. 40,0% (n=2) klagten manchmal über Schmerzen an heißen Tagen oder im Zusammenhang mit Lärm.

Revisionszahl / **Auslöser**	**0 (8)**	**1 (3)**	**2 (11)**	**>2 (5)**
Keine Kopfschmerzen	3	1	1	0
Nicht beurteilbar	1	0	2	0
Streit/Stress				
- Nie	1	0	2	0
- Selten	2	0	3	0
- Manchmal	1	2	1	2
- Häufig	0	0	1	1
- Oft	0	0	0	0
- Keine Angaben	0	0	1	2
Wochenende/ Ferien				
- Nie	3	0	6	1
- Selten	1	2	0	1
- Manchmal	0	0	0	0
- Häufig	0	0	0	0
- Oft	0	0	0	0
- Keine Angaben	0	0	2	3
Wenig Schlaf				
- Nie	2	0	1	0
- Selten	2	1	3	1
- Manchmal	0	1	0	2
- Häufig	0	0	2	1
- Oft	0	0	1	0
- Keine Angaben	0	0	1	1
Körperl. Anstrengung				
- Nie	2	0	3	0
- Selten	1	0	2	0
- Manchmal	1	2	1	1
- Häufig	0	0	0	2
- Oft	0	0	0	0
- Keine Angaben	0	0	2	2

Revisionszahl / Auslöser	0 (8)	1 (3)	2 (11)	>2 (5)
Heißes Wetter				
- Nie	2	0	2	2
- Selten	0	0	0	0
- Manchmal	1	1	0	2
- Häufig	1	1	2	0
- Oft	0	0	3	0
- Keine Angaben	0	0	1	1
Wenig getrunken				
- Nie	0	0	0	1
- Selten	1	0	1	0
- Manchmal	2	0	1	0
- Häufig	1	1	0	1
- Oft	0	1	5	1
- Keine Angaben	0	0	1	2
TV/ PC				
- Nie	2	1	5	1
- Selten	0	1	0	0
- Manchmal	1	0	1	1
- Häufig	1	0	0	0
- Oft	0	0	0	0
- Keine Angaben	0	0	2	3
Lärm				
- Nie	1	0	3	0
- Selten	1	0	2	0
- Manchmal	1	2	1	2
- Häufig	1	0	0	0
- Oft	0	0	1	0
- Keine Angaben	0	0	1	3
Wetterwechsel				
- Nie	0	0	1	0
- Selten	2	0	0	0
- Manchmal	2	0	3	2
- Häufig	0	1	1	1
- Oft	0	1	3	0
- Keine Angaben	0	0	0	2

Tab. 38: Tabellarische Darstellung der Verteilung der verschiedenen Revisionszahlen auf die Auslöser von Kopfschmerzen der 27 befragten Patienten

Die Analyse der Häufigkeiten der Bewältigungsstrategien in Abhängigkeit von der Revisionszahl zeigt nachfolgende Tabelle (Tab. 39). In der Gruppe der Patienten ohne Revision konnten 100,0% (n=4) der Kopfschmerzpatienten häufig eine Reduktion durch Pausen erzielen. Medikamente wurden nur manchmal von 25,0% (n=1) der Kopfschmerzpatienten genutzt. In der Gruppe der Patienten mit einer Revision nutzen 50,0% (n=1) manchmal und 50,0% (n=1) häufig Medikamente. Ebenso verhielt es sich mit der Bewältigungsstrategie der Reizabschirmung. In der Gruppe der Patienten mit 2 Revisionen nutzen 50,0% (n=4) der Kopfschmerzpatienten Medikamente. Hiervon nutzen 50,0% (n=2) dies sogar oft. Noch mehr Patienten machten von einer Pause Gebrauch (62,5%; n=5). Von diesen Probanden konnten dadurch jeweils 40,0% (n=2) manchmal bzw. häufig eine Erleichterung der Schmerzsymptomatik erzielen. In der letzten Gruppe mit mehr als 2 Revisionen machten 80,0% Gebrauch von Medikamenten. Ein Viertel dieser Patienten benutzte diese sogar oft. Wohingegen eine Pause nur von 40,0% (n=2) der Kopfschmerzpatienten angewandt wurde.

Revisionszahl / **Bewältigungsstrategie**	**0 (8)**	**1 (3)**	**2 (11)**	**>2 (5)**
Keine Kopfschmerzen	3	1	1	0
Nicht beurteilbar	1	0	2	0
Medikamente				
- Nie	3	0	3	0
- Selten	0	0	0	1
- Manchmal	1	1	1	2
- Häufig	0	1	1	0
- Oft	0	0	2	1
- Keine Angaben	0	0	1	1
Reizabschirmung				
- Nie	2	0	3	0
- Selten	0	0	1	0
- Manchmal	1	1	1	1
- Häufig	1	1	1	0
- Oft	0	0	1	2
- Keine Angaben	0	0	1	2
Pause				
- Nie	0	0	2	1
- Selten	0	1	0	1
- Manchmal	0	0	2	1
- Häufig	4	1	2	0
- Oft	0	0	1	0
- Keine Angaben	0	0	1	2

Tab. 39: Tabellarische Darstellung der Verteilung der verschiedenen Revisionszahlen auf die Bewältigungsstrategien der 27 befragten Patienten

c) Ventiltyp

26,1% (n=6) der Patienten ohne verstellbares Ventil gaben an nicht an Kopfschmerzen zu leiden (Abb. 77). 30,4% (n=7) litten seltener als 2 Mal pro Monat an Kopfschmerzen. 13,0% (n=3) waren mindestens 2 Mal pro Monat betroffen, ebenso viele gaben Kopfschmerzen mindestens 1 Mal pro Woche an. Jeden Tag von Kopfschmerzen geplagt war nur 1 Patient (4,3%). Bei 3 Patienten (13,0%) waren die Symptome nicht beurteilbar. In der Gruppe der verstellbaren Ventile hatten 14,3% (n=1) keine Kopfschmerzen. Der Großteil mit 57,1% (n=4) gab Symptome seltener als 2 Mal pro Monat an. Weitere 28,6% (n=2) beklagten Kopfschmerzen mindestens 1 Mal pro Woche. Auch hier ergab sich kein signifikantes Ergebnis (p=0,511).

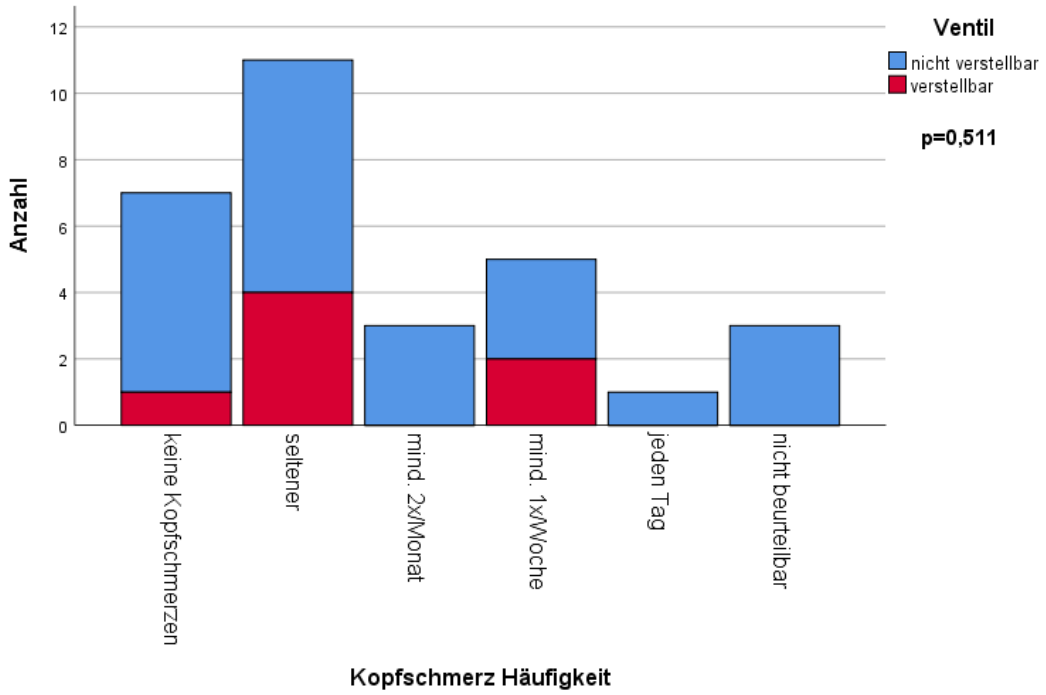


Abb. 77: Graphische Darstellung der Verteilung der Ventiltypen auf die Häufigkeiten von Kopfschmerzen der 30 befragten Patienten

In der Gruppe der nicht verstellbaren Ventile gaben 21,7% (n=5) an bis zu einer Stunde an Kopfschmerzen zu leiden (Abb. 78). 13,0% (n=3) litten zwischen zwei bis vier Stunden an der Symptomatik. 21,7% (n=5) litten bis zu einem Tag an Kopfschmerzen und nur 4,3% (n=1) klagten über länger anhaltenden Schmerzen. In der Gruppe der verstellbaren Ventile gaben 14,3% (n=1= Kopfschmerzen bis zu einer Stunde an. Der Großteil (42,9%; n=3) litt zwischen zwei bis vier Stunden an den Symptomen und weitere 28,6% (n=2) litten sogar bis zu einen Tag. Die Signifikanz betrug p=0,524.

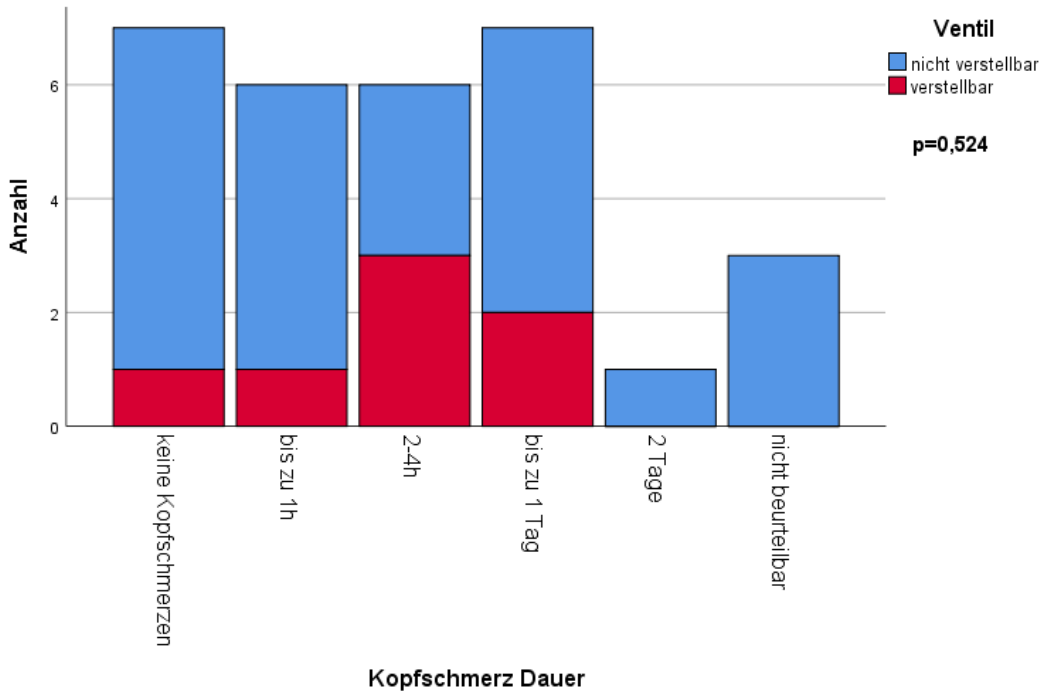


Abb. 78: Graphische Darstellung der Verteilung der Ventiltypen auf die Dauer von Kopfschmerzen der 30 befragten Patienten

Der Hauptteil in der Gruppe der nicht verstellbaren Ventile (13,0%; n=3) gab eine Schmerzintensität von 7 an (Abb. 79). Die restlichen Patienten verteilten sich zu maximal 2 Patienten pro Kategorie. In der Gruppe der verstellbaren Ventile war der Großteil (42,9%; n=3) bei einer Intensität von 5. Die weiteren Patienten verteilten sich zu maximal 1 Patienten pro Kategorie. Das Ergebnis war nicht signifikant (p=0,650).

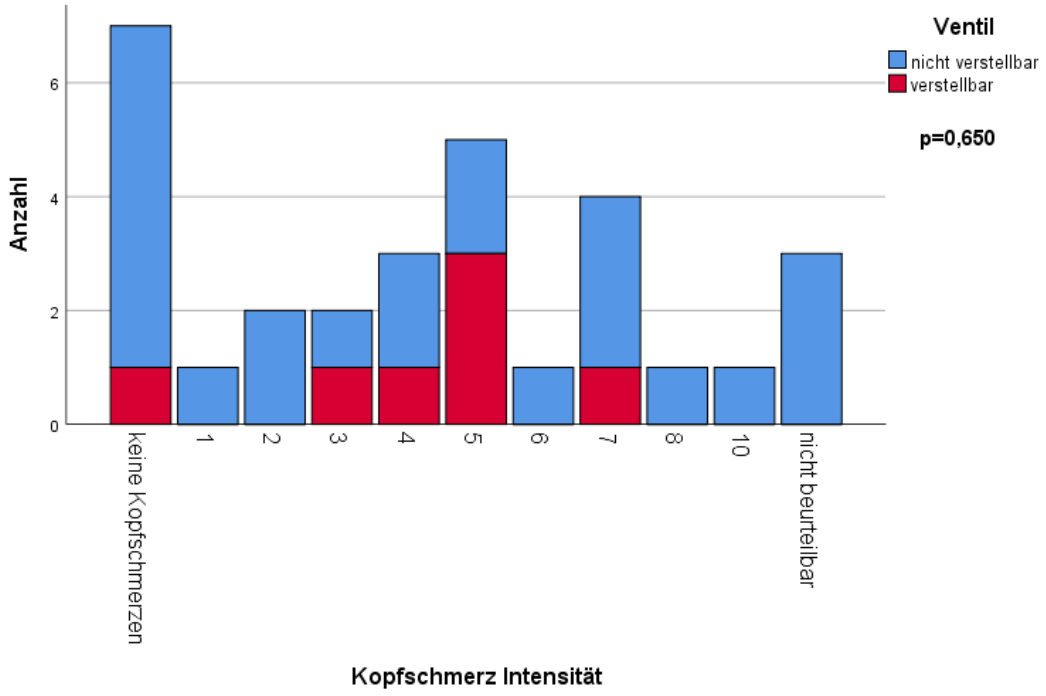


Abb. 79: Graphische Darstellung der Verteilung der Ventiltypen auf die Intensität von Kopfschmerzen der 30 befragten Patienten

Als nächstes wurde nach den Begleitsymptomen in der Gruppe der nicht verstellbaren Ventile gefragt (Abb. 80). Abzüglich der 6 Patienten, die keinerlei Kopfschmerzen angaben, verbleiben in dieser Gruppe 17 Patienten mit Kopfschmerzen. Bei insgesamt 3 Patienten war die Kopfschmerzsituation aufgrund der Komplexität der Grunderkrankung nicht beurteilbar. 71,4% (n=10) gaben an eine Verstärkung der Kopfschmerzen durch laute Geräusche zu erleben. 30,0% (n=3) davon litten häufig an diesem Begleitsymptom. 64,3% (n=9) verspürten eine Zunahme der Schmerzen durch helles Licht. Hiervon litten 33,3% (n=3) oft daran. 57,1% (n=8) waren während der Kopfschmerzen von Übelkeit geplagt. 75,0% (n=6) dieser Patienten beklagten dieses Begleitsymptom aber nur selten. Erbrechen trat in 35,7% (n=5) der Fälle auf. Allerdings war auch hier der Prozentsatz mit 80,0% (n=4) hoch, der nur selten daran litt. Jeweils 50,0% (n=7) gaben an Schwindel, einen verspannten Nacken, ein Flimmern vor den Augen oder eine Verschlechterung durch Bewegung als Begleitsymptom zu den Kopfschmerzen zu kennen. 57,1% (n=4) gaben an selten an Schwindel, einem verspannten Nacken oder Flimmern zu leiden. 28,6% (n=2) klagten oft über Schwindel oder eine Verschlechterung der Kopfschmerzsymptomatik durch Bewegung.

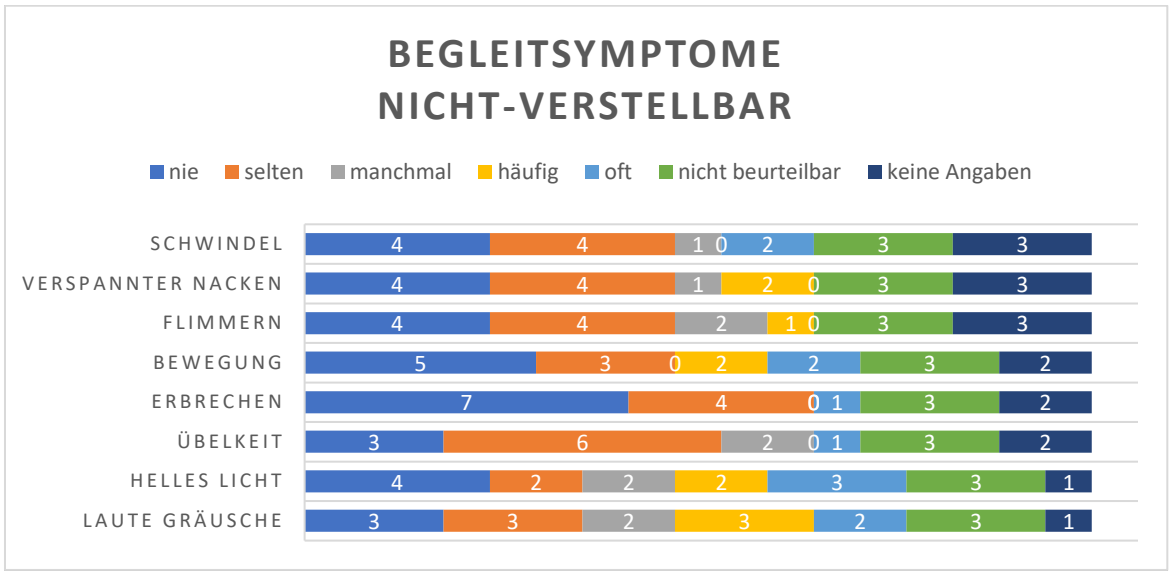


Abb. 80: Graphische Darstellung der Verteilung der verschiedenen Begleitsymptome der Kopfschmerzen der 17 befragten Patienten mit nicht verstellbaren Ventilen und Kopfschmerzen

Neben den Begleitsymptomen wurden auch die möglichen Auslöser der Kopfschmerzen analysiert (Abb. 81). 84,7% (n=12) konnten einen Wetterwechsel ursächlich für ihre Kopfschmerzen benennen. Allerdings gaben 50,0% (n=6) hiervon an dies nur manchmal zu bemerken. 78,6% (n=11) identifizierten eine zu geringe Trinkmenge als Ursache. Bei diesen Patienten war das bei 45,5% (n=5) oft der Fall. Streit oder Stress war bei 71,4% (n=10) Auslöser der Kopfschmerzen. Hiervon waren 60,0% (n=6) manchmal betroffen. Ebenfalls 71,4% (n=10) gaben Kopfschmerzen im Zusammenhang mit zu wenig Schlaf an. Bei 50,0% (n=5) war dies selten der Fall, bei 30,0% (n=3) allerdings häufig. Eine deutlich reduzierte Kopfschmerzsymptomatik zeigte sich in Verbindung mit Ferien oder Wochenenden. Lediglich 21,4% (n=3) gaben an in den Ferien an Kopfschmerzen zu leiden. 100,0% (n=3) dieser Patienten beklagten dies allerdings nur selten. Ebenfalls nur einen geringen Zusammenhang stellte sich mit der PC- und TV-Nutzung dar. Insgesamt 28,6% (n=4) gaben Kopfschmerzen in diesem Zusammenhang an. Hiervon waren 50,0% (n=2) manchmal betroffen.

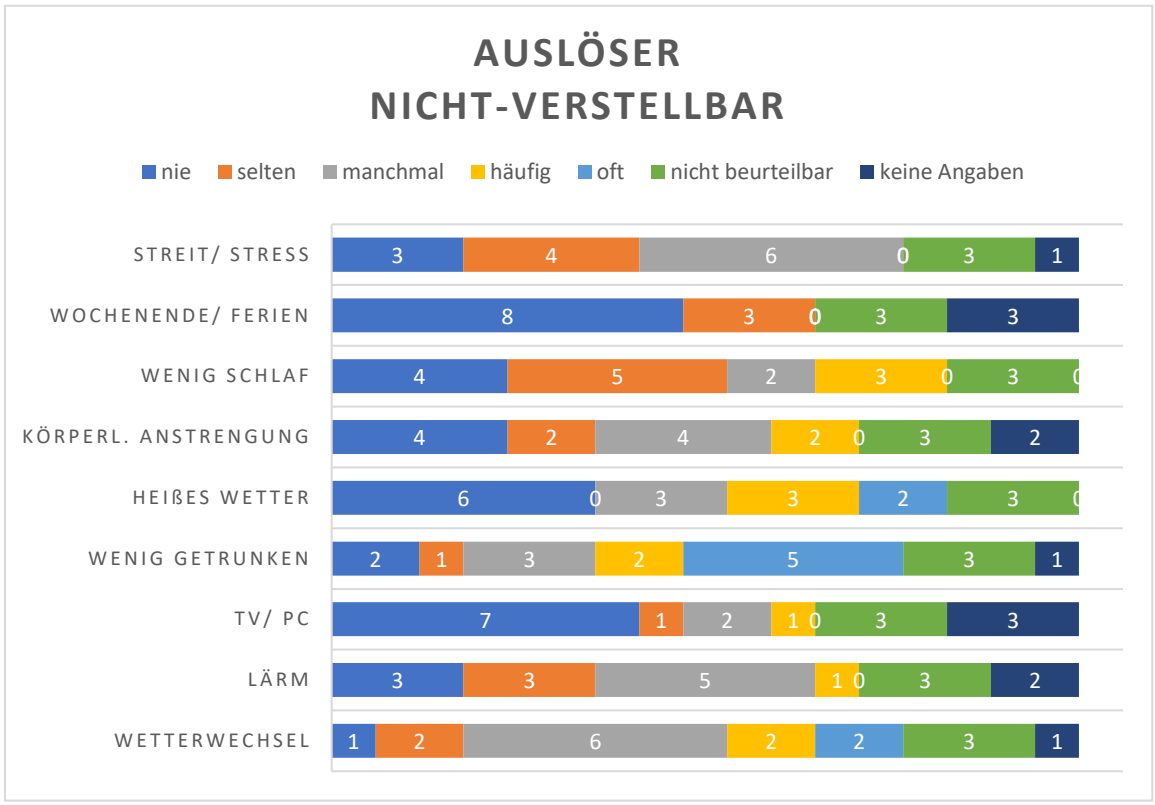


Abb. 81: Graphische Darstellung der Verteilung der verschiedenen Auslöser der Kopfschmerzen der 17 befragten Patienten mit nicht verstellbaren Ventilen und Kopfschmerzen

In der Gruppe der nicht verstellbaren Ventile nutzen 71,4% (n=10) eine Pause zur Reduktion der Schmerzen (Abb. 82). Hiervon waren es ebenfalls 70,0% (n=7), die häufig von dieser Maßnahme profitierten. Reizabschirmung wurde in 64,3% (n=9) der Patienten mit Kopfschmerzen genutzt. Hier verteilten sich die Häufigkeiten zu gleichen Anteilen auf die Patienten. Medikamente wurden nur in 50,0% (n=7)) angewandt.

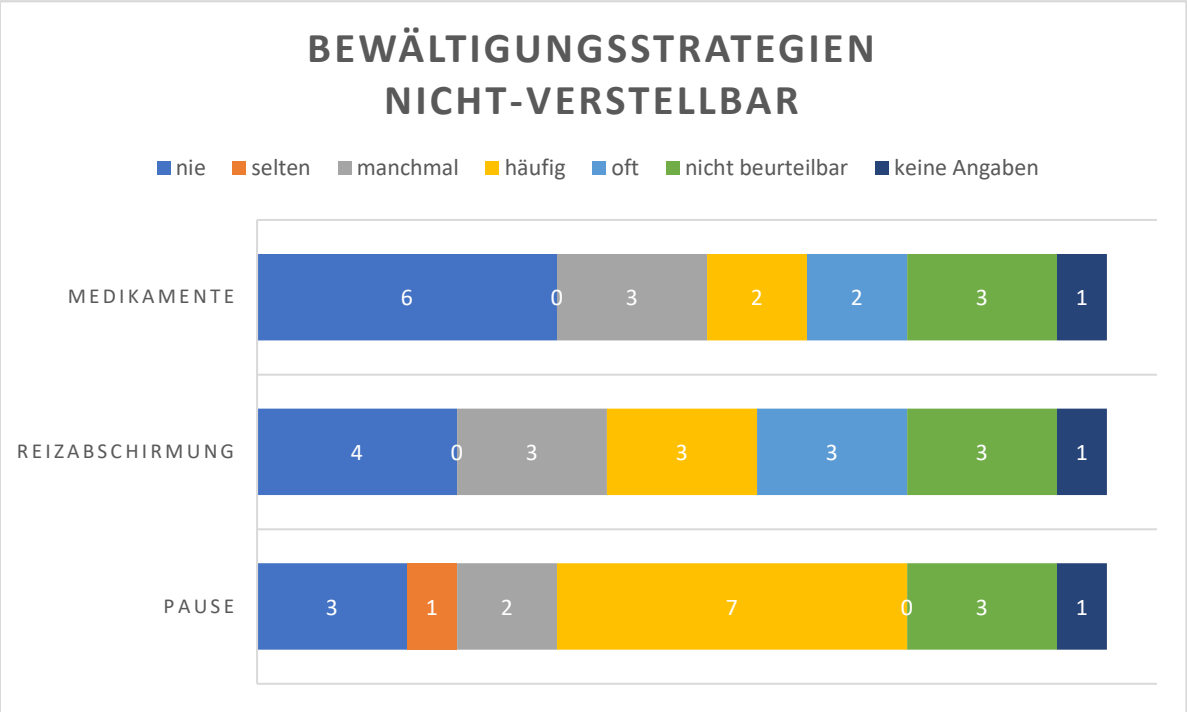


Abb. 82: Graphische Darstellung der Verteilung der verschiedenen Bewältigungsstrategien der 17 befragten Patienten mit nicht verstellbaren Ventilen und Kopfschmerzen

In der Gruppe der verstellbaren Ventile gab lediglich ein Patient an nicht an Kopfschmerzen zu leiden, sodass in dieser Gruppe 6 Patienten verblieben. Jeweils 66,7% (n=4) gaben an zusätzlich zu den Kopfschmerzen an einem verspannten Nacken zu leiden oder eine Verschlechterung durch helles Licht zu bemerken (Abb. 83). 50,0% (n=3) klagten über Schwindel, Übelkeit oder eine Zunahme der Schmerzen durch laute Geräusche. Letzteres trat zu je 33,3% (n=1) häufig oder oft auf. Jeweils ein Drittel (n=2) bemerkte neben den Kopfschmerzen noch ein Flimmern vor den Augen, eine Verschlechterung durch Bewegung und musste sich selten übergeben.

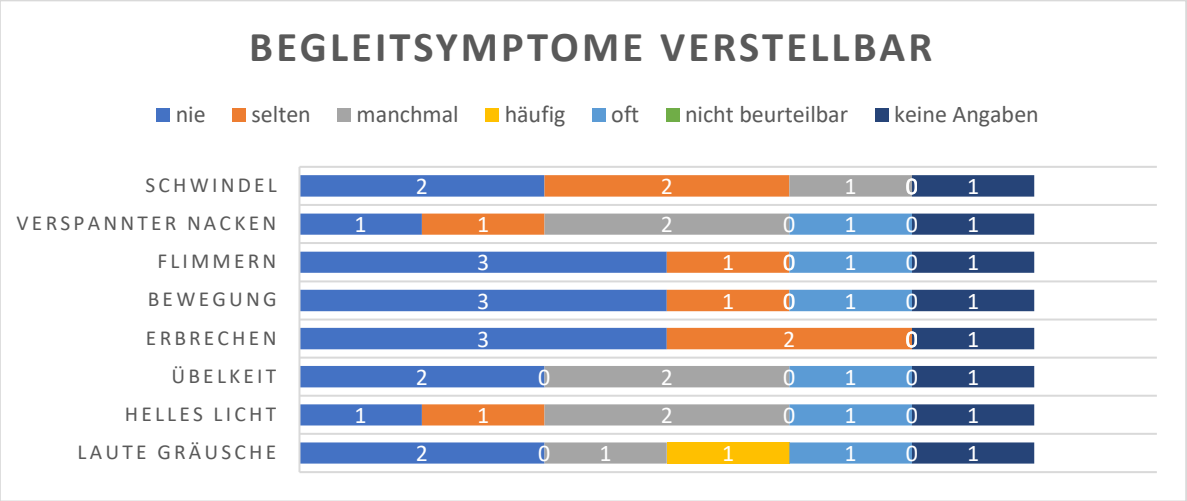


Abb. 83: Graphische Darstellung der Verteilung der verschiedenen Begleitsymptome der Kopfschmerzen der 6 befragten Patienten mit verstellbaren Ventilen und Kopfschmerzen

Nachstehende Abbildung zeigte die Verteilung von möglichen Auslösern der Kopfschmerzen in der Gruppe der verstellbaren Ventile (Abb. 84). 66,7% (n=4) gaben Wetterwechsel, wenig Schlaf oder eine zu geringe Trankmenge als Auslöser an. Hiervon waren 50,0% (n=2) oft bei Wetterwechsel oder zu wenig getrunken betroffen. 50,0% (n=3) gaben Streit und Stress, oder heißes Wetter als Ursache an. 66,7% der betroffenen Patienten klagten häufig über Kopfschmerzen im Zusammenhang mit Streitereien. Lediglich 16,7% (n=1) litten in den Ferien oder am Wochenende, dann auch nur selten, an Kopfschmerzen. Ebenfalls 16,7% (n=1) litten manchmal an Kopfschmerzen in Zusammenhang mit der Nutzung von PC oder TV.

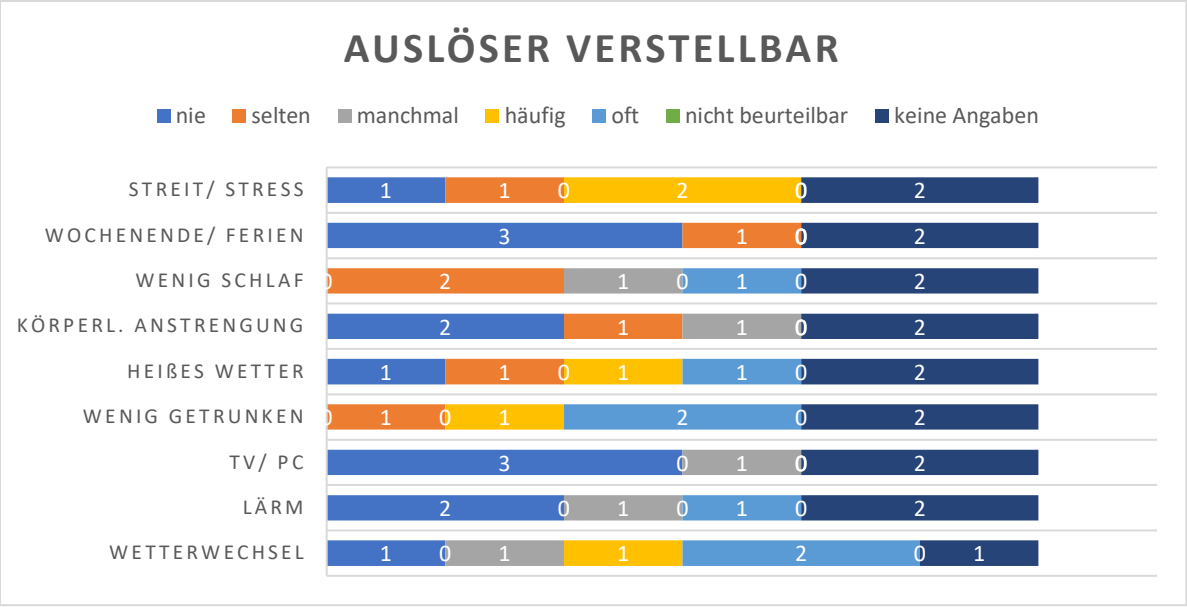


Abb. 84: Graphische Darstellung der Verteilung der verschiedenen Auslöser der Kopfschmerzen der 6 befragten Patienten mit verstellbaren Ventilen und Kopfschmerzen

66,7% (n=4) nutzen zur Linderung der Kopfschmerzen Medikamente. 50,0% (n=2) dieser Patenten machten aber nur manchmal von dieser Therapie Gebrauch (Abb. 85). 50,0% (n=3) nutzen eine Pause. Hier verteilten sich die Häufigkeiten gleichmäßig auf die Patienten. Lediglich 33,3% (n=2) konnten eine Reduktion der Symptomatik durch Reizabschirmung erzielen.

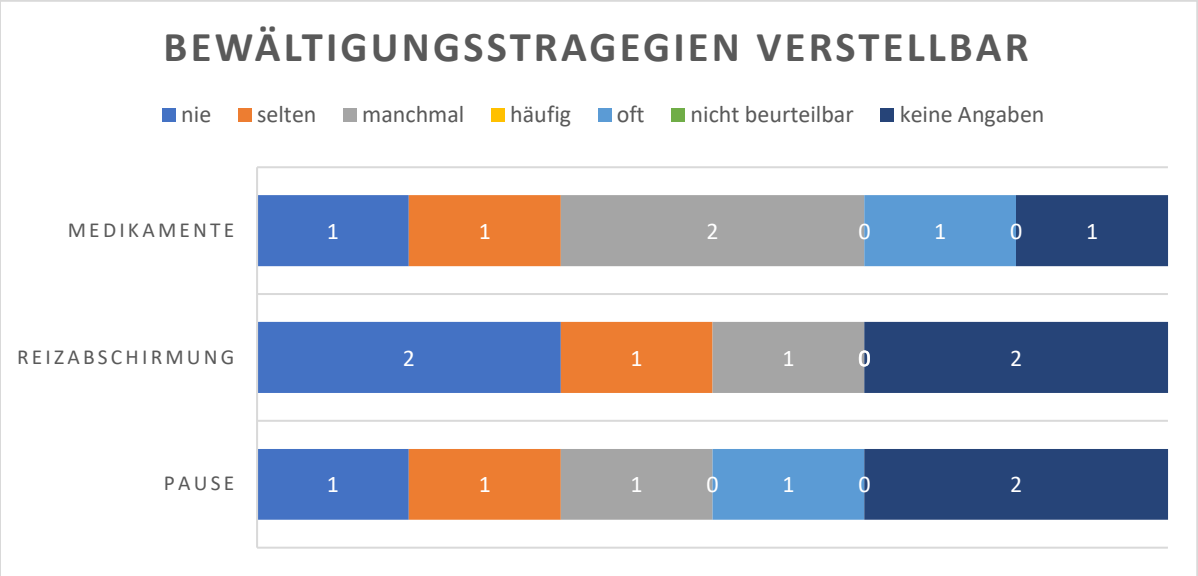


Abb. 85: Graphische Darstellung der Verteilung der verschiedenen Bewältigungsstrategien der 6 befragten Patienten mit verstellbaren Ventilen und Kopfschmerzen

3.2.3 Lebensqualität

Insgesamt gaben 53,3% (n=16) die höchste Punktzahl von 10 in Bezug auf die Zufriedenheit mit dem Shuntsystem an. 16,7% (n=5) gaben einen Punkt weniger an. Nur 6,7% (n=2) beurteilten ihre Zufriedenheit mit einem Wert von 8. Jeweils 10,0% (n=3) gaben ihrer Zufriedenheit einen Wert von 7 beziehungsweise 5 Punkten an. Die niedrigste Punktzahl von lediglich 2 Punkten wurde nur von einem Probanden angegeben (3,3%). Der Mittelwert lag bei 8,63 Punkten.

Allgemein gaben nur 23,3% (n=7) an eine Beeinträchtigung des Alltags durch des Shuntsystem zu erleben. In Bezug auf eine Beeinträchtigung auf Reisen oder beim Sport stieg der Anteil auf insgesamt 33,3% (n=10).

Eine Auswertung des Gesamtkollektivs im Hinblick auf den WHO-Fragebogen „Wellbeing Five“ zur Lebensqualität ergab nachfolgende Graphik (Abb. 86). 50,0% (n=15) gaben an sich meistens ruhig und entspannt zu fühlen.

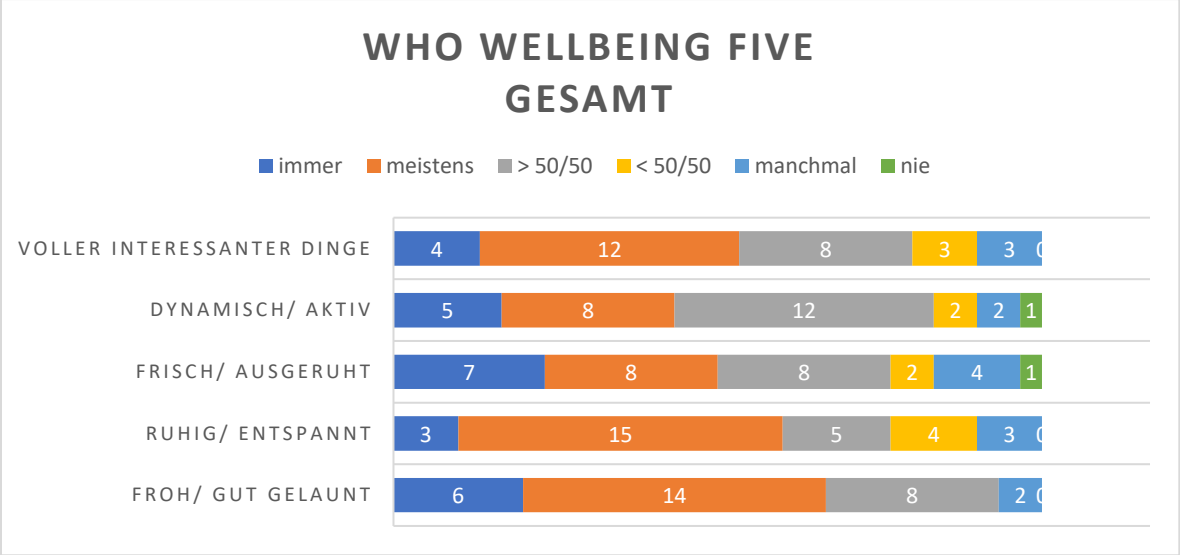


Abb. 86: Graphische Auswertung des WHO-Fragebogens Wellbeing Five der insgesamt 30 befragten Patienten

Allerdings gaben auch 10,0% (n=3) an dies nur manchmal zu sein. 46,7% (n=14) waren meistens froh und gut gelaunt. 20,0% (n=6) waren dies sogar immer. 23,3% (n=7) waren immer frisch und ausgeruht, 26,7% (n=8) waren dies nur meistens, 13,3% (n=4) waren dies lediglich manchmal und nur ein Patient (3,3%) war nie ausgeruht. 40,0% (n=12) fühlten sich in mehr als der Hälfte der Zeit dynamisch und aktiv. Allerdings gab es auch hier wieder einen Befragten der das nie empfand. Für Ebenfalls 40,0% (n=12) war der Tag meistens voller interessanter Dinge. Für 10,0% (n=3) war dies nur manchmal der Fall.

Aus obenstehender Graphik ergab sich eine maximale Punktzahl von 25. Diese wurde insgesamt von 10,0% (n=3) erzielt. Der niedrigste Wert von lediglich 8 Punkten wurde nur von einem Befragten (3,3%) erreicht. Insgesamt ergab sich ein Mittelwert von 17,10 Punkten.

a) Ätiologie des Hydrocephalus

Insgesamt etwas mehr als die Hälfte aller Patienten (53,3%, n=16) gaben vollste Zufriedenheit mit dem Shuntsystem an (Abb. 87). In der Gruppe des posthämorrhagischen Hydrocephalus waren es sogar 64,3% (n=9), beim kongenitalen, sowie beim Hydrocephalus mit Meningomyelocele und Hydrocephalus mit unklarer Genese waren es jeweils 2 Patienten. In der Gruppe des postinfektiösen Hydrocephalus waren es 33,3% (n=1). Auch ähnliche hohe Bewertungen wurden häufig gegeben. So etwa die Punktzahl 9 von 7,1% (n=1) des posthämorrhagischen Hydrocephalus, sowie 33,3% (n=2) des kongenitalen Hydrocephalus und 50,0% (n=2) des Hydrocephalus bei Meningomyelocele. Eine Punktzahl jenseits der 5 wurde nur ein einziges Mal von einem Patienten (7,1%) aus der Gruppe des posthämorrhagischen Hydrocephalus gegeben. Dieser bewertete seine Zufriedenheit mit lediglich 2 Punkten. Das Ergebnis war nicht signifikant (p=0,184).

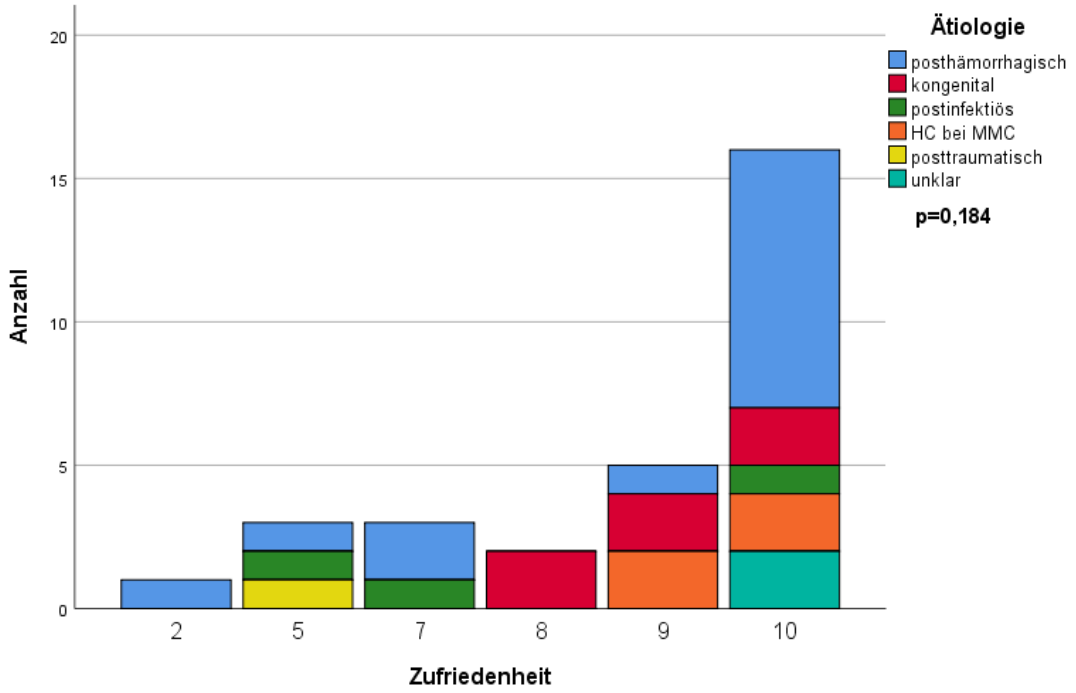


Abb. 87: Graphische Darstellung der Verteilung der verschiedenen Ätiologien des Hydrocephalus auf die Zufriedenheit der 30 befragten Patienten

Eine Analyse der Mittelwerte der Zufriedenheit in Abhängigkeit von der Ätiologie des Hydrocephalus ergab kein signifikantes Ergebnis (p=0,305) (Abb. 88).

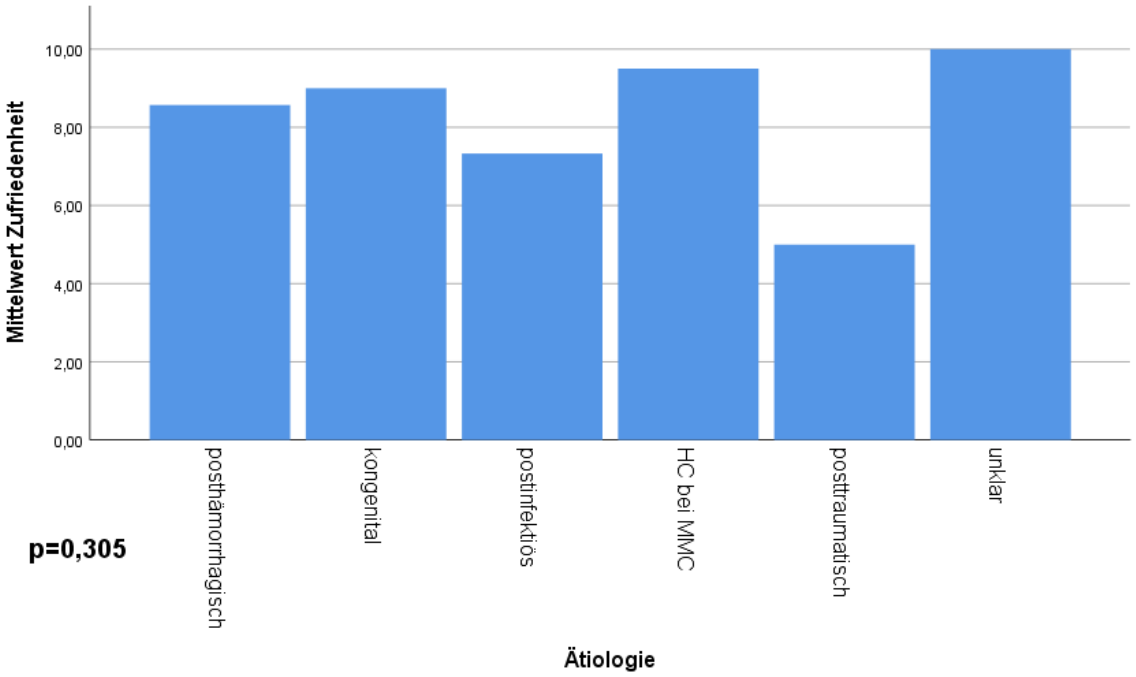


Abb. 88: Graphische Darstellung der Verteilung der Mittelwerte der Zufriedenheit auf die verschiedenen Ätiologien des Hydrocephalus der 30 befragten Patienten

Die Gruppe des posthämorrhagischen Hydrocephalus erzielte einen Mittelwert von 8,57, der kongenitale Hydrocephalus erzielte 9,00, der postinfektiöse Hydrocephalus lag bei 7,33. Der Hydrocephalus bei Meningomyelocele erreichte 9,50 Punkte und der Hydrocephalus unklarer Genese erreichte die höchste Punktzahl mit 10,0. Der niedrigste Wert ergab sich in der Gruppe des posttraumatischen Hydrocephalus.

Neben der allgemeinen Zufriedenheit mit dem Shuntsystem war auch die Beeinträchtigung im Alltag, beim Sport oder auf Reisen von Bedeutung (Abb. 89, 90). So gaben insgesamt 76,7% (n=23) keinerlei Beeinträchtigung im Alltag an, bezogen auf Sport und Reisen waren es nur noch 66,7% (n=20). Die verschiedenen Ätiologien verteilten sich wie folgt: 78,6% (n=11) der Patienten mit posthämorrhagischem Hydrocephalus gaben keine Nachteile durch das Shuntsystem im Alltag an.

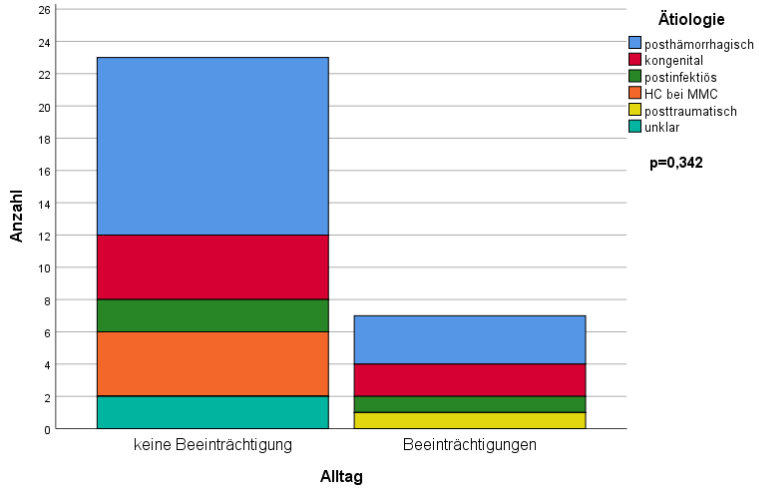


Abb. 89: Graphische Darstellung der Verteilung der verschiedenen Ätiologien des Hydrocephalus auf die Beeinträchtigung im Alltag der 30 befragten Patienten

In der Gruppe des kongenitalen (n=4) und postinfektiösen Hydrocephalus (n=2) waren es jeweils 66,7% und beim Hydrocephalus mit Meningomyelocele und unklarer Genese waren es sogar jeweils 100,0% (n=1). Im Alltag beeinträchtigt fühlten sich lediglich 21,4% (n=3) der Patienten mit posthämorrhagischem Hydrocephalus sowie jeweils 33,3% der Patienten mit kongenitalem (n=2) oder postinfektiösem Hydrocephalus (n=1). In der Gruppe des posttraumatischen waren es sogar 100,0% (n=1). Die Ergebnisse zeigten kein signifikantes Ergebnis (p=0,342). Bezogen auf die Beeinträchtigungen im Sport oder bei Reisen zeigte sich eine ähnliche Verteilung. 64,3% (n=9) gaben keinerlei Nachteile an, bei jeweils 3 Patienten aus den Gruppen des kongenitalen (50,0%), des postinfektiösen Hydrocephalus (100,0%) sowie des Hydrocephalus bei Meningomyelocele (75,0%) verhielt es sich genauso.

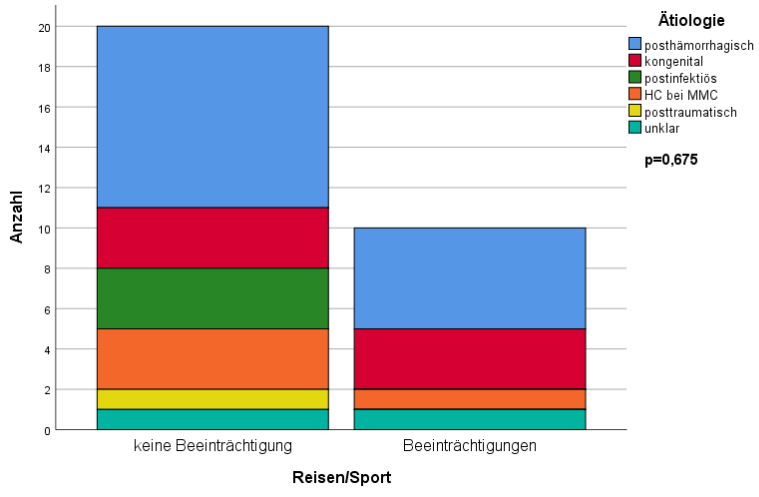


Abb. 90: Graphische Darstellung der Verteilung der verschiedenen Ätiologien des Hydrocephalus auf die Beeinträchtigung im Sport und auf Reisen der 30 befragten Patienten

Alle Patienten aus der Gruppe des posttraumatischen Hydrocephalus (n=1), sowie 50,0% (n=1) aus der Gruppe des Hydrocephalus mit unklarer Genese gaben keinerlei Beeinträchtigung beim Sport oder auf Reisen an. Eine Beeinträchtigung gaben lediglich 35,7% (n=5) der Patienten mit posthämorrhagischem Hydrocephalus, jeweils 50,0% der Patienten mit kongenitalem Hydrocephalus (n=6), sowie der Patienten mit unklarem Hydrocephalus (n=2) an. 25,0% (n=1) waren es bei dem Patienten aus der Gruppe des Hydrocephalus bei Meningomyelocele. Bezogen auf Sport und Reisen zeigte sich auch kein signifikantes Ergebnis (p=0,675).

Nachfolgende Tabelle zeigt die Auswertung des WHO-Fragebogens „Wellbeing Five“ in Abhängigkeit von der Ätiologie des Hydrocephalus (Tab. 40). In der Gruppe des Hydrocephalus nach Blutung stellte sich eine breite Verteilung auf die verschiedenen Antwortmöglichkeiten dar. So fühlten sich 35,7% (n=5) meistens ausgeruht, allerdings waren auch 14,3% (n=2) dies nur manchmal und 7,1% (n=1) sogar nie. Bezüglich einer fröhlichen Stimmung war die Verteilung schon wieder eindeutiger. So gaben 42,9% (n=6) an meistens gut gelaunt zu sein und 28,6% (n=4) waren mehr als die Hälfte der Zeit gut gelaunt. In der Gruppe des kongenitalen Hydrocephalus fühlten sich 66,7% (n=4) meistens dynamisch und waren fröhlich. Außerdem gaben 66,7% (n=4) an meistens einen Tag voller interessanter Dinge zu erleben. Ebenfalls ein Drittel der Patienten mit postinfektiösem Hydrocephalus fühlte sich immer frisch und ausgeruht. 100,0% (n=3) fühlten sich meistens ruhig und entspannt. 50,0% (n=2) der Patienten mit Hydrocephalus bei Meningomyelocele waren meistens entspannt und gut gelaunt. Allerdings gaben ebenfalls 50,0% (n=2) an diese Gefühle nur manchmal zu haben. Der eine Patient mit posttraumatischem Hydrocephalus gab stets Werte im Mittelfeld an und die beiden Patienten mit einem Hydrocephalus unklarer Genese erlebten zu 100,0% (n=2) immer einen Tag voller interessanter Dinge.

Ätiologie / Wellbeing 5	Posthämorrhagisch (14)	Kongenital (6)	Postinfektiös (3)	Meningomyelocele (4)	Posttraumatisch (1)	Unklar (2)
Voller interessanter Dinge						
- immer	2	0	0	0	0	2
- meistens	5	4	2	1	0	0
- >50/50	4	2	0	2	0	0
- <50/50	2	0	0	0	1	0
- manchmal	1	0	1	1	0	0
- nie	0	0	0	0	0	0
Dynamisch/ aktiv						
- immer	4	0	0	0	0	1
- meistens	3	1	2	1	0	1
- >50/50	5	4	1	1	1	0
- <50/50	1	1	0	0	0	0
- manchmal	0	0	0	2	0	0
- nie	1	0	0	0	0	0
Frisch/ ausgeruht						
- immer	3	0	2	1	0	1
- meistens	5	2	0	1	0	0
- >50/50	2	2	0	2	1	1
- <50/50	1	1	0	0	0	0
- manchmal	2	1	1	0	0	0
- nie	1	0	0	0	0	0
Ruhig/ entspannt						
- immer	2	0	0	0	0	1
- meistens	6	3	3	2	0	1
- >50/50	4	1	0	0	0	0
- <50/50	2	1	0	0	1	0
- manchmal	0	1	0	2	0	0
- nie	0	0	0	0	0	0
Froh/ gut gelaunt						
- immer	4	0	1	0	0	1
- meistens	6	4	2	2	0	0
- >50/50	4	2	0	0	1	1
- <50/50	0	0	0	0	0	0
- manchmal	0	0	0	2	0	0
- nie	0	0	0	0	0	0

Tab. 40: Tabellarische Auswertung des WHO-Fragebogens Wellbeing Five in Abhängigkeit von der Ätiologie des Hydrocephalus der insgesamt 30 befragten Patienten

Als letzten Aspekt des Fragebogens kam es zur Bewertung der Lebensqualität anhand der WHO-Fragebogens „Wellbeing Five“. Die Summe der Punkte verteilt auf die verschiedenen Ätiologien ergab nachstehende Graphik (Abb. 91). Die maximale Punktzahl von 25 wurde lediglich von 14,3% (n=2) der Patienten mit posthämorrhagischem Hydrocephalus und 50,0% (n=1) der Patienten mit Hydrocephalus unklarer Genese erreicht. Der schlechteste Wert von gerade einmal 8 Punkten wurde nur von einem Patienten (7,1%) aus der Gruppe des posthämorrhagischen Hydrocephalus gegeben. Die Auswertung ergab eine vorgegebene Grenze von 13. Ein Wert kleiner 13 stand für eine geringere Lebensqualität und konnte auf eine mögliche Depression hinweisen. Diese Schwelle unterschritten lediglich 5 von insgesamt 30 Patienten. Zum einen der oben genannte Patient aus der Gruppe des posthämorrhagischen Hydrocephalus, sowie jeweils 2 Patienten aus der Gruppe des Hydrocephalus bei Meningomyelocele (50,0%), sowie aus der Gruppe des kongenitalen Hydrocephalus (33,3%). Die Ergebnisse dieser Analyse waren nicht signifikant (p=0,253).

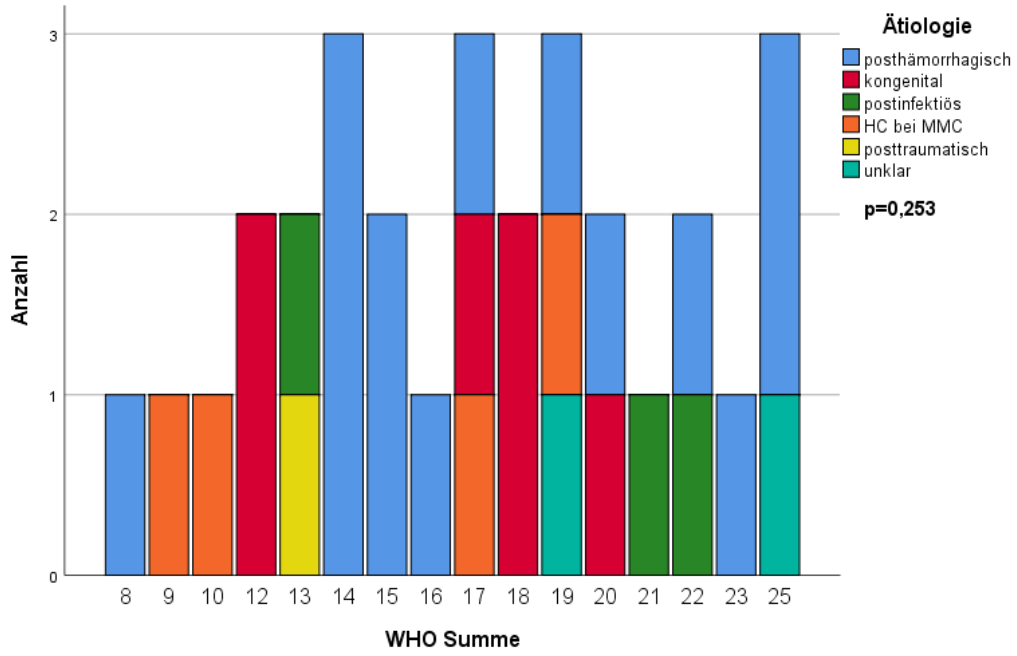


Abb. 91: Graphische Darstellung der Verteilung der verschiedenen Ätiologien des Hydrocephalus auf die Summe des WHO Fragebogens der 30 befragten Patienten

Der Vergleich der Mittelwerte der Summe des WHO-Fragebogens zeigte nachstehende Graphik (Abb. 92). Auch die Analyse der Mittelwerte ergab kein signifikantes Ergebnis (p=0,344). Den höchsten Wert mit 22,0 Punkten erreichte der Hydrocephalus unklarer Genese. Es folgte mit 18,67 Punkten der postinfektiöse, mit 17,64 Punkten der posthämorrhagische und mit 16,33 Punkten der kongenitale Hydrocephalus. Das Schlusslicht bildeten mit 13,75 und 13,00 Punkten der Hydrocephalus bei Meningomyelocele und der posttraumatische Hydrocephalus.

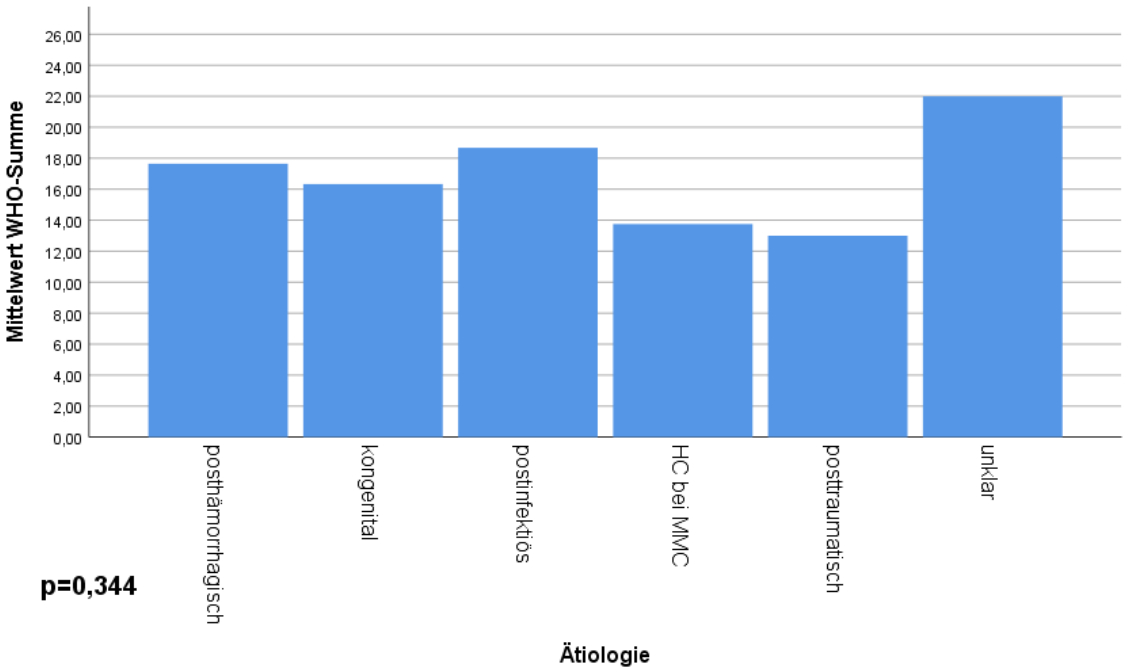


Abb. 92: Graphische Darstellung der Verteilung der Mittelwerte der Summe des WHO-Fragebogens auf die verschiedenen Ätiologien des Hydrocephalus der 30 befragten Patienten

b) Anzahl der Revisionen

51,9% (n=14) gaben die Höchstpunktzahl von 10 (Abb. 93). Hiervon waren 75,0% (n=6) aus der Gruppe der Patienten ohne Revisionen, 66,7% (n=2) der Patienten mit einer Revision, 36,4% (n=4) der Patienten mit zwei Revisionen und 40,0% (n=2) der Patienten mit mehr als zwei Revisionen. Weitere 18,5% (n=5) gaben einen Punkt weniger. Hier waren es 25,0% (n=2) der Patienten ohne Revisionen und 27,3% (n=3) der Patienten mit zwei Revisionen. Lediglich ein Patient aus der Gruppe der Patienten mit mehr als zwei Revisionen (9,1%) gab eine sehr niedrige Punktzahl von 2 an. Die Unterschiede waren allerdings nicht signifikant (p=0,506).

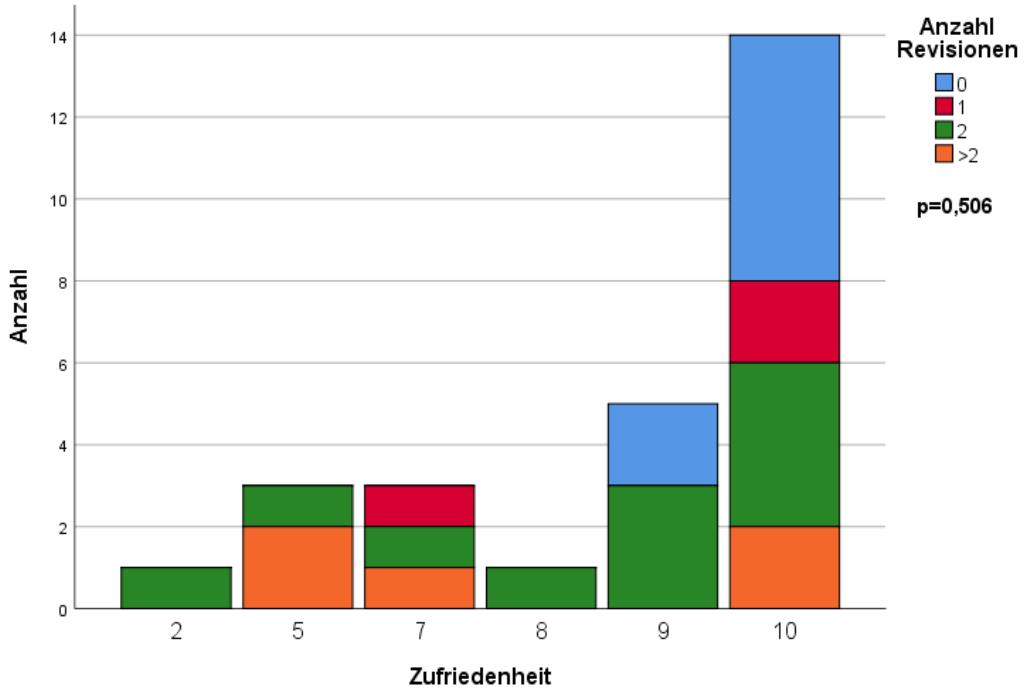


Abb. 93: Graphische Darstellung der Verteilung der Anzahl der Revisionen auf die Zufriedenheit der 27 befragten Patienten

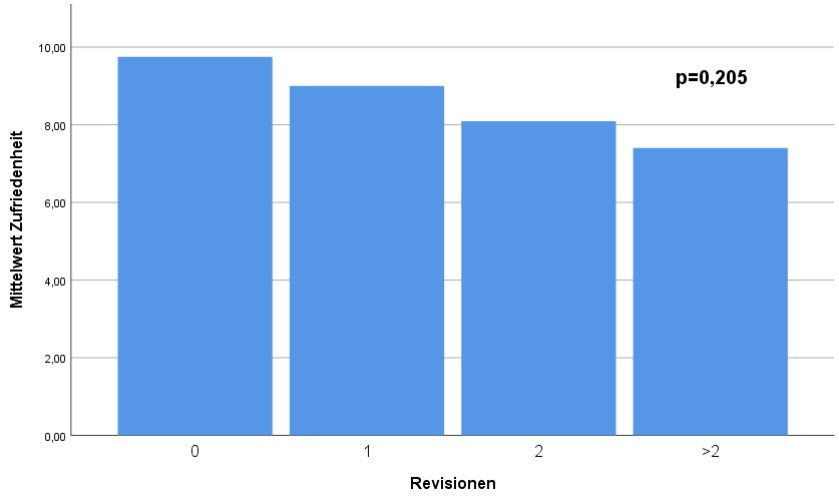


Abb. 94: Graphische Darstellung der Verteilung der Mittelwerte der Zufriedenheit auf die verschiedenen Revisionszahlen der 27 befragten Patienten

Eine Analyse der Mittelwerte der allgemeinen Zufriedenheit mit dem Shuntsystem in Abhängigkeit von der Revisionszahl zeigte einen abnehmenden Trend (Abb. 94). So lag der Mittelwert in der Gruppe ohne Revision noch bei 9,75, wohingegen der Wert in der Gruppe mit mehr als 2 Revisionen nur noch bei 7,40 lag. Die Unterschiede waren allerdings nicht signifikant (p=0,205).

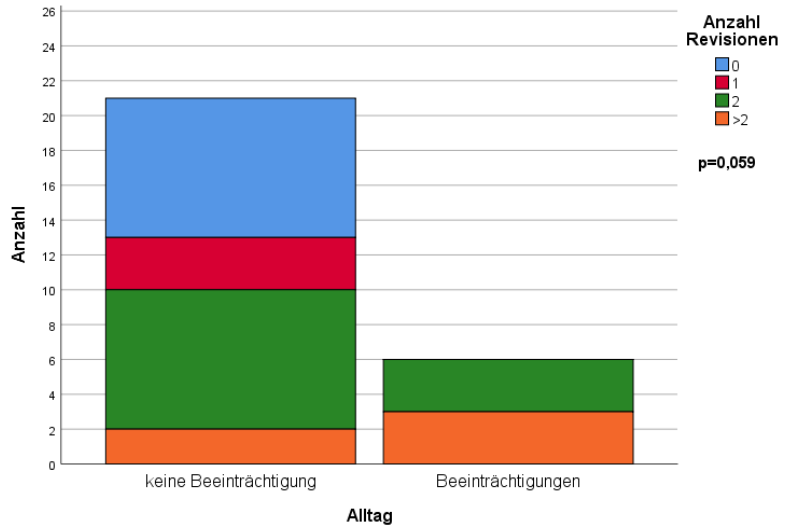
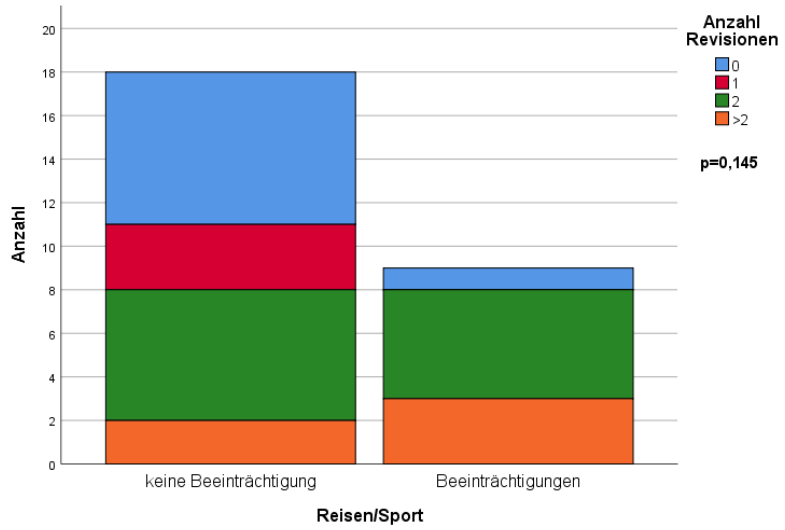


Abb. 95: Graphische Darstellung der Verteilung der Anzahl der Revisionen auf die Beeinträchtigung im Alltag der 27 befragten Patienten

Von den 77,8% (n=21) ohne Beeinträchtigung im Alltag waren sowohl 100,0% (n=8) aus der Gruppe der Patienten ohne Revision, als auch 100,0% (n=3) aus der Gruppe der Patienten mit nur einer Revision (Abb. 95, 96). Immerhin noch 72,7% (n=8) der Patienten mit 2 Revisionen fühlten sich nicht beeinträchtigt. In der Gruppe der Patienten mit mehr als zwei viel der Anteil auf 40,0% (n=2). Es zeigte sich eine Borderline-Signifikanz bei dieser Analyse (p=0,059). In Bezug auf die Beeinträchtigungen im Leben durch Reisen oder Sport fiel der Gesamtanteil ohne Einschränkungen auf 66,7% (n=18). Hierbei waren es 87,5% (n=7) aus der



Gruppe ohne Revisionen, wieder 100,0% (n=3) aus der Gruppe mit einer Revision, 54,5% (n=6) aus der Gruppe mit zwei Revisionen und 40,0% (n=2) aus der Gruppe mit mehr als zwei. Hier ergab die Testung kein signifikantes Ergebnis (p=0,145).

Abb. 96: Graphische Darstellung der Verteilung der Anzahl der Revisionen auf die Beeinträchtigung im Sport und auf Reisen der 27 befragten Patienten

Eine detaillierte Analyse der Zufriedenheit mit Hilfe des WHO-Fragebogens „Wellbeing Five“ in Abhängigkeit von der Revisionszahl ergab nachstehende Tabelle (Tab. 41). 50,0% (n=4) der Patienten ohne Revisionen gaben an meistens frisch und ausgeruht aufzuwachen, meistens gut gelaunt zu sein und meistens einen Tag voll interessanter Dinge zu erleben. Sogar 75,0% (n=6) gaben an sich meistens entspannt zu fühlen. In der Gruppe der Patienten mit einer Revision fühlten sich 66,7% (n=2) mehr als die Hälfte der Zeit dynamisch und ausgeruht und erlebten einen Tag voller interessanter Dinge. In der größten Gruppe, die Gruppe der Patienten mit 2 Revisionen, war für 54,5% (n=6) der Tag meistens voller interessanter Dinge. 45,5% (n=5) fühlten sich mehr als die Hälfte der Zeit dynamisch und gut gelaunt. In der Gruppe der Patienten mit mehr als 2 Revisionen erlebten 60,0% (n=3) lediglich manchmal einen Tag voll interessanter Dinge. Wohingegen 80,0% (n=4) meistens gut gelaunt waren.

Revisionszahl / Wellbeing 5	0 (8)	1 (3)	2 (11)	>2 (5)
Voller interessanter Dinge				
- immer	1	0	2	0
- meistens	4	1	6	1
- >50/50	2	2	2	0
- <50/50	1	0	1	1
- manchmal	0	0	0	3
- nie	0	0	0	0
Dynamisch/ aktiv				
- immer	2	1	2	0
- meistens	3	0	2	1
- >50/50	2	2	5	2
- <50/50	1	0	1	0
- manchmal	0	0	1	1
- nie	0	0	0	1
Frisch/ ausgeruht				
- immer	2	1	3	1
- meistens	4	0	2	0
- >50/50	2	1	3	1
- <50/50	0	0	2	0
- manchmal	0	1	1	2
- nie	0	0	0	1
Ruhig/ entspannt				
- immer	1	0	2	0
- meistens	6	1	3	2
- >50/50	1	2	1	1
- <50/50	0	0	3	1
- manchmal	0	0	2	1
- nie	0	0	0	0
Froh/ gut gelaunt				
- immer	3	1	2	0
- meistens	4	1	3	4
- >50/50	1	1	5	0
- <50/50	0	0	0	0
- manchmal	0	0	1	1
- nie	0	0	0	0

Tab. 41: Tabellarische Auswertung des WHO-Fragebogens Wellbeing Five in Abhängigkeit von der Revisionszahl der insgesamt 27 befragten Patienten

Als letzten Aspekt des Fragebogens kam es zur Bewertung der Lebensqualität anhand der WHO-Fragebogens „Wellbeing Five“. Die Summe der Punkte verteilt auf die verschiedenen Revisionszahlen ergab nachstehende Graphik (Abb. 97). Die maximale Punktzahl von 25 wurde lediglich von 12,5% (n=1) der Patienten mit keiner Revision und 18,2% (n=2) der Patienten mit zwei Revisionen erreicht. Der schlechteste Wert von gerade einmal 8 Punkten wurde nur von einem Patienten (20,0%) aus der Gruppe mit mehr als zwei Revisionen gegeben. Die Auswertung ergab eine vorgegebene Grenze von 13. Ein Wert kleiner 13 stand für eine geringere Lebensqualität und konnte auf eine mögliche Depression hinweisen. Diese Schwelle unterschritten lediglich 5 von insgesamt 30 Patienten. 27,3% (n=3) der Patienten mit zwei Revisionen, sowie 40,0% (n=2) der Patienten mit mehr als zwei Revisionen erreichten diese geringe Punktzahl. Die Ergebnisse dieser Analyse waren nicht signifikant (p=0,391).

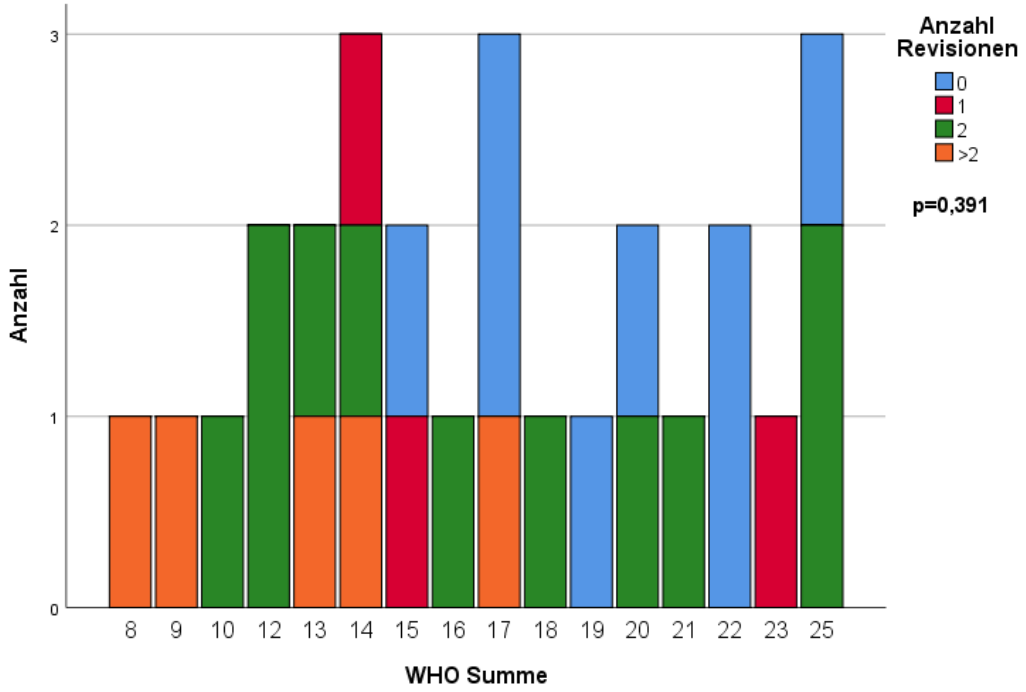


Abb. 97: Graphische Darstellung der Verteilung der Anzahl der Revisionen auf die Summe des WHO Fragebogens der 27 befragten Patienten

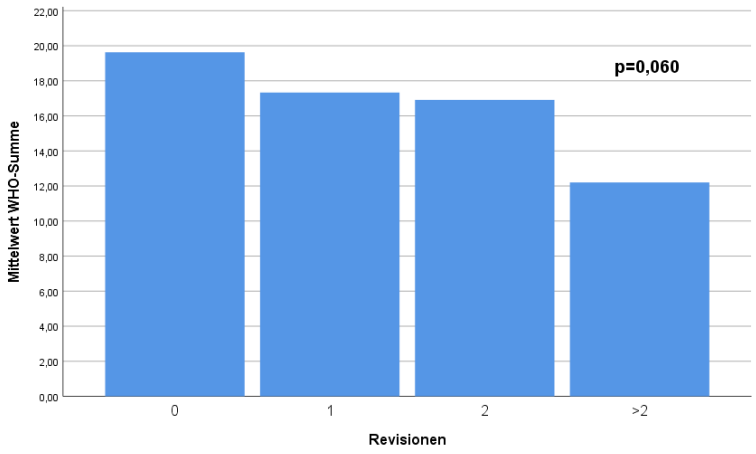


Abb. 98: Graphische Darstellung der Verteilung der Mittelwerte der Summe des WHO-Fragebogens auf die verschiedenen Revisionszahlen der 27 befragten Patienten

Da der Vergleich der absoluten Zahlen kein signifikantes Ergebnis erbrachte, erfolgte nun noch die Analyse der Mittelwerte der Summen des WHO-Fragebogens in Abhängigkeit von der Revisionszahl. Hier zeigte sich mit einer Borderline-Signifikanz von p=0,060 eine deutliche Abnahme der Werte mit zunehmender Revisionszahl (Abb. 98). So lag der Mittelwert in der Gruppe ohne Revisionen noch bei 19,63, in der Gruppe mit mehr als 2 Revisionen nur noch bei 12,20.

c) Ventiltyp

Die Zufriedenheit betrug bei 53,3% (n=16) den maximalen Wert von 10 (Abb. 99). Hiervon waren es 52,2% (n=12) aus der Gruppe der nicht verstellbaren Ventile und 57,1% (n=4) aus der Gruppe der verstellbaren Ventile. Einen Punkt weniger gaben 17,4% (n=4) aus der Gruppe der nicht verstellbaren und 14,3% (n=1) aus der Gruppe der verstellbaren Ventile an. Die niedrigste Punktzahl mit 2 wurde nur einmal in der Gruppe der nicht verstellbaren Ventile (4,3%) vergeben. In der Gruppe der verstellbaren Ventile lag der niedrigste Werte bei 5. Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied (p=0,816).

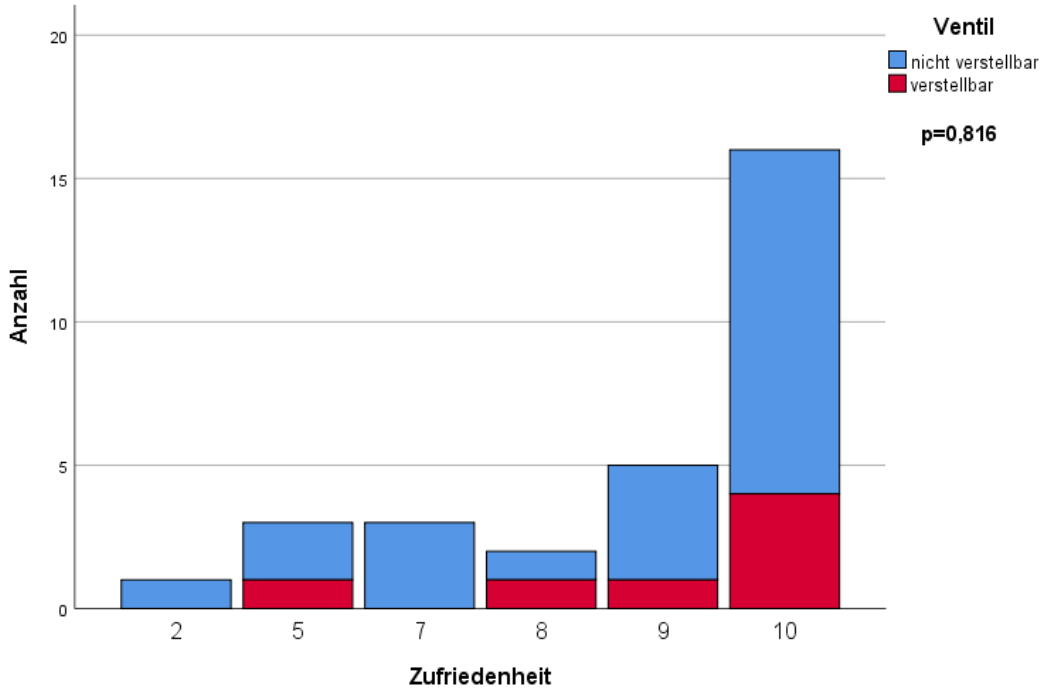


Abb. 99: Graphische Darstellung der Verteilung der Ventiltype auf die Zufriedenheit der 30 befragten Patienten

Ein Vergleich der Mittelwerte der Zufriedenheit in Abhängigkeit vom Ventiltyp ergab kein signifikantes Ergebnis (p=0,749). In der Gruppe der nicht verstellbaren Ventile lag der Wert bei 8,57, in der Gruppe der verstellbaren bei minimal besseren 8,86 (Abb. 100).

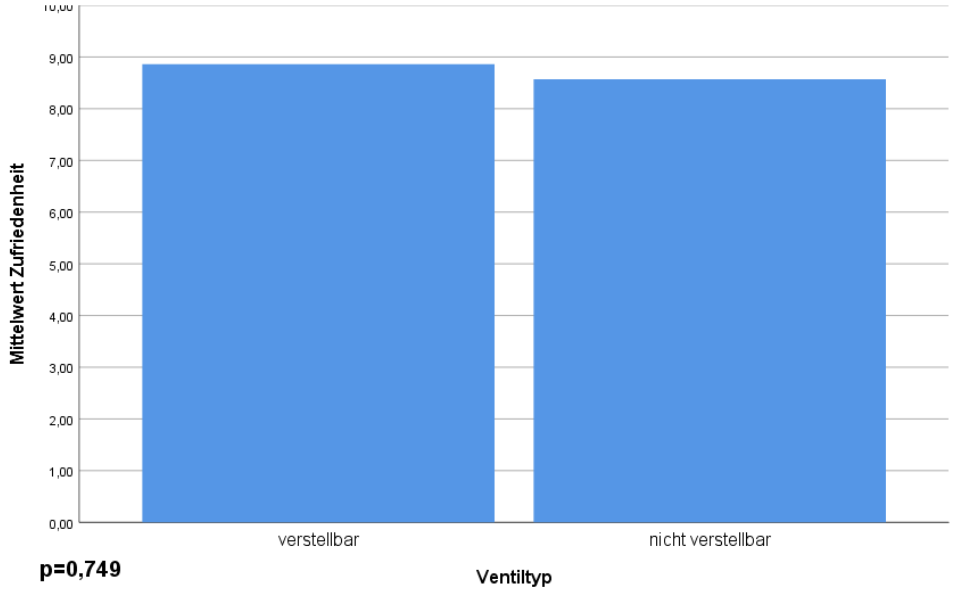


Abb. 100: Graphische Darstellung der Verteilung der Mittelwerte der Zufriedenheit auf die verschiedenen Ventiltypen der 30 befragten Patienten

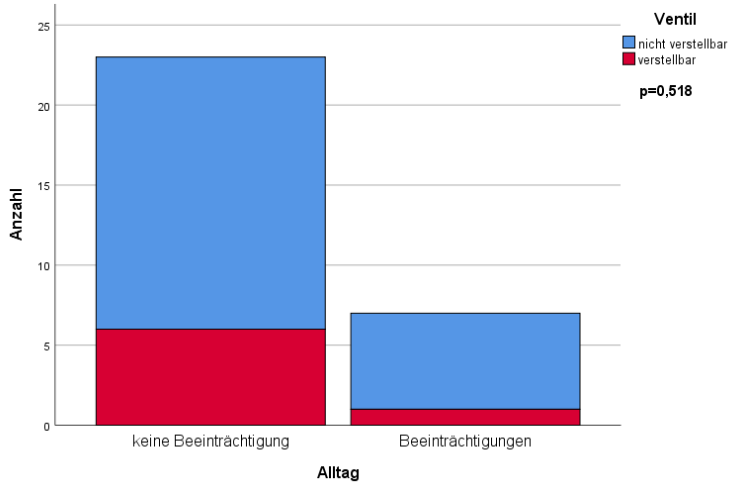


Abb. 101: Graphische Darstellung der Verteilung der Ventiltypen auf die Beeinträchtigung im Alltag der 30 befragten Patienten

76,7% (n=23) gaben an keine Beeinträchtigung im Alltag zu erleben (Abb. 101). Davon waren 73,9% (n=17) aus der Gruppe der nicht verstellbaren und 85,7% (n=6) aus der Gruppe der verstellbaren Ventile. Das Ergebnis war nicht signifikant (p=0,518).

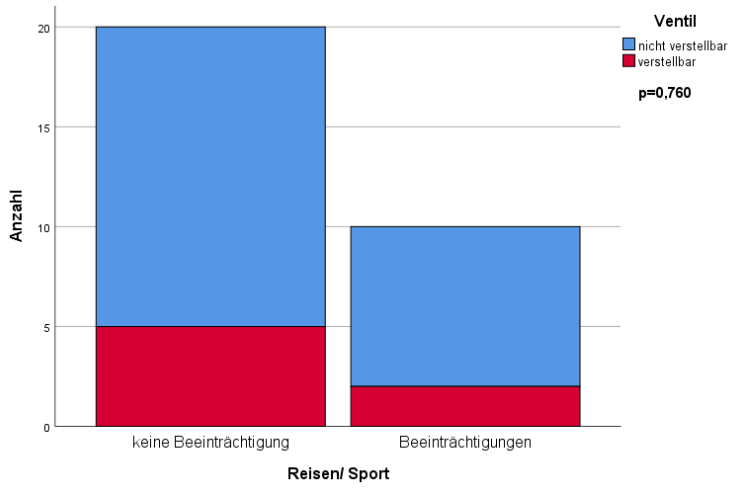


Abb. 102: Graphische Darstellung der Verteilung der Ventiltypen auf die Beeinträchtigung im Sport und auf Reisen der 30 befragten Patienten

Bezüglich der Beeinträchtigungen durch Sport oder Reisen reduzierte sich der Gesamtanteil auf 66,7% (n=20) (Abb. 102). Nur noch 65,2% (n=15) der nicht verstellbaren und 71,4% (n=5) der verstellbaren Ventile waren unbeeinträchtigt. Die Ergebnisse unterschieden sich auch hier nicht signifikant (p=760).

In der Gruppe der nicht verstellbaren Ventile gaben 52,2% (n=12) an, sich meistens ruhig und entspannt zu fühlen (Abb. 103). 47,8% (n=11) waren meistens gut gelaunt und 43,5% (n=10) waren in mehr als der Hälfte der Zeit dynamisch. 30,4% (n=7) waren meistens aktiv und ausgeruht, aber auch in mehr als der Hälfte der Zeit gut gelaunt. 4,3% (n=1) waren immer entspannt. Der gleiche Prozentsatz war aber auch nur manchmal aktiv, entspannt, gut gelaunt und erlebte im Alltag viele interessante Dinge. Ein Patient gab sogar an sich nie dynamisch und ausgeruht zu fühlen.

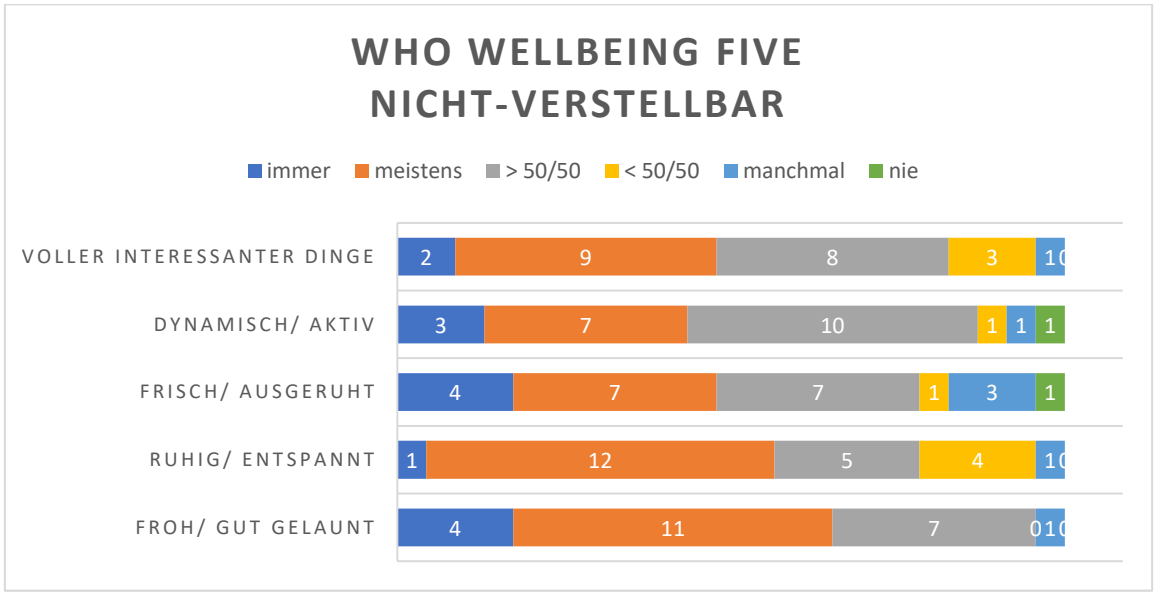


Abb. 103: Graphische Auswertung des WHO Wellbeing Five Fragebogens der 23 befragten Patienten mit nicht verstellbaren Ventilen

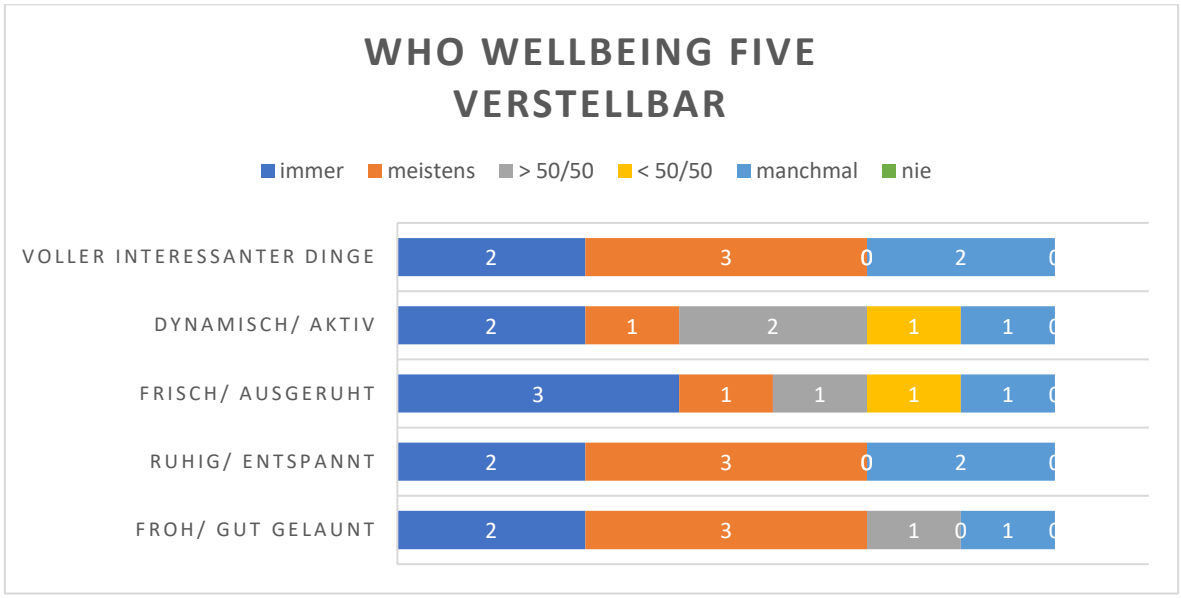


Abb. 104: Graphische Auswertung des WHO Wellbeing Five Fragebogens der 7 befragten Patienten mit verstellbaren Ventilen

In der Gruppe der verstellbaren Ventile waren 42,9% (n=3) der Patienten immer ausgeruht, meistens entspannt, gut gelaunt und erlebten meistens interessante Dinge im Alltag (Abb. 104). 28,6% (n=2) waren immer aktiv, entspannt und gut gelaunt und erlebten immer interessante Dinge im Alltag. Ebenfalls 28,6% (n=2) fühlten sich nur manchmal entspannt und erlebten nur manchmal interessant Dinge im Alltag. Jeweils ein Patient (14,3%) gab an sich nur manchmal dynamisch, ausgeruht und gut gelaunt zu fühlen.

Die maximale Punktzahl wurde von lediglich 4,3% (n=1) der nicht verstellbaren und 28,6% (n=2) der verstellbaren Ventile erreicht (Abb. 105). Die Schwelle von weniger als 13 Punkten unterschritten 12,9% (n=3) der nicht verstellbaren und 28,6% (n=2) der verstellbaren Ventile. Die Analyse zeigte kein signifikantes Ergebnis (p=0,445).

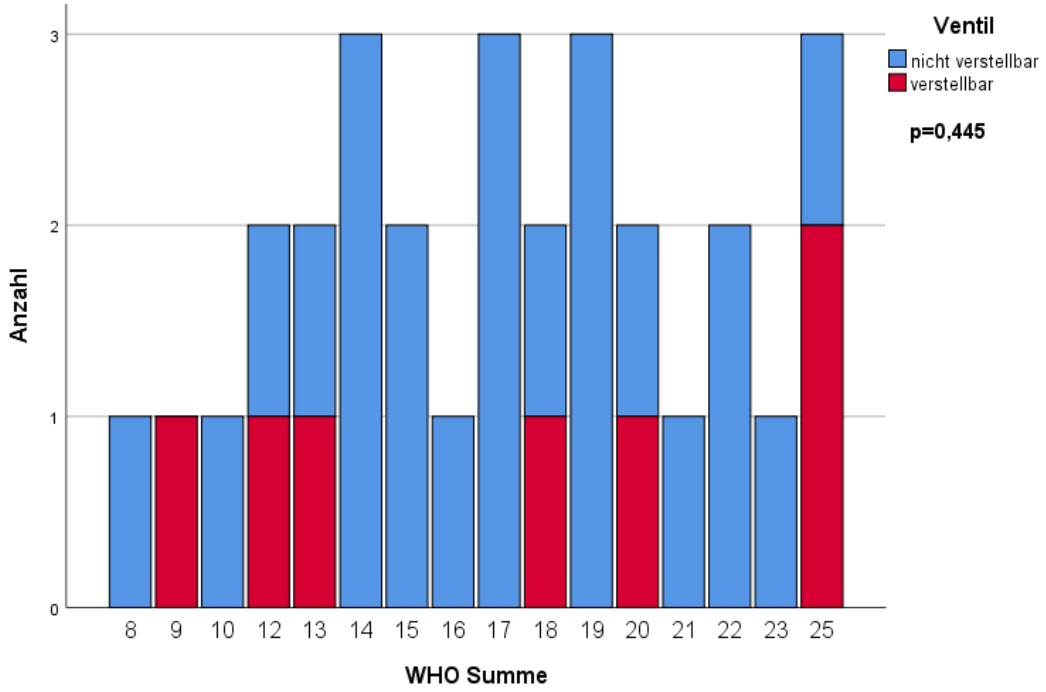


Abb. 105: Graphische Darstellung der Verteilung der Ventiltypen auf die Summe des WHO Fragebogens der 30 befragten Patienten

Eine Auswertung der Mittelwerte des WHO-Fragebogens in Abhängigkeit der Ventiltypen lieferte kein signifikantes Ergebnis (p=0,820) (Abb. 106). Allerdings zeigte sich auch hier wieder leicht bessere Werte für die Gruppe der verstellbaren Ventile.

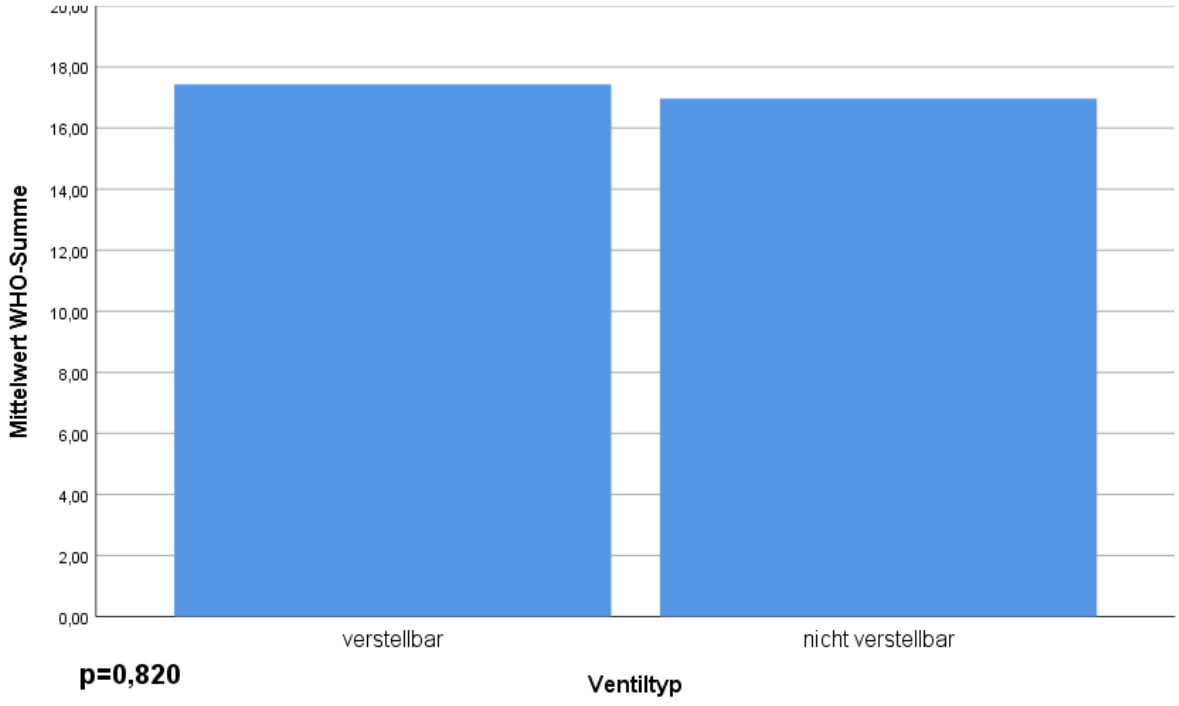


Abb. 106: Graphische Darstellung der Verteilung der Mittelwerte der Summe des WHO-Fragebogens auf die verschiedenen Ventiltypen der 30 befragten Patienten

4 Diskussion

4.1 Patientenkollektiv

Insgesamt wurden 81 Patienten (43 männlich und 38 weiblich) im Schnitt 226 Monate (18,8 Jahre) beobachtet. Das entsprach einem Minimum von 108 Monaten (9 Jahren) und einem Maximum von 441 Monaten (36,7 Jahre). Daraus isolierte sich die Gruppe der Frühgeborenen mit insgesamt 35 Probanden (16 männlich und 19 weiblich). Das Geschlecht als Risikofaktor für den Hydrocephalus konnten wir entgegen der Feststellungen von Jeng (2011) und Munch (2014) nicht bestätigen (16, 18). So zeigte eine Analyse mittels Kaplan-Meier-Überlebenskurven in beiden Kollektiven kein signifikant besseres Überleben in Abhängigkeit vom Geschlecht (p=0,990 Abb. 36 und FG p=0,954 Abb. 46). Auch die Anzahl der Patienten war annährend gleich auf die Geschlechter verteilt.

Oben genannte Autoren identifizierten auch die Frühgeburtlichkeit und das damit verbundene niedrige Geburtsgewicht als Risikofaktoren für den Hydrocephalus (16, 18). So lag bei unserer Studie der Anteil an Frühgeborenen bei 43,2% (35 Patienten) und damit weit über den im Jahr 2016 vom Bundesverband „Das frühgeborene Kind“ e.V. angegebenen 8,6% in Deutschland, sodass wir diesen Risikofaktor bestätigen konnten.

Bis zum 31.12.2018 wurden 59 der 81 erfassten Kinder (72,8 %) mindestens einmal aufgrund einer Fehlfunktion des Shuntsystems operiert. Insgesamt wurden 226 Ventile (124 bei männlichen, 102 bei weiblichen Patienten) in ihrem Verlauf beobachtet, wovon 146 Ventile (81 bei männlichen, 65 bei weiblichen Patienten) revidiert werden mussten. Daraus resultierten 1,8 Revisionen pro Patienten. Unter den 59 Patienten mit mindestens einer Revision waren 26 von 35 Frühgeborenen (74,3 %). Somit waren es 102 beobachtete Ventile (48 bei männlichen, 54 bei weiblichen Patienten) in der Gruppe der Frühgeborenen. 68 Ventile (32 bei männlichen, 36 bei weiblichen Patienten) mussten letzten Endes ersetzt werden, sodass sich 1,9 Revisionen pro frühgeborenem Patienten ergaben. Bezüglich der Revisionen lagen unsere Ergebnisse im Bereich der in der Literatur beschriebenen Werte von 1,4-2,6 Revisionen (75-77).

4.1.1 Ätiologie

Als erster Analysepunkt galt es die Ätiologie des Hydrocephalus und die mögliche Beeinflussung dadurch zu beleuchten. In dieser Arbeit war sowohl im Gesamtkollektiv, als auch in der daraus isolierten Kohorte der Frühgeborenen der posthämorrhagische am häufigsten. Unter den Frühgeborenen stellte er sogar einen Anteil von über 80% (Abb. 10). Diese Zahlen ließen sich auch mit der Literatur bestätigen. Sowohl Fernell (1994), als auch Persson (2007) zeigten, dass durch die verbesserten medizinischen Möglichkeiten die Zahl an überlebenden Frühgeborenen und somit die Häufigkeit des posthämorrhagischen Hydrocephalus deutlich zugenommen hat (17, 78). Ebenfalls wird ein deutlicher Zusammenhang zwischen dem Auftreten eines Hydrocepahlus und dem Vorhandensein einer Meningomyelocele in der Literatur beschrieben (26, 27). Sodass es nicht verwunderlich ist, dass als zweit häufigste Ätiologie der Hydrocephalus bei Meningomyelocele auftrat, gefolgt vom kongenitalen Hydrocephalus (Abb. 9, 10).

Wie bereits einleitend von Murphy (2002), de Vries (2002) und Vassilyadi (2009) dargelegt, zeigte sich eine Frühgeburtlichkeit und die damit verbundenen gehäuften intrakraniellen Blutungen aufgrund von Unreife als Risikofaktor für das Auftreten eines Hydrocephalus (35, 38, 39). Diesen Aspekt konnten wir in einer Gegenüberstellung der Ätiologie mit der Frühgeburtlichkeit mit einem signifikanten Ergebnis ($p<0,001$) bestätigen. Es zeigte sich eine deutliche Häufung des posthämorrhagischen Hydrocephaluses in der Gruppe der Frühgeborenen (Abb. 11).

So sehr die Ätiologie auch das Auftreten eines Hydrocephalus beeinflusst, eine Auswirkung auf das Auftreten einer Revision konnten wir nicht zeigen. In einer Kreuztestung dieses Sachverhaltes ergab sich im Gesamtkollektiv ein p-Wert von p=0,784 (Abb. 37) und bei den Frühgeborenen von p=0,568 (Abb. 47). Im Jahr 2002 schrieb Mc Grit: „Die Ätiologie des Hydrocephalus war kein unabhängiger Einflussfaktor für das Shuntversagen“ (79). Ebenso zeigten Robinson (2002) und Shannon (2012), dass die Ätiologie keinen Einfluss auf das Shuntüberleben nahm (76, 80). Auch in den von uns durchgeführten Analysen mittels Kaplan-Meier-Kurven zeigten sich weder bei den Primäroperationen, noch bei den Revisionsoperationen, signifikante Unterschiede im Shuntüberleben in Abhängigkeit von der Ätiologie des Hydrocephalus (Abb. 12, 19 und 38, 48). Dem gegenüber postulierte Simon im Jahr 2012: „Das Vorhandensein einer intraventrikulären Blutung ist mit einer erhöhten Chance der nachfolgenden Shuntoperationen innerhalb 12 Monaten nach Shuntanlage assoziiert“ (81). Dieses Ergebnis kam durch einen Vergleich des posthämorrhagischen Hydrocephalus mit dem Hydrocephalus bei Aquäduktstenose zustande.

4.1.2 Patientenalter bei primärer Shuntanlage

Als nächstes war das Alter der Patienten bei primärer Shuntanlage als möglicher Risikofaktor für Revisionen von Interesse. Während des gesamten Beobachtungszeitraums von bis zu 25 Jahren war kein signifikanter Unterschied zu erheben (p=0,308), allerdings zeigte sich graphisch ein deutlich besseres Überleben für die Gruppe der bis 60 Tage alten Patienten in den ersten 10 Jahren (Abb. 13). Außerdem zeigte sich hier insgesamt der niedrigste Anteil an nötigen Revisionen. Das schlechteste Shuntüberleben zeigte die Gruppe der über 100 Tage alten Patienten. In der Literatur (Robinson 2002, McGrit 2002, Shannon 2012) wurde immer wieder ein junges Patientenalter bei Shuntanlage als Risikofaktor für Revisionen postuliert (76, 79, 80). Im Vergleich dazu konnten wir andeuten, dass eine sehr frühe Implantation (<30 Lebenstage) und ein zu langes Warten (>100 Lebenstage) ein schlechteres Überleben des ersten Shuntsystems zeigten, als eine Implantation in den ersten 60 Lebenstagen. In der Kohorte der Frühgeborenen verhielt es sich ähnlich. Auch hier konnte kein signifikantes Ergebnis erzielt werden (p=0,190), allerdings zeigte sich auch hier graphisch ein deutlicher Trend (Abb. 20). Eine Implantation des Shuntsystems nach dem 30. aber vor dem 60. Lebenstag zeigte ebenfalls das beste Shuntüberleben. Zudem waren nach dieser Zeit immer noch 40,0% der Patienten ohne Revision. Einen Unterschied stellte hier die Gruppe der über 100 Tage alten Patienten dar. Diese zeigte entgegen des Gesamtkollektivs hier ein deutlich besseres Überleben des Shuntsystems, was auf eine nötige Reifung des Frühgeborenen vor der Implantation hinweisen kann.

4.1.3 Ventiltypen

Als weiterer Risikofaktor für Revisionen kam der Ventiltyp in Frage. Bei der Auswertung der Primäroperationen konnte keine spezifische Zuordnung eines Ventiltyps zu einer bestimmten Ätiologie ermittelt werden (Abb. 15, p=0,875; FG Abb. 22, p=0,373). Das ließ eine uneinheitliche Entscheidungsfindung bezüglich der Ventilwahl, abhängig von den Erfahrungswerten der einzelnen Operateure, annehmen.

Autor	Studientyp	ShuntÜL 1 Jahr %	ShuntÜL 2 Jahre %	VenilÜL 1 Jahr %	VentilÜL 2 Jahre %	Patienten-zahl	Ventiltyp	Patienten-kollektiv
Drake et al, 1998 (58)	Multizentrisch, randomisiert	61	47			3444	Delta, Orbis-Sigma	pädiatrisch
Pollack et al, 1999 (82)	Multizentrisch, randomisiert		48			194	Codman Hakim	Kinder und Erwachsene
Robinson et al, 2002 (76)	Retrospektiv, monozentrisch	52	48			158	Differential-druckventile	pädiatrisch
Zemack et al, 2003 (83)	Retrospektiv, monozentrisch	60	47			158	Codman Hakim	pädiatrisch
Meling et al, 2005 (84)	Prospektiv, monozentrisch	53	45			32	PaediGAV	pädiatrisch
Eymann et al, 2007 (85)	Prospektiv, monozentrisch	75	68			55	PaediGAV	pädiatrisch
Rhode et al, 2009 (86)	Prospektiv, monozentrisch		75			53	proGAV	pädiatrisch
Sprung et al, 2010 (55)	Prospektiv, multizentrisch	83		91		144	proGAV	Kinder und Erwachsene
Thomale et al, 2013 (87)	Retrospektiv, monozentrisch	75	66	87	85	203	proGAV	pädiatrisch
Gebert et al, 2016 (88)	Retrospektiv, monozentrisch	69		78		93	proGAV	pädiatrisch
Sokratous et al, 2020 (89)	Retrospektiv, monozentrisch	63	59	88	86	235	PaediGAV	pädiatrisch

Tab. 42: Literaturübersicht der verschiedenen Shunt- und Ventilüberlebensraten

Die Analysen des Shuntüberlebens in Anhängigkeit vom Ventiltyp mittels Kaplan-Meier-Kurven lieferten weder in Bezug auf das erste implantierte System (p=0,351, Abb. 16) oder implantierte Ventil (p=0,366, Abb. 17), noch in Bezug auf alle beobachteten Shuntsysteme (p=0,130, Abb. 40) oder beobachteten Ventile (p=0,304, Abb. 41) signifikante Ergebnisse. Dennoch ließen sich die Auswertungen mit obenstehender Literatur vergleichen. So zeigte sich in unserer Studie ein ähnliches Shuntüberleben von 71,1% bzw. 60,5% nach 12 bzw. 24 Monaten für das PaediGAV, sowie 67,9% bzw. 62,8% für das proGAV (Tab. 17). Bereits Pollack (1999) und später auch Eymann (2007) konnten nachweisen, dass das Überleben des Shuntsystems abhängig vom Zeitpunkt der Operation ist. Beide zeigten ein verkürztes Überleben für Systeme, die bei einer Revision eingebracht wurden, im Vergleich zu den Systemen, die bei der primären Operation implantiert wurden. (82, 85) Aus diesem Zusammenhang geht eine Erklärung für das schlechte Abschneiden der proGAV in unserer Studie hervor. Alle beobachteten Ventile wurden erst im Verlauf implantiert, sodass es kein proGAV als primäres Ventil zu beobachten gab. Auch in dieser Arbeit zeigte sich bei dem langen Beobachtungszeitraum von 10 Jahren ein verbessertes Überleben der PaediGAV, die bei primärer Operation verwendet wurden (35,2%), gegenüber denen, die bei Revisionsoperationen benutzt wurden (29,5%). Nicht nur das Shuntüberleben ließ sich mit oben genannter Literatur vergleichen. Auch unsere Analyse bezüglich des Ventilüberlebens lieferte

vergleichbare Ergebnisse. So ergaben sich für die PaediGAV ein Ventilüberleben nach 12 bzw. 24 Monaten von 87,6% bzw 80,7%. Für die proGAV waren es jeweils 84,5% nach 1 bzw 2 Jahren (Tab. 18). Wohingegen Sprung 2010 ein deutlich besseres Shunt- und Ventilüberleben des proGAV im Vergleich zu allen anderen Studien zeigte. Der Anteil an pädiatrischen Patienten betrug hier allerdings lediglich 12%. Aus dieser Studie geht hervor, dass die Komplexität des Hydrocephalus im Kindesalter, sowohl durch die Entwicklung der Kinder mit der Zeit als auch durch die Erkrankung selbst, entscheidend das Shuntüberleben beeinflussen kann.

Die Untergruppe der Frühgeborenen wies ähnliche Werte auf. Durch die Ausreißer der Pro Medics Ventile mit einer lediglich nur sehr geringen Anzahl am Gesamtkollektiv ergaben sich in dieser Kohorte bei der Auswertung der Kaplan-Meier-Kurven allerdings fälschlicherweise signifikante Ergebnisse. Dennoch kann man für das PaediGAV bei Primäroperation ein 1- bzw. 2-Jahres-Shuntüberleben von 57,1% bzw. 42,9% (p=0,068, Abb. 23, Tab. 10) und für die Gesamtheit aller beobachteten PaediGAV ein Überleben von 66,9% bzw. 62,8% angeben (p=0,028, Abb. 50, Tab. 26). Somit ergaben sich für die Frühgeborenen schlechtere Ergebnisse als für das Gesamtkollektiv, was erneut die Frühgeburtlichkeit als Risikofaktor hervorhebt. In Bezug auf das proGAV zeigte sich allerdings bei den Frühgeborenen ein besseres Shuntüberleben von 68,2% in den ersten 12 und auch in den ersten 24 Monaten (Abb. 50). Aufgrund der geringen Anzahl von 22 beobachteten Ventilen ist hier allerdings trotz signifikanter Ergebnisse keine verlässliche Aussage über den möglicherweise bestehenden Vorteil bei Frühgeborenen zu treffen.

Aufgrund der fehlenden Signifikanz der bisherigen Analysen erfolgte deshalb eine Einteilung der Ventile in die Gruppen mit Delta-Einheit oder mit gravitationsgesteuerter Einheit. Sowohl im Gesamtkollektiv (p=0,030, Abb. 42) als auch in der Gruppe der Frühgeborenen (p=0,024, Abb. 52) ergaben sich signifikante Ergebnisse für das Shuntüberleben. Die Ventile mit Delta-Einheit zeigten ein 1- bzw. 2-Jahres-Shuntüberleben von 82,4% bzw. 77,0% im Gesamtkollektiv und 83,3% bzw. 83,3% bei den Frühgeborenen. Bei den gravitationsgesteuerten Ventilen waren es lediglich 69,9% bzw. 61,2% im Gesamtkollektiv und 67,5% bzw. 60,5% bei den Frühgeborenen (Tab. 20, 29). Allerdings muss hierbei berücksichtigt werden, dass die gravitationsgesteuerten Ventile erst zu einem späteren Zeitpunkt entwickelt wurden und deshalb der Beobachtungszeitraum aufgrund dessen und somit das Shuntüberleben kürzer ausfallen. Zudem wurde ein Großteil dieser Ventile bei Revisionsoperationen eingesetzt, was ebenfalls die Überlebenszeit minimiert. Außerdem zeigte sich, dass in der Delta-Gruppe 66,7% der Shuntsysteme revidiert werden mussten. In der Gruppe der gravitationsgesteuerten Ventile waren es lediglich 62,9%.

Als letzte Unterscheidung der Ventiltypen war die Möglichkeit der Verstellbarkeit, insbesondere im Hinblick auf die immer wieder auftretende Über- und Unterdrainage, von Bedeutung. Hier zeigte sich im Shunt- und im Ventilüberleben sowohl im Gesamtkollektiv (Shunt p=0,743, Ventil p=0,830) als auch bei den Frühgeborenen (Shunt p=0,256, Ventil p=0,297) kein signifikanter Unterschied (Abb. 44, 45 und 54, 55). Allerdings darf man den deutlichen graphischen Unterschied nicht außer Acht lassen. Hierbei zeigte sich eine deutliche Überlegenheit des verstellbaren proGAV. Das 5-Jahres-Shuntüberleben betrug im Gesamtkollektiv 55,8%, bei den Frühgeborenen sogar 62,0%. Auf das Ventilüberleben bezogen ergaben sich noch bessere Werte. So ergab sich für das Gesamtkollektiv ein Ventilüberleben für die proGAV nach 5 Jahren von 79,8%, bei den Frühgeborenen sogar von 82,6%. Dem gegenüber stehen die nicht verstellbaren Ventile mit einem 5-Jahres-Shuntüberleben von 48,5% und einem Ventilüberleben von 75,1% und bei den Frühgeborenen ein Shuntüberleben von 38,4% und ein Ventilüberleben von 64,5%. Wie schon oben bei den gravitationsgesteuerten Ventilen erwähnt, ist auch hier der kürzere Beobachtungszeitraum aufgrund der neuen Technologie ein möglicher Grund für das statistisch schlechte Abschneiden. Bei den absoluten Zahlen ließ sich deutlich zeigen, dass das proGAV deutlich

weniger Revisionen bedurfte. Im Gesamtkollektiv waren es 59,1% und bei den Frühgeborenen waren es sogar 63,6% ohne Revision. Wohin gegen bei den nicht verstellbaren Ventilen lediglich ungefähr ein Drittel ohne Revision auskam. Diese abschließende Auswertung macht deutlich, dass insbesondere die gravitationsgesteuerten Ventile und hier im Besonderen die verstellbaren Formen weitere Untersuchungen benötigen um bei Erstimplantation und einem ähnlich langem Beobachtungszeitraum, wie bei den älteren Ventiltypen, eine mögliche Überlegenheit zu zeigen. Unsere Studie lässt dies zum aktuellen Zeitpunkt nur vermuten. In der Literatur sind derartiger Vergleiche nicht vorbeschrieben, sodass unsere Daten aktuell in keinen Kontext einzuordnen sind. Allerdings zeigten die Ventilgruppen ähnliche Überlebenszeiten, wie auch für die einzelnen Ventile, sodass von einer verlässlichen Analyse auszugehen ist.

4.1.4 Revisionsgründe

Abschließend waren auch die Ursachen der Revisionen von Bedeutung. In beiden Kohorten war am häufigsten eine Ventildysfunktion des Systems ursächlich, gefolgt von der Diskonnektion, sowohl peripher als auch zentral, und der Obstruktion. Infektionen traten nur in sehr wenigen Fällen auf. Diese traten bei den Primäroperationen aber mit einem signifikanten Unterschied von $p<0,001$ bzw. in der Gruppe der Frühgeborenen mit $p=0,034$ am frühsten von allen Komplikationen auf (Abb. 18, 25). Ebenso verhielt es sich bei den Revisionsoperationen. Hier zeigte sich im Gesamtkollektiv ein p-Wert von $p<0,001$ und bei den Frühgeborenen von $p=0,047$ (Abb. 39, 49). Im Durchschnitt wurden die Patienten bereits nach wenigen Monaten aufgrund einer Infektion revidiert. Wohingegen die periphere Diskonnektion durchschnittlich nach 9,6 Jahren im Gesamtkollektiv und nach 8,4 Jahren bei den Frühgeborenen bei den Primäroperationen am spätesten zu einer Revision führte. Bei der Analyse aller beobachteter Ventile waren es durchschnittlich 5,8 Jahre und bei den Frühgeborenen 6,2 Jahre bis zur Revision aufgrund einer peripheren Diskonnektion. Dieses späte Auftreten dieser Komplikation lässt sich durch das Wachstum der Kinder erklären. Durch Verwachsungen entsteht mit der Zeit Zug auf dem Katheter, was zu einer Diskonnektion führen kann. In der Literatur wurde die Obstruktion als häufigste Komplikation angeführt (58, 61-63). Eine Diskrepanz zu unseren Ergebnissen bezüglich der Häufigkeiten ließ sich auf die uneinheitliche Dokumentation der Komplikationen in den Patientenakten zurückführen. Oft wurde eine Ventildysfunktion als allgemeiner Grund eines Shuntversagens notiert, ohne die genaue Ursache zu benennen, wodurch eine falsch große Zahl an vermeintlichen Ventildysfunktionen entstand. Im Hinblick auf die Infektionen konnten wir die bisher bestehende Meinung einer Infektion als seltene Ursache mit unserer Studie bestätigen (58, 62, 63, 66-69). Auch ein frühzeitiges Auftreten innerhalb der ersten Monate wurde bereits 1992 von Choux beschrieben (90). Im Jahr 2001 schrieb Kulkarni ebenfalls: „Die mittlere Zeit bis zu einer Revision aufgrund einer Infektion betrug 36 Tage (4-177 Tage)“ (91).

Neben der Dauer bis zum Auftreten einer Revision aufgrund der verschiedenen Revisionsgründe war auch ein möglicher Zusammenhang mit der Ätiologie des Hydrocephalus von Interesse. So beschrieb McGrit 2002: „Die Ätiologie des Hydrocephalus war nicht mit einem bestimmten Mechanismus des Shuntversagens assoziiert“ (79). Dieselbe Einschätzung lieferte unsere Kreuztestung des Revisionsgrundes mit der Ätiologie. Sowohl im Gesamtkollektiv ($p=0,887$), als auch bei den Frühgeborenen ($p=0,667$) zeigten sich keine signifikanten Unterschiede (Abb. 29, 34).

Als letzten Punkt der Analyse der Shuntsysteme galt es zu prüfen, ob ein bestimmter Revisionsgrund gehäuft bei einem bestimmten Ventiltyp auftrat. Die hierfür verwendete Kreuztabelle zeigte mit $p=0,328$ im Gesamtkollektiv und $p=0,568$ bei den Frühgeborenen kein signifikantes Ergebnis (Abb. 30, 35).

4.2 Patientenbefragung

Den zweiten großen Bestandteil unserer Studie stellte die Patientenbefragung bezüglich der Entwicklung, der Kopfschmerzsymptomatik, der subjektiven Zufriedenheit mit dem Shuntsystem und der Lebensqualität mittels Fragebogen dar. Insgesamt 30 Patienten nahmen an dieser Erhebung teil.

4.2.1 Entwicklung

Wie bereits einleitend erwähnt, zeigten viele der jungen Menschen mit Hydrocephalus keine vollkommen altersentsprechende Entwicklung. Eine Regelschule wurde zu 43,3%, eine Behindertenschule zu 30,0%, eine Förderschule zu 23,3% und keine Schule zu 3,3% besucht. Verglichen mit den Angaben in der Literatur, laut der 42-60% eine normale Schule, etwas mehr als ein Drittel eine Förderschule und 6-9% keinerlei Schule besuchten, konnten wir die Daten bestätigen (78, 92-94). Lediglich der Anteil an Patienten ohne schulische Ausbildung war in unserer Studie geringer. Dies ist möglicherweise auf das freiwillige Ausfüllen des Fragebogens zurückzuführen, da insbesondere Familien teilnahmen, deren Kinder an geringeren Beeinträchtigungen im Alltag litten. Familien mit schwerst kranken Kindern lehnten die Teilnahme an der Befragung zum Teil bereits von vorn herein ab. In Bezug auf die Entwicklung konnten wir auch die vorbeschriebene, öfters auftretende geistige Beeinträchtigung mit unserer Auswertung zeigen. So waren 46,7% motorisch, aber 63,3% kognitiv beeinträchtigt. In der Literatur fanden sich hierzu Werte von 35-55% für eine kognitive Störung und 30-73% für eine motorische Störung (78, 92-94). In unserer Studie zeigte sich außerdem lediglich ein Anteil von 50,0% ohne Epilepsie, allerdings waren nur 10,0% trotz Therapie weiterhin von Anfällen betroffen. Der Anteil an Epilepsiepatienten war in unsere Studie am oberen Ende der in der Literatur beschrieben Werte von 14-52 % (78, 92-95). Dies lässt sich möglicherweise durch den nicht ganz einheitlichen Gebrauch der Definitionen Anfälle und Epilepsie erklären.

Die schulische Entwicklung bezogen auf die Ätiologie des Hydrocephalus ergab einen signifikanten Unterschied (p=0,013). 77,8% der Probanden, die eine Behindertenschule besuchten, litten an einem posthämorrhagischen Hydrocephalus (Abb. 56). Bereits 1998 beschrieb Hoppe-Hirsch einen negativen Zusammenhang zwischen dem IQ und dem Vorhandensein eines Hydrocephalus aufgrund einer Blutung (94). Auch Heinsbergen postulierte 2002: „Die peri- oder postnatale Blutung stellt einen wichtigen Risikofaktor für ein schlechtes Outcome dar“ (96). Wohingegen 83,3% der Patienten mit kongenitalem Hydrocephalus in unserer Studie eine Regelschule besuchten. Ähnliche Ergebnisse postulierten Hoppe-Hirsch und Heinsbergen. Kutscher beschrieb 2015 eine größere Beeinträchtigung der Patienten mit Blutung als mit Aquäduktstenose (97). Eine Analyse der motorischen Entwicklung zeigte, dass 100% der Patienten mit Hydrocephalus bei Meningomylocele auf den Rollstuhl im Alltag angewiesen waren (Abb. 58). So wurde in der Literatur auch ein geringerer Anteil an Selbstständigkeit und Aktivität bei diesen Patienten beschrieben (98), sowie eine deutlich größere motorische Beeinträchtigung (99). Bei unserer Studie zeigte sich allerdings kein signifikanter Unterschied für diese Beobachtung (p=0,121, Abb. 58). 57,1% der Patienten mit einem posthämorrhagischen Hydrocephalus wiesen eine Epilepsie auf, 14,3% darunter waren trotz Therapie nicht anfallsfrei (Abb. 59). Bereits 1998 beschrieb Klepper ein gehäuftes Auftreten von Epilepsie bei Patienten mit Hirnblutung (100). Auch eine spätere Studie von Schubert aus dem Jahr 2019 konnte dies bestätigen (95). Das Auftreten einer Epilepsie verteilte sich in unsere Analyse allerdings nicht signifikant auf die verschiedenen Ätiologien des Hydrocephalus (p=0,636, Abb. 59). Sowohl die Analyse zur motorischen Entwicklung, als auch zum Vorhandensein einer Epilepsie konnten keine signifikanten Ergebnisse liefern. Dies liegt am ehesten an der geringen Teilnehmerzahl. Dennoch lässt sich eine deutliche Tendenz erkennen.

Die Entwicklung der Probanden wurde auch in Abhängigkeit von der Revisionszahl untersucht. So zeigte bereits Kulkarni 2007, dass sowohl eine schlechtere kognitive als auch körperliche Entwicklung

mit verlängerten Krankenhausaufenthalten in Zusammenhang gebracht werden konnte (101). Kao konnte 2001 zwar eine Reduktion des IQs in Abhängigkeit von der Revisionszahl erkennen, die Daten ergaben allerdings keinen signifikanten Unterschied (99). Eine kognitive Verschlechterung aufgrund häufiger Revisionen konnte Khan allerdings im Jahr 2017 nachweisen (102). In unserer Studie ließ sich kein statistischer Zusammenhang zwischen Revisionszahl und geistiger Entwicklung herstellen (Abb. 61). Allerdings zeigte sich, dass die Kinder mit nur einer Revision sich altersentsprechend, allenfalls verzögert geistig entwickelten. Wohingegen nur ein Kind mit mehr als 2 Revisionen eine normale Entwicklung durchlief, der Rest zeigte mindestens eine Teilleistungsschwäche (p=0,308, Abb. 61). Die Analyse der motorischen Entwicklung lieferte allerdings signifikante Ergebnisse (p=0,041, Abb. 62). Alle Probanden mit nur einer Revision zeigten eine altersentsprechende Entwicklung. Anders bei den Probanden mit mehr als 2 Revisionen, hier entwickelte sich nur ein Fall altersentsprechend, die weiteren zeigten Einschränkungen. In Bezug auf die Epilepsie konnten sowohl Schubert (2019), als auch Heinsbergen (2002) nachweisen, dass die Anzahl der Revisionen mit einem erhöhten Risiko für Epilepsie und epileptische Anfälle einhergeht (95, 96). Heinsbergen schrieb hierzu: „Patienten mit mehr als 2 Revisionen scheinen eine höhere Chance für die Entwicklung von Anfällen zu haben." In unserer Studie zeigte sich jedoch kein Zusammenhang (p=0,816, Abb. 63). Die Anzahl der Revisionen verteilte sich ohne signifikanten Unterschied auf das Auftreten einer Epilepsie. Ein Grund hierfür kann die geringe Teilnehmerzahl von n=30 darstellen, zudem ist der Anteil an Patienten mit Epilepsie in unserer Kohorte allgemein eher hoch. Insgesamt muss man auch berücksichtigen, dass die Anzahl der Revisionen als Indikator für die Komplexität der Erkrankung und für möglicherweise zusätzliche Komorbiditäten gesehen werden kann und dieser Punkt lässt sich unmöglich in Studien ausreichend abbilden.

Eine Analyse der Entwicklung bezogen auf die Möglichkeit der Verstellbarkeit des Shuntsystems zeigte keine signifikanten Ergebnisse. Als grobe Orientierung kann genannt werden, dass 71,4% der Patienten mit einem verstellbaren Ventil eine Regelschule besuchten, wohingegen nur 34,8% der Patienten ohne verstellbares System diese besuchten (p=0,386, Abb. 64). In der motorischen Entwicklung zeigten sich ähnliche Ergebnisse, wenn auch nicht so ausgeprägt. Hier waren es ebenfalls 71,4% der Patienten mit verstellbarem Ventil, die eine altersentsprechende Motorik entwickelten. In der Gruppe der nicht-verstellbaren Ventile waren es immerhin 47,8% (p=0,399, Abb. 66). Auch in Bezug auf die Epilepsie lässt sich nur ein möglicher Trend angeben (p=0,359). Eine therapierefraktäre Epilepsie zeigte sich nur bei nicht verstellbaren Ventilen (Abb. 67). Allerdings war die Gruppengröße zu unterschiedlich (n=7, n=23) um verlässliche Aussagen treffen zu können, dennoch lässt sich eine mögliche Überlegenheit der verstellbaren Ventile vermuten. In der Literatur wurde die Entwicklung von Kindern unter Berücksichtigung der möglichen Verstellbarkeit des Shuntsystems bisher nicht beobachtet.

4.2.2 Kopfschmerzsymptomatik

In unserer Studie erfolgte keine Einteilung nach verschiedenen Kopfschmerztypen, da insbesondere die Kopfschmerzsymptomatik bei Hydrocephaluspatienten im Vordergrund stand. Bei diesem speziellen Patientenkollektiv sind die Kopfschmerzen mitunter auch Ausdruck einer Ventildysfunktion und daraus resultierender Zunahme des Hirndrucks.

In der Literatur liegt die Prävalenz von Kopfschmerzen bei Kindern und Jugendlichen in der Normalbevölkerung bei 39-77,6% (103-106). Diese große Spannweite ergibt sich aus der Zunahme der Kopfschmerzprävalenz mit dem Alter der Kinder (106-108). So schrieb Bellini im Jahr 2013: „Die Prävalenz ist geschätzt bei 10-20% bei Schulkindern, mit einer progressiven Zunahme mit dem Alter, bis zu Werten von 27-32% im Alter von 13-14 Jahren in Anbetracht für monatliche Kopfschmerzen und 87-94% in Anbetracht für einmal jährliche Kopfschmerzen" (109). Als Ursache hierfür schrieb Straube 2013: „Daher sind externe Faktoren anzunehmen, da sich die genetische Matrix sicher nicht geändert hat.

Der zunehmende Zeitdruck mit Reduktion täglicher Freizeit (als tatsächliche regenerative Zeit), der hohe Leistungsdruck aus Schule und Familie und der hohe Sozialdruck aus Peergroup und Schule“ (110). In unserer Studie mit Shuntpatienten gaben insgesamt 23,3% an nicht an Kopfschmerzen zu leiden und bei weiteren 10,0% war eine Beurteilung der Situation aufgrund der Komplexität der Erkrankung nicht möglich. Daraus ergab sich ein Prozentsatz von 66,7% mit Kopfschmerzsymptomatik. Unter Berücksichtigung des Alters unserer Teilnehmer (11-36 Jahre) lässt sich auch bei uns eine höhere Prävalenz mit zunehmendem Alter vermuten. Außerdem lassen sich unsere Ergebnisse trotz eines speziellen Patientenkollektivs gut mit den Werten den oben genannten populationsbezogenen Studien vergleichen.

Die Häufigkeiten mit denen Kopfschmerzen bei Kindern und Jugendlichen auftreten, werden in der Literatur wie folgt angegeben: (105, 107, 111)

- Seltener als 1x/ Monat 26,7-28,5%
- 1x/ Monat 14,1-20,8%
- 1x/ Woche 6,8-16,7%
- Täglich 0,5%

In unserer Studie gaben 3,3% an täglich an Kopfschmerzen zu leiden, 16,7% litten 1x/ Woche und 10,0% 2x/ Monat an Kopfschmerzen. Der Großteil unsere Teilnehmer (36,7%) gab an noch seltener an Kopfschmerzen zu leiden. Somit lässt sich nicht nur die Prävalenz, sondern auch die Häufigkeit der Kopfschmerzen unseres speziellen Kollektivs gut mit der Normalbevölkerung vergleichen. Es zeigten sich nicht öfters Kopfschmerzen.

Bei Kröner-Herwig (2007) litten 30,8% der Befragten an Kopfschmerzen für 1-2 Stunden. Bei 28% war die Symptomatik kürzer. Eine Schmerzdauer von mehr als 2 Stunden wurde bei 72,6% der Migränepatienten und bei 25,7% der Spannungskopfschmerzpatienten angegeben. (106) In unserer Analyse gaben 20,0% an bis zu einer Stunde an Kopfschmerzen zu leiden, weitere 20,0% gaben an 2-4 Stunden an Symptomen zu leiden. Eine Schmerzdauer von bis zu einem Tag wurde sogar von 23,3% angeben. Lediglich ein Proband (3,3%) litt 2 Tage lang an Kopfschmerzen. Insgesamt gaben also 63,3% an gar nicht oder bis maximal 4 Stunden an Kopfschmerzen zu leiden. Eine längere Schmerzdauer scheint für Migränepatienten typischer zu sein. In unserem Patientenkollektiv erfolgte allerdings keine Unterscheidung der Kopfschmerzen. Dennoch besteht die Möglichkeit, dass der Anteil an Migränepatienten in der Gruppe der Hydrocephaluspatienten höher ist, was den großen Anteil von 23,3% mit einer Schmerzsymptomatik von bis zu einem Tag erklären kann.

Anhand der visuellen Analogskala wurde auch die Kopfschmerzintensität erfasst. Hierzu beschrieb Kröner-Herwig (2007) eine mittlere Intensität von 4,0 mit einer Standardabweichung von 1,78 (106). In unserer Studie lag der Mittelwert bei 3,7 mit einer Standardabweichung von 2,9. Neben der Häufigkeit entspricht somit auch die Intensität der Kopfschmerzen der Patienten mit Hydrocephalus der der Normalbevölkerung.

Begleitsymptome werden in der Literatur vor allem für die Migräne genannt. (106, 112, 113)

- Übelkeit und/ oder Erbrechen 37,1-62,6%
- Photophobie 45,9-81,5%
- Phonophobie 41,5-88,6%
- Verschlechterung durch Bewegung 47,2-92,3%

Die oben genannten Symptome treten auch, jedoch zu einem geringen Maß bei Kopfschmerzen nicht im Rahmen einer Migräne auf (106). Unabhängig vom Kopfschmerztyp gaben in unserer Auswertung jeweils 65,0% Photo- und Phonophobie an. Außerdem klagten 60,0% über Übelkeit und 35,0% über Erbrechen während einer Kopfschmerzattacke. 45,0% spürten eine Verschlechterung der Symptomatik

durch Bewegung. Ebenso viele bemerkten ein Flimmern vor den Augen (Abb. 68). Unsere Analyse deckt sich mit den in der Literatur vorbeschriebenen Begleitsymptomen. Auch hier sind viele Parallelen zur Migräne zu finden, sodass neben der Kopfschmerzdauer, auch die Begleitsymptome für vermehrt Migränepatienten unter den Patienten mit Hydrocephalus sprechen können.

Als wichtige Risikofaktoren für Kopfschmerzen gelten in der Literatur Streit in der Familie (107, 111, 114) und Stress in der Schule, zum Beispiel durch wenig soziale Kontakte, Mobbing und Prüfungssituationen (111, 113, 114). Außerdem wurden schlechter Schlaf (115, 116) und warmes Wetter (113) als mögliche Auslöser für Kopfschmerzen genannt. Kontrovers als Auslöser für Kopfschmerzen diskutiert werden hingegen Fernseh- und Computerzeit. So postulierte Bener 2000 die PC-Zeit als Risikofaktor (113) und Oksanen konnte dies 2005 bestätigen: „Die Ergebnisse zeigen, dass häufiger Computergebrauch sowohl mit Migräne als auch mit Verspannungskopfschmerz assoziiert ist“ (117). Dem gegenüber stehen Studien von Gassmann (2009), Kröner-Herwig (2008) und Milde-Busch (2010), die keinen Zusammenhang zwischen der Computernutzung und Kopfschmerzen ableiten konnten (107, 111, 118). In Bezug auf das Fernsehen schrieb Aromaa 2000: „Kopfschmerzkinder sahen für mehr Stunden am Tag fern“ (114). Auch hier konnten wieder Gassmann (2009) und Kröner-Herwig (2008) keine Beeinflussung nachweisen (107, 111). Ein weiterer Diskussionspunkt ist die zu geringe Bewegung als möglicher Auslöser von Kopfschmerzen bei Kindern. So konnten Larsson (2005), Milde-Busch (2010) und Robberstad (2010) einen signifikanten Zusammenhang zwischen unzureichender Bewegung von Kindern und Jugendlichen und daraus resultierende Kopfschmerzen herstellen (108, 119, 120). Gassmann (2009) konnte diesen Aspekt in einer groß angelegten populationsbezogenen Studie in Deutschland bei einem Follow-up von einem Jahr nicht nachweisen (107). Als letzten strittigen Punkt galt es die Trinkmenge zu beleuchten. So konnten Blau (2005) und Spigt (2005) vor allem im Zusammenhang mit Migräne eine Verschlechterung der Kopfschmerzsymptomatik durch zu geringe Flüssigkeitsaufnahme nachweisen (121, 122). Andererseits konnte Milde-Busch (2010) in ihrer Studie zu Migräne und Spannungskopfschmerz keine Veränderungen aufgrund der Trinkmenge feststellen (119). In unserer Studie gaben 80% an durch Wetterwechsel kopfschmerzgeplagt zu sein, 75% machten eine zur geringe Trinkmenge ursächlich. Gefolgt von jeweils 65%, die Kopfschmerzen insbesondere nach Streitigkeiten und Stress im Umfeld oder zu wenig Schlaf angaben. Bei etwa mehr als der Hälfte (55%) kam es im Rahmen von heißen Tagen oder Lärm zur Schmerzsymptomatik. Nur 20% gaben an auch am Wochenende oder in den Ferien an Kopfschmerzen zu leiden. Und lediglich 25% erkannten einen Zusammenhang zwischen der Benutzung von PC und TV und ihren Kopfschmerzen (Abb. 69). Somit konnten wir Streit und Stress als wichtigen Risikofaktor bestätigen. Bezüglich der Trinkmenge schließen wir uns der Meinung von Blau (2005) und Spigt (2005) an und identifizierten eine zu geringe Menge ebenfalls als negativen Einflussfaktor für Kopfschmerzen. Eine Beeinflussung durch die Nutzung von PC oder TV konnten wir nicht darlegen.

Als protektiv hingegen zählen im Umkehrschluss ausreichend Freizeit und ein positives Familienklima (107, 111). Auch diesen Aspekt konnten wir bestätigen. Lediglich 20% gaben an nur selten in den Ferien oder am Wochenende an Kopfschmerzen zu leiden (Abb. 69). Auch eine Besserung der Symptomatik durch Schlaf oder Entspannung wurde in der Literatur beschrieben (112, 116, 123). Brna schrieb 2005: „45% glauben, dass nicht pharmakologische Methoden am effektivsten sind“ (116). In der kanadischen Population wurde eine Kohorte Kinder mit Kopfschmerzen 10 und 20 Jahre nach Diagnosestellung untersucht. Hieraus ergab sich eine Zunahme in der Verwendung von Schmerzmitteln. So nutzen zu Beginn nur 30%, nach 20 Jahren allerdings schon 70% nicht verschreibungspflichtige Medikamente. Bei den verschreibungspflichtigen Schmerzmitteln verhielt es sich ähnlich. Hier stieg der Anteil von 2,6% auf 14%. (116, 123) Auch in einer deutschen Studie konnte dieser Sachverhalt beobachtet werden. So schrieb Kröner-Herwig 2007: „Schmerzmittel oder Migränemedikamente wurden von 54,5% der

Kinder mit Kopfschmerzen eingenommen. Die Zahl der Kinder, die diese Arzneimittel einnahmen, nahm deutlich von 38,7% bei den 7-8-Jährigen zu 70,2% bei den 13-14-Jährigen zu“ (106). In unserer Studie linderten 55% ihre Kopfschmerzen durch Medikamente. Hiervon gaben aber 45,5% an diese nur manchmal zu benutzen. Ebenfalls 55% erreichten eine Schmerzreduktion durch Reizabschirmung und 65% unterbrachen ihre aktuelle Tätigkeit und konnten durch eine Pause ihre Kopfschmerzen minimieren (Abb. 70). Es zeigte sich bei uns ein deutlich niedriger Anteil an Patienten, die zu Schmerzmitteln griffen. Daraus lässt sich eine möglicherweise bessere Patientenschulung bezüglich Kopfschmerzen ableiten. Wie einleitend schon erwähnt, sind Kopfschmerzen eine häufige Symptomatik bei Patienten mit Hydrocephalus, sodass speziell dieses Patientenkollektiv besonders auf den Umgang damit sensibilisiert ist. Auch die häufige Nutzung von anderen Bewältigungsstrategien, anstatt Medikamente, unterstützt diese Theorie.

Neben der allgemeinen Betrachtung unseres Patientenkollektivs in Bezug auf die Kopfschmerzsymptomatik war auch eine Analyse in Abhängigkeit von der Ätiologie und der Häufigkeit von Revisionen von Interesse. Allerdings zeigte weder die Auswertung der Häufigkeit, noch der Intensität der Kopfschmerzen in beiden Gruppen ein signifikantes Ergebnis. Lediglich die Kopfschmerzdauer abhängig von der Ätiologie zeigte signifikante Unterschiede (p=0,009, Abb. 72). Eine Dauer von bis zu 2 Tagen wurde nur von Patienten aus der Gruppe des posttraumatischen Hydrocephalus angegeben. Ebenso gaben 75,0% der Patienten mit Hydrocephalus bei Meningomyelocele eine Kopfschmerzdauer von bis zu 1 Tag an. Trotz des statistisch deutlichen Ergebnisses lässt sich keine allgemeine Aussage über die Kopfschmerzsituation in Abhängigkeit von der Ätiologie treffen, da die Patientengruppen zu inhomogen und klein sind. Die Begleitsymptome verteilten sich, wie schon in der allgemeinen Bewertung erwähnt, auf die verschiedenen Gruppen des Hydrocephalus und auf die verschiedenen Revisionszahlen. Es ließ sich keine Häufung in Abhängigkeit von einer bestimmten Ätiologie oder einer bestimmten Häufigkeit der Revisionen erkennen (Tab. 34, 37). Ebenso verhielt es sich bei den Auslösern der Kopfschmerzen (Tab. 35, 38). Interessant war allerdings die Verwendung der Bewältigungsstrategien in Abhängigkeit von der Revisionszahl. Hier zeigte sich mit steigender Revisionszahl ein zunehmender Gebrauch an Schmerzmedikamenten. So stieg der Anteil an Patienten, die Medikamente nutzten, von 25% in der Gruppe ohne Revisionen auf 80% in der Gruppe mit mehr als 2 Revisionen. Im Gegensatz dazu nahm der Anteil an Patienten, die eine Schmerzreduktion durch Pausen erzielten, deutlich ab. So erreichten in der Gruppe ohne Revisionen noch 100% eine Erleichterung. In der Gruppe mit mehr als 2 Revisionen waren es nur noch 40% (Tab. 39). Die Patientengruppen waren auch hier wieder zu klein um eine allgemeine Aussage treffen zu können. Dennoch lässt sich vermuten, dass mit den durch die Revisionen verbundenen häufigeren Krankenhausaufenthalte, sich das Einnahmeverhalten der Patienten in Bezug auf Schmerzmittel mit der Zeit verändert.

Wie es sich bei den vorherigen Analysen schon andeutete, zeigte die Kopfschmerzhäufigkeit, -dauer und -intensität auch in Abhängigkeit vom Ventiltyp kein signifikantes Ergebnis (Abb. 77-79). Problematisch war hier insbesondere die ungleiche Verteilung der Gruppen. Auch die Verteilung der Begleitsymptome und Auslöser der Kopfschmerzen war in beiden Gruppen ähnlich zum Gesamtkollektiv. Streit und Stress galten auch hier als häufiger Auslöser, wohingegen kaum Kopfschmerzen in der Freizeit beobachtet wurden (Abb. 80, 81 und 83, 84). Hier zeigte sich kein wesentlicher Unterschied abhängig vom Ventiltyp.

Leider gibt es zur Kopfschmerzsymptomatik im Zusammenhang mit der Erkrankung des Hydrocephalus und mit den Shuntsystemen keinerlei Literatur, sodass wir unsere Ergebnisse in keinen Kontext einordnen konnten.

Abschließend lässt sich zusammenfassen, dass Kopfschmerzen ein häufiges und vielfältiges Symptom in der Pädiatrie darstellen. Die möglichen Ursachen reichen von Fehlsichtigkeit über einen harmlosen

Infekt der oberen Luftwege bis hin zu einer lebensbedrohlichen Meningitis. Ebenso können Kopfschmerzen aber auch auf eine Fehlfunktion des Shuntsystems mit Zunahme des Hirndrucks hinweisen. Insbesondere die shuntbedingten Kopfschmerzen sind schwierig zu isolieren. Zudem unterliegen Schmerzen im Allgemeinen einer sehr subjektiven Bewertung, was einen objektiven Vergleich schwierig macht. Im Hinblick auf die Risikofaktoren bleibt außerdem die Frage nach der Ursache-Wirkungs-Richtung. Eine Interpretation der Ergebnisse ist oft in beiden Richtungen möglich, sodass weitere bidirektionale Analysen nötig sein werden. Aufgrund dieser Limitierungen sind wir mit unserer Analyse an unsere Grenzen gestoßen.

4.2.3 Lebensqualität

Als letzter Punkt des Fragebogens war die Zufriedenheit mit dem Shuntsystem und die Lebensqualität von Bedeutung. So gaben 53,3% (n=16) den Höchstwert von 10 in Sachen Zufriedenheit mit dem Shuntsystem an. Der niedrigste Wert von 2 wurde lediglich von 3,3% (n=1) vergeben. Daraus errechnete sich ein Mittelwert von 8,63 für das Gesamtkollektiv. Eine Beeinträchtigung im Alltag wurde von 23,3% bemerkt. In Bezug auf besondere Vorkehrungen im Hinblick auf Reisen oder bestimmte Aktivitäten, wie zum Beispiel Sport, stieg der Prozentsatz auf 33,3%. Beez (2018) konnte an einer kleinen Gruppe von 15 Hydrocephalus-Patienten zwischen 3 und 21 Jahren eine Beeinträchtigung im Alltag von 33%, sowie bei speziellen Aktivitäten von 53% nachweisen (124). Der deutlich niedrigere Grad der Beeinträchtigung in unserer Studie lässt sich durch ein doppelt so großes Patientenkollektiv, ebenso durch ein deutlich höheres Alter der Befragten erklären. Das mittlere Alter lag bei unserer Auswertung bei 20,6 Jahren, wohingegen Beez ein mittleres Alter von 12 Jahren angab. Es scheint eine gewisse Gewöhnung an das Shuntsystem und damit verbunden eine geringere Behinderung im Laufe der Zeit einzutreten. Die hohe Zufriedenheit mit dem Shuntsystem mit einem Mittelwert von 8,63 bei einem Maximum von 10 ist durchaus erfreulich. Dennoch darf nicht vernachlässigt werden, dass ein Drittel aller von uns befragten Hydrocephalus-Patienten besondere Vorkehrungen im Hinblick auf Reisen oder bestimmte Aktivitäten trafen und somit über die Jahre dennoch weiterhin eine gewisse Unsicherheit im Umgang mit dem Shuntsystem besteht.

Zur Ermittlung der Lebensqualität wurde der WHO-Fragebogen „Wellbeing Five“ verwendet. Topp (2015) konnte in einer Metaanalyse von insgesamt 213 Artikeln zeigen, dass dieser Fragebogen sowohl sensitiv als auch spezifisch auf eine Depression hinweisen kann (125). In unserer Analyse wurde der Maximalwert von insgesamt 25 Punkten von 10,0% (n=3) des Gesamtkollektivs erreicht. Der Minimalwert betrug 8 und wurde von 3,3% angegeben. Als Screening-Werkzeug für eine mögliche Depression gab der Test eine Schwelle von weniger als 13 Punkten vor. Diesen Wert unterschritten insgesamt 16,7% der von uns befragten Patienten. 2012 führte Allgaier diesen Test bei 446 Kindern im Alter von 9 bis 12 Jahren und bei 326 Jugendlichen im Alter von 13 bis 16 Jahren in der deutschen Normalbevölkerung durch. „Die Diagnose einer depressiven Störung wurde bei 3,6% der Kinder und 11,7% der Jugendlichen festgestellt“ (126). Es zeigt sich, dass Patienten mit einer Grunderkrankung wie dem Hydrocephalus häufiger im Laufe der Zeit an einer Depression litten als andere Kinder und macht die zum Teil schweren Auswirkungen einer solchen Komorbidität auf das alltägliche Leben deutlich.

Die Ätiologie des Hydrocephalus zeigte keinen Einfluss auf die subjektive Zufriedenheit mit dem Shuntsystem oder die Lebensqualität der Probanden (Abb. 87-92). Die Auswertung in Abhängigkeit von der Revisionszahl ließ einen deutlichen Trend erkennen. Einerseits gaben die Patienten ohne eine Revision in Bezug auf die Zufriedenheit mit dem Shuntsystem durchweg nur Werte von größer gleich 9 an, andererseits zeigte sich bei der Analyse der Mittelwerte der Zufriedenheit ein deutlich abnehmender Wert mit zunehmender Revisionszahl (Abb. 93, 94). So lag der Wert in der Gruppe ohne Revisionen bei starken 9,75, in der Gruppe mit mehr als 2 Revisionen nur noch bei 7,40 (Abb. 94). Eine statistische

Berechnung konnte den graphisch eindeutigen Trend allerdings nicht bestätigen (p=0,205). Eine Testung der Revisionszahl gekreuzt mit der Beeinträchtigung im Alltag ergab eine Borderline-Signifikanz (p=0,059 Abb. 95). Die Gruppen ohne Revision und mit nur einer Revision gaben keinerlei Benachteiligungen im alltäglichen Leben aufgrund des Shuntsystems an. Die Ergebnisse des WHO-Fragebogens in Bezug auf die Revisionszahl gaben ebenfalls beinahe signifikante Aufschlüsse (p=0,060, Abb. 98). So zeigte sich auch hier die deutliche Abnahme des Mittelwertes mit Zunahme der Revisionen. Patienten ohne eine Revision erzielten einen Mittelwert von 19,63, wohingegen in der Gruppe der Patienten mit mehr als 2 Revisionen der Wert nur noch bei 12,20 lag (Abb. 98). Den Schwellenwert von 13 unterschritten 3 Patienten mit 2 Revisionen und 2 Patienten mit mehr als 2 Revisionen (Abb. 97). Insgesamt lässt sich die Revisionszahl als Risikofaktor für die Zufriedenheit mit dem Shuntsystem und die Lebensqualität benennen. Aufgrund der geringen Probandenzahl konnten leider keine signifikanten Ergebnisse erzielt werden, allerdings ließ sich eine deutliche Tendenz erkennen.

Eine Analyse in Bezug auf die Ventiltypen konnte aufgrund der inhomogenen Patientengruppen keine aussagekräftigen Ergebnisse liefern (Abb. 99-106).

5 Ausblick

Abschließend lässt sich sagen, dass diese Arbeit in einigen Bereichen erste Tendenzen aufzeigen kann. Für allgemeingültige Aussagen waren die Stichproben allerdings oft zu klein, insbesondere durch die Verteilung auf die verschiedenen Gruppen.

Daraus lässt sich die Notwendigkeit weiterer Studien ableiten. Diese müssten ebenfalls über einen ausreichend langen Beobachtungszeitraum verfügen und zudem ein größeres Patientenkollektiv einschließen. Aufgrund der seltenen Erkrankung käme hierfür eine multizentrische Zusammenarbeit in Frage.

Ein weiterer Punkt ist die Erfassung der Lebensqualität. Eine subjektive Selbsteinschätzung ist allerdings frühestens mit dem Grundschulalter möglich. Die Patienten befinden sich aber schon deutlicher früher in unserer Behandlung. Dies macht verschiedene Varianten, entsprechend dem Alter des Kindes, der Fragebögen nötig. Auch sollte zwischen der Selbst- und Fremdeinschätzung z. B. durch Eltern oder Betreuer unterschieden werden. Zudem sollte die Lebensqualität, als ein sehr wichtiger Bestandteil unserer Therapie, routinemäßig erfasst werden. Bei den Kontrolluntersuchungen wäre eine kontinuierliche Abfrage möglich, sodass auch eine Veränderung über die Jahre sichtbar würde und entsprechend darauf eingegangen werden könnte.

Insgesamt lässt sich sagen, dass der Hydrocephalus eine äußerst komplexe Erkrankung mit zum Teil erheblichen zusätzlichen Komorbiditäten darstellt, welche nur schwer in ihrer Gänze in einer einzelnen Studie dargestellt werden kann. Umso wichtiger ist es in diesem Themengebiet unaufhörlich weiter zu forschen, um diesen Kindern eine bestmögliche Therapie und größtmögliche Lebensfreude bieten zu können.

6 Zusammenfassung

Als Standardtherapie des Hydrocephalus gilt aktuell die dauerhafte, operative Liquorableitung durch die Anlage eines Shuntsystems (47). Der häufigste Abfluss erfolgt ventrikuloperitoneal, aber auch ventrikuloatrial ist möglich. Hierbei kommen verschiedene Ventiltypen zum Einsatz. Als neuste Entwicklung zählen die verstellbaren gravitationsgesteuerten Ventile. Großer Vorteil hierbei ist, dass zusätzlich zum Schutz vor Überdrainage durch die Gravitationseinheit, auch noch der Ventilöffnungsdruck individuell von außen durch die Haut mittels Magneten verstellt werden kann. (52) Obwohl die Shuntimplantation eine Routineoperation beim Hydrocephalus des Kindes darstellt, treten dennoch immer wieder Komplikationen auf. Diese reichen von Obstruktionen über Diskonnektionen bis hin zu Infektionen. Letztere sind aufgrund der heutigen Kenntnisse der Hygienemaßnahmen mittlerweile eine seltene Komplikation.

Ziel dieser Arbeit war es Einflussfaktoren auf das Shuntüberleben zu analysieren und mögliche revisionsfreie Intervalle der verschiedenen Ventile in Abhängigkeit vom Patientenkollektiv zu ermitteln. Desweiteren wurden die Patienten zu ihrem Leben mit dem Shuntsystem befragt. Daraus erfolgte eine Einschätzung des Lebens mit dem Ventil und die damit verbundene Lebensqualität.

Für die Beobachtung der Shuntventile wurden retrospektiv die Daten der Patienten mit Hydrocpehalus aus unserer Kraniospinalen Sprechstunde erhoben. Für die Ermittlung der Zufriedenheit mit dem Shuntsystem wurde nach dem Einverständnis der Eltern ein Fragebogen ausgehändigt. Dieser befasste sich mit der kognitiven und motorischen Entwicklung, der Kopfschmerzsymptomatik, sowie der Lebensqualität.

Ergebnisse - Patientenkollektiv

Insgesamt erfüllten 81 Patienten (43 männlich und 38 weiblich) die Einschlusskriterien und wurden im Schnitt 18,8 Jahre beobachtet. Aus dieser Kohorte isolierte sich die Gruppe der Frühgeborenen mit insgesamt 35 Probanden (16 männlich und 19 weiblich). Bis zum 31.12.2018 wurden insgesamt 59 der 81 erfassten Kinder (72,8 %) mindestens einmal aufgrund einer Fehlfunktion des Shuntsystems operiert. Insgesamt wurden 226 Ventile in ihrem Verlauf beobachtet, wovon 146 Ventile revidiert werden mussten. Das bedeutete im Schnitt 1,8 Revisionen pro Patienten. Unter den 59 Patienten mit mindestens einer Revision waren 26 von 35 Frühgeborenen (74,3 %). In dieser Gruppe waren es 102 beobachtete Ventile, wovon 68 letzten Endes ersetzt werden mussten. Daraus resultierten im Schnitt 1,9 Revisionen pro frühgeborenem Patienten. Bezüglich der Revisionen lagen unsere Ergebnisse im Bereich der in der Literatur beschriebenen Werte von 1,4-2,6 Revisionen (75-77).

Eine intrakranielle Blutung stellte in beiden beobachteten Kollektiven die häufigste Ursache für einen Hydrocephalus dar (Abb. 9, 10). Bereits 1994 Fernell, als auch später Persson (2007) zeigten, dass die Zahl an überlebenden Frühgeborenen und somit die Häufigkeit des posthämorrhagischen Hydrocephalus durch die verbesserten medizinischen Möglichkeiten deutlich zugenommen hat (17, 78). So zeigte sich auch bei uns ein signifikanter Zusammenhang von Frühgeburtlichkeit und dem Auftreten eines posthämorrhagischen Hydroceophalus ($p \leq 0{,}001$, Abb. 11). Ebenso wurde ein junges Patientenalter bei Shuntanlage als Risikofaktor für eine Revision postuliert (76, 79, 80). Im Vergleich dazu konnten wir andeuten, dass eine sehr frühe Implantation (<30 Lebenstage) und ein zu langes Warten (>100 Lebenstage) ein schlechteres Überleben des ersten Shuntsystems zeigten, als eine Implantation in den ersten 60 Lebenstagen (Abb. 13). Einen Unterschied stellte hier die Gruppe der über 100 Tage alten Patienten in der Kohorte der Frühgeborenen dar (Abb. 20). Diese zeigte entgegen des Gesamtkollektivs hier ein deutlich besseres Überleben des Shuntsystems, was auf eine nötige Reifung des Frühgeborenen vor der Implantation hinweisen kann.

Eine Analyse des Shuntüberlebens in Abhängigkeit vom Ventiltyp zeigte ein Shuntüberleben für das PaediGAV von 71,1 bzw. 60,5% nach 12 bzw. 24 Monaten, für das proGAV waren es 67,9% bzw. 62,8% (Abb. 40, Tab. 17). Diese Werte bestätigen die in der Literatur beschriebenen Werten von

beispielsweise Gebert (2016) (1-Jahres-Shuntüberleben für proGAV von 69%) (88) oder Sokratous (2020) (1-Jahres -Shuntüberleben für PaediGAV von 63%) (89) (siehe dazu auch Tab. 42). Auch unsere Analyse bezüglich des Ventilüberlebens lieferte vergleichbare Ergebnisse. So ergaben sich für das PaediGAV ein Ventilüberleben nach 12 bzw. 24 Monaten von 81,5% bzw 72,6%. Für die proGAV waren es sogar jeweils 81,5% nach 1 bzw 2 Jahren (Abb. 41, Tab. 18). Gebert zeigte in seiner Studie ein 1-Jahres-Ventilüberleben für proGAV von 78% (88). Sokratous konnte für das PaediGAV ein 1-Jahres-Ventilüberleben von 88% nachweisen (89). Neben der Betrachtung der verschiedenen einzelnen Ventiltypen erfolgte auch eine Auswertung der Ventile aufgeteilt nach Verstellbarkeit. Hierbei zeigten sich rechnerisch keine signifikanten Ergebnisse für das Shunt- und Ventilüberleben, was auf einen kürzeren Beobachtungszeitraum der neueren proGAV zurück zu führen ist. Außerdem zeigten bereits Pollack (1999) und später auch Eymann (2007), dass das Shuntüberleben kürzer ist, wenn das Ventil bei einer Revision eingebracht wurde, als wenn es bei einer Primäroperation angelegt wurde (82, 85). Dieser Sachverhalt stellt eine mögliche Ursache für das schlechte Abschneiden der proGAV dar, da alle bei uns untersuchten Einheiten ausschließlich in Revisionsoperationen verwendet wurden. Allerdings ließ sich graphisch eine deutliche Überlegenheit der verstellbaren Ventile zeigen (Abb. 44,45 und 54,55). Diese Ergebnisse machen deutlich, dass insbesondere die verstellbaren Ventile weitere Untersuchungen benötigen um bei Erstimplantation und einem ähnlich langem Beobachtungszeitraum, wie bei den älteren Ventiltypen, eine mögliche Überlegenheit zu zeigen. Unsere Studie lässt dies zum aktuellen Zeitpunkt nur vermuten.

Den letzten Punkt der Analyse der verschiedenen Ventile stellten die Revisionsgründe dar. Im Hinblick auf die Infektionen konnten wir die bisher bestehende Meinung einer Infektion als seltene Ursache mit unserer Studie bestätigen (58, 62, 63, 66-69). Außerdem zeigten sich in unserer Auswertung mit einem signifikanten Ergebnis die Revisionen aufgrund einer Infektion am frühsten (Abb. 18, 25 und 39, 49). Bereits nach wenigen Monaten wurden die Patienten symptomatisch und mussten operiert werden. Zu demselben Schluss kamen Choux (1992) und Kulkarni (2001) (90, 91).

Ergebnisse – Patientenbefragung

Den zweiten großen Bestandteil unserer Studie stellte die Patientenbefragung bezüglich der Entwicklung, der Kopfschmerzsymptomatik, der subjektiven Zufriedenheit mit dem Shuntsystem und der Lebensqualität mittels Fragebogen dar. Insgesamt 30 Patienten nahmen an dieser Erhebung teil.

Eine Gegenüberstellung der schulischen Entwicklung und der Ätiologie des Hydrocephalus ergab ein signifikantes Ergebnis (p=0,013, Abb. 56). So litten 77,8% der Befragten, die eine Behindertenschule besuchten, an einem posthämorrhagischen Hydrocephalus. Demgegenüber besuchten 83,3% der Patienten mit einem kongenitalen Hydrocephalus in unserer Studie eine Regelschule. Ein negativer Einfluss der peri- oder postpartalen Hirnblutungen auf die geistige Entwicklung wurde immer wieder in der Literatur beschrieben (94, 96, 97). In Bezug auf die motorische Entwicklung ergab sich bei unserer Auswertung bei 100,0% der Patienten mit Meningomyelocele eine Abhängigkeit vom Rollstuhl im alltäglichen Leben (Abb. 58). Auch in der Literatur wurden bei diesem Patientenkollektiv eine geringere Selbstständigkeit und Aktivität beschrieben (98, 99). Im Hinblick auf die Epilepsie konnten wir zeigen, dass insbesondere Patienten mit einem posthämorrhagischen Hydrocephalus davon betroffen waren (Abb. 59). Sowohl Klepper (1998), als auch Schubert (2019) identifizierten ebenfalls die Hirnblutung als möglichen Risikofaktor für eine Epilepsie (95, 100). Die Analyse in Bezug auf die Revisionszahl zeigte kein signifikantes Ergebnis. Allerdings ließ sich erkennen, dass sich Kinder mit nur einer Revision altersentsprechend, allenfalls verzögert entwickelten. Wohingegen sich nur wenige Kinder mit mehr als 2 Revisionen normal entwickelten (Abb. 60, 61). Eine kognitive Verschlechterung aufgrund häufiger Revisionen konnten Kao (2001) und Khan (2017) ebenfalls nachweisen (99, 102). Weiterhin lässt sich als grobe Orientierung sagen, dass deutlich mehr Patienten mit verstellbaren Ventilen (71,4%) eine Regelschule besuchten, als ohne verstellbare Systeme (34,8%) (Abb. 64). Ebenso zeigte sich eine therapierefraktäre Epilepsie nur bei Patienten mit nicht verstellbaren Ventilen (Abb. 67). Allerdings war die

Gruppengröße zu unterschiedlich um verlässliche Aussagen treffen zu können, dennoch lässt sich eine mögliche Überlegenheit der verstellbaren Ventile vermuten.

Nach der Entwicklung der Patienten war nun die Kopfschmerzsymptomatik als häufiges Begleitsymptom des Hydrocephalus von Bedeutung. Sowohl die Häufigkeit, als auch die Intensität ließ sich, trotz des speziellen Patientenkollektivs, gut mit der Literatur vergleichen. So gaben in unserer Studie 66,7% der Befragten an, an Kopfschmerzen zu leiden. In der Normalbevölkerung wurde eine Prävalenz von 39-77,6% beschrieben (103-106). In der Literatur wurden Übelkeit, Erbrechen, Photo- und Phonophobie, sowie eine Verschlechterung durch Bewegung als häufige Begleitsymptome von Kopfschmerzen genannt (106, 112, 113). Auch diesen Aspekt konnten wir mit unserer Studie belegen (Abb. 68). Im nächsten Schritt galt es mögliche Risikofaktoren zu identifizieren. In der Literatur wurde immer wieder Streit in der Familie (107, 111, 114) und Stress in der Schule (111, 113, 114) als wichtiger Auslöser von Kopfschmerzen bei Kindern postuliert. In unserem Kollektiv gaben 65,0% Kopfschmerzen im Zusammenhang mit sozialen Problemen im näheren Umfeld an (Abb. 69). Insgesamt 75,0% der Befragten machten eine zu geringe Trinkmenge für ihre Kopfschmerzen verantwortlich. Dieser Punkt wurde bisher kontrovers diskutiert. Aufgrund unserer Ergebnisse schließen wir uns aber der Meinung von Blau (2005) und Spigt (2005) an (121, 122), sodass wir eine zu geringe Trinkmenge als weiteren negativen Einflussfaktor aufführen können. Neben den Auslösern für Kopfschmerzen waren auch protektive Faktoren von Interesse. Entsprechend der Literatur konnten auch wir ausreichend Freizeit und ein positives Umfeld als Schutz vor Kopfschmerzen bestätigen (Abb. 69) (107, 111). Eine Reduktion der Kopfschmerzen wurde in der Literatur durch Schlaf oder Entspannung beschrieben (112, 116, 123). In unserem Kollektiv konnten 55% eine Abnahme der Schmerzen durch Reizabschirmung und 65% durch eine Pause bewirken. Insgesamt linderten 55% der Probanden ihre Kopfschmerzen mit Medikamenten (Abb. 70). Kroner-Herwig beschrieb 2007 einen Anteil von 70,2% bei den 13-14 Jährigen, die eine medikamentöse Therapie bei Kopfschmerzen anwandten (106). Hieraus geht hervor, dass die Kinder mit Hydrocephalus möglicherweise besser über alternative Therapien aufgeklärt sind. Dennoch muss man hervorheben, dass mit steigender Revisionszahl auch der Medikamentenkonsum zunahm (Tab. 39). Begründet werden kann dies durch eine mögliche Hospitalisierung und ein verändertes Einnahmeverhalten der Patienten mit der Zeit. Abschließend lässt sich sagen, dass Kopfschmerzen ein häufiges und vielfältiges Symptom in der Medizin darstellen und insbesondere Schmerzen einer sehr subjektiven Bewertung unterliegen. Dadurch wird eine objektive Analyse nahezu unmöglich. Außerdem bleibt im Hinblick auf die Risikofaktoren die Frage nach der Ursache-Wirkungs-Richtung offen. Aufgrund dieser Limitierungen ist unsere Analyse an ihre Grenzen gestoßen.

Als letzter Aspekt des Fragebogens war die Zufriedenheit mit dem Shuntsystem und die Lebensqualität von Bedeutung. Die Zufriedenheit mit dem Shuntsystem wurde mit einem erfreulichen Mittelwert von 8,63 von 10 möglichen Punkten angegeben. Im Alltag fühlten sich insgesamt 23,3% aufgrund des Ventilmechanismus beeinträchtigt. Der Prozentsatz stieg auf 33,3% in Bezug auf spezielle Vorkehrungen, z. B. vor Reisen. So erfreulich die hohe Zufriedenheit mit dem Shuntsystem auch ist, zeigte unsere Studie trotzdem, dass ein Drittel aller von uns befragten Hydrocephalus-Patienten besondere Maßnahmen beispielsweise vor Reisen trafen und somit über die Jahre dennoch eine gewisse Unsicherheit und Einschränkungen im Umgang mit dem Ventil bestehen bleiben. Im WHO-Fragebogen „Wellbeing Five“ unterschritten den Schwellenwert von weniger als 13 Punkten 16,7% der befragten Patienten und erfüllten damit die Kriterien für eine mögliche Depression. Als Einflussfaktor für eine abnehmende Zufriedenheit und eine zunehmende Gefährdung durch eine Depression kann die Anzahl der Revisionen darstellen. Eine Kreuztestung der Revisionszahl mit der möglicherweise bestehenden Beeinträchtigung im Alltag ergab einen p-Wert von 0,059 (Abb. 95). Ebenso zeigte die Testung der Auswertung des WHO-Fragebogens ein beinahe signifikantes Ergebnis von p=0,060 (Abb. 98). Auch hier fiel die deutliche Abnahme der Mittelwerte in Bezug auf die Lebensqualität auf. Zudem unterschritten den Wert von 13 Punkten nur Patienten mit mindestens 2 Revisionen. Patienten mit weniger Revisionen zeigten in unserer Studie keinen Hinweis auf eine möglicherweise bestehende depressive Störung.

7 Literaturverzeichnis

1. Aschoff A, Kremer P, Hashemi B, Kunze S. The scientific history of hydrocephalus and its treatment. Neurosurg Rev. 1999;22(2-3):67-93; discussion 4-5.
2. el Khamlichi A. African neurosurgery. Part I: Historical outline. Surg Neurol. 1998;49(2):222-7.
3. Torack RM. Historical aspects of normal and abnormal brain fluids. II. Hydrocephalus. Arch Neurol. 1982;39(5):276-9.
4. Key E, Retzius M. Studien in der Anatomie des Nervensystems und des Bindegewebes. Samson and Wallin, Stockholm. 1875.
5. Dandy W, Blackfan K. An experimental and clinical study of internal hydrocephalus. J Am Med Assoc. 1913;61:2216-7.
6. Dandy WE. Experimental Hydrocephalus. Ann Surg. 1919;70(2):129-42.
7. Haynes IS. I. Congenital Internal Hydrocephalus: Its Treatment by Drainage of the Cisterna Magna into the Cranial Sinuses. Ann Surg. 1913;57(4):449-84.
8. Henle A. Beitrag zur Pathologie und Therapie des Hydrocephalus. Mitteilungen aus dem Grenzgebiet Medizin und Chirurgie. 1896;1:264–302.
9. Nulsen FE, Spitz EB. Treatment of hydrocephalus by direct shunt from ventricle to jugular vain. Surg Forum. 1951:399-403.
10. Kalousdian S, Karlan MS, Williams MA. Silicone elastomer cerebrospinal fluid shunt systems. Council on Scientific Affairs, American Medical Association. Neurosurgery. 1998;42(4):887-92.
11. La Fay H. A father’s last-chance invention saves his son. Readers Digest. 1957;(Reprint, condensed from Town Journal, Philadelphia, November 1956).
12. Raimondi AJ. A unifying theory for the definition and classification of hydrocephalus. Childs Nerv Syst. 1994;10(1):2-12.
13. Mori K, Shimada J, Kurisaka M, Sato K, Watanabe K. Classification of hydrocephalus and outcome of treatment. Brain Dev. 1995;17(5):338-48.
14. Rekate HL. The definition and classification of hydrocephalus: a personal recommendation to stimulate debate. Cerebrospinal Fluid Res. 2008;5:2.
15. Munch TN, Rostgaard K, Rasmussen ML, Wohlfahrt J, Juhler M, Melbye M. Familial aggregation of congenital hydrocephalus in a nationwide cohort. Brain. 2012;135(Pt 8):2409-15.
16. Jeng S, Gupta N, Wrensch M, Zhao S, Wu YW. Prevalence of congenital hydrocephalus in California, 1991-2000. Pediatr Neurol. 2011;45(2):67-71.
17. Persson EK, Anderson S, Wiklund LM, Uvebrant P. Hydrocephalus in children born in 1999-2002: epidemiology, outcome and ophthalmological findings. Childs Nerv Syst. 2007;23(10):1111-8.
18. Munch TN, Rasmussen ML, Wohlfahrt J, Juhler M, Melbye M. Risk factors for congenital hydrocephalus: a nationwide, register-based, cohort study. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 2014;85(11):1253-9.
19. Trepel M. Neuroanatomie Struktur und Funktion: Urban & Fischer Verlag; 2017. 261-4 p.
20. Sakka L, Coll G, Chazal J. Anatomy and physiology of cerebrospinal fluid. Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis. 2011;128(6):309-16.
21. Greitz D. Radiological assessment of hydrocephalus: new theories and implications for therapy. Neurosurg Rev. 2004;27(3):145-65; discussion 66-7.
22. Moskopp D, Wassmann H. Neurochirurgie, Handbuch für die Weiterbildung und interdisziplinäres Nachschlagewerk Schattauer Verlag; 2015. 967-77 p.
23. Mokri B. The Monro-Kellie hypothesis: applications in CSF volume depletion. Neurology. 2001;56(12):1746-8.
24. Greitz D, Wirestam R, Franck A, Nordell B, Thomsen C, Stahlberg F. Pulsatile brain movement and associated hydrodynamics studied by magnetic resonance phase imaging. The Monro-Kellie doctrine revisited. Neuroradiology. 1992;34(5):370-80.
25. Greitz D. Paradigm shift in hydrocephalus research in legacy of Dandy's pioneering work: rationale for third ventriculostomy in communicating hydrocephalus. Childs Nerv Syst. 2007;23(5):487-9.
26. Moskopp D, Wassmann H. Neurochirurgie, Handbuch für die Weiterbildung und interdisziplinäres Nachschlagewerk Schattauer Verlag; 2015. 675-91 p.

27. Stein SC, Schut L. Hydrocephalus in myelomeningocele. Childs Brain. 1979;5(4):413-9.
28. Eisenberg HM, McComb JG, Lorenzo AV. Cerebrospinal fluid overproduction and hydrocephalus associated with choroid plexus papilloma. J Neurosurg. 1974;40(3):381-5.
29. Hambleton G, Wigglesworth JS. Origin of intraventricular haemorrhage in the preterm infant. Arch Dis Child. 1976;51(9):651-9.
30. du Plessis AJ. Cerebrovascular injury in premature infants: current understanding and challenges for future prevention. Clin Perinatol. 2008;35(4):609-41, v.
31. Antoniuk S, da Silva RV. [Periventricular and intraventricular hemorrhage in the premature infants]. Rev Neurol. 2000;31(3):238-43.
32. Papile LA, 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. 1978;92(4):529-34.
33. Deeg KH, Staudt F, von Rohden L. [Classification of intracranial hemorrhage in premature infants]. Ultraschall Med. 1999;20(4):165-70.
34. Lemons JA, Bauer CR, Oh W, Korones SB, Papile LA, Stoll BJ, et al. Very low birth weight outcomes of the National Institute of Child health and human development neonatal research network, January 1995 through December 1996. NICHD Neonatal Research Network. Pediatrics. 2001;107(1):E1.
35. Murphy BP, Inder TE, Rooks V, Taylor GA, Anderson NJ, Mogridge N, et al. Posthaemorrhagic ventricular dilatation in the premature infant: natural history and predictors of outcome. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed. 2002;87(1):F37-41.
36. Stoll BJ, Hansen NI, Bell EF, Shankaran S, Laptook AR, Walsh MC, et al. Neonatal outcomes of extremely preterm infants from the NICHD Neonatal Research Network. Pediatrics. 2010;126(3):443-56.
37. Vohr BR, Wright LL, Dusick AM, Mele L, Verter J, Steichen JJ, et al. Neurodevelopmental and functional outcomes of extremely low birth weight infants in the National Institute of Child Health and Human Development Neonatal Research Network, 1993-1994. Pediatrics. 2000;105(6):1216-26.
38. de Vries LS, Liem KD, van Dijk K, Smit BJ, Sie L, Rademaker KJ, et al. Early versus late treatment of posthaemorrhagic ventricular dilatation: results of a retrospective study from five neonatal intensive care units in The Netherlands. Acta Paediatr. 2002;91(2):212-7.
39. Vassilyadi M, Tataryn Z, Shamji MF, Ventureyra EC. Functional outcomes among premature infants with intraventricular hemorrhage. Pediatr Neurosurg. 2009;45(4):247-55.
40. Garton HJ, Kestle JR, Drake JM. Predicting shunt failure on the basis of clinical symptoms and signs in children. J Neurosurg. 2001;94(2):202-10.
41. Kahle KT, Kulkarni AV, Limbrick DD, Jr., Warf BC. Hydrocephalus in children. Lancet. 2016;387(10020):788-99.
42. Persson EK, Hagberg G, Uvebrant P. Disabilities in children with hydrocephalus--a population-based study of children aged between four and twelve years. Neuropediatrics. 2006;37(6):330-6.
43. Horsch S, Bengtsson J, Nordell A, Lagercrantz H, Aden U, Blennow M. Lateral ventricular size in extremely premature infants: 3D MRI confirms 2D ultrasound measurements. Ultrasound Med Biol. 2009;35(3):360-6.
44. Vulcu S, Eickele L, Cinalli G, Wagner W, Oertel J. Long-term results of endoscopic third ventriculostomy: an outcome analysis. J Neurosurg. 2015;123(6):1456-62.
45. Hopf NJ, Grunert P, Fries G, Resch KD, Perneczky A. Endoscopic third ventriculostomy: outcome analysis of 100 consecutive procedures. Neurosurgery. 1999;44(4):795-804; discussion -6.
46. Grunert P, Charalampaki P, Hopf N, Filippi R. The role of third ventriculostomy in the management of obstructive hydrocephalus. Minim Invasive Neurosurg. 2003;46(1):16-21.
47. Kiefer M. [Treatment of hydrocephalus]. Radiologe. 2012;52(9):833-9.
48. Ogiwara H, Dipatri AJ, Jr., Alden TD, Bowman RM, Tomita T. Endoscopic third ventriculostomy for obstructive hydrocephalus in children younger than 6 months of age. Childs Nerv Syst. 2010;26(3):343-7.
49. CHRISTOPH MIETHKE GMBH & Co.KG. miniNAV Gebrauchsanweisung.GBA_21_07_0817.

50. Kaestner S, Kruschat T, Nitzsche N, Deinsberger W. Gravitational shunt units may cause under-drainage in bedridden patients. Acta Neurochir (Wien). 2009;151(3):217-21; discussion 21.
51. CHRISTOPH MIETHKE GMBH & CO. KG. paediGAV Gebrauchsanweisung.GBA_04_15_0518 Potsdam.
52. CHRISTOPH MIETHKE GMBH & CO. KG. proGAV Gebrauchsanweisung.proGAV_Instr_GBA_08061012.
53. Gebert AF, Schulz M, Haberl H, Thomale UW. Adjustments in gravitational valves for the treatment of childhood hydrocephalus-a retrospective survey. Childs Nerv Syst. 2013;29(11):2019-25.
54. Spader HS, Ratanaprasatporn L, Morrison JF, Grossberg JA, Cosgrove GR. Programmable shunts and headphones: Are they safe together? J Neurosurg Pediatr. 2015;16(4):402-5.
55. Sprung C, Schlosser HG, Lemcke J, Meier U, Messing-Junger M, Trost HA, et al. The adjustable proGAV shunt: a prospective safety and reliability multicenter study. Neurosurgery. 2010;66(3):465-74.
56. Strahle J, Selzer BJ, Muraszko KM, Garton HJ, Maher CO. Programmable shunt valve affected by exposure to a tablet computer. J Neurosurg Pediatr. 2012;10(2):118-20.
57. Zuzak TJ, Balmer B, Schmidig D, Boltshauser E, Grotzer MA. Magnetic toys: forbidden for pediatric patients with certain programmable shunt valves? Childs Nerv Syst. 2009;25(2):161-4.
58. Drake JM, Kestle JR, Milner R, Cinalli G, Boop F, Piatt J, Jr., et al. Randomized trial of cerebrospinal fluid shunt valve design in pediatric hydrocephalus. Neurosurgery. 1998;43(2):294-303; discussion -5.
59. Wu Y, Green NL, Wrensch MR, Zhao S, Gupta N. Ventriculoperitoneal shunt complications in California: 1990 to 2000. Neurosurgery. 2007;61(3):557-62; discussion 62-3.
60. Reddy GK, Bollam P, Caldito G. Long-term outcomes of ventriculoperitoneal shunt surgery in patients with hydrocephalus. World Neurosurg. 2014;81(2):404-10.
61. Sainte-Rose C, Piatt JH, Renier D, Pierre-Kahn A, Hirsch JF, Hoffman HJ, et al. Mechanical complications in shunts. Pediatr Neurosurg. 1991;17(1):2-9.
62. Kestle JR, Drake JM, Cochrane DD, Milner R, Walker ML, Abbott R, 3rd, et al. Lack of benefit of endoscopic ventriculoperitoneal shunt insertion: a multicenter randomized trial. J Neurosurg. 2003;98(2):284-90.
63. Reddy GK, Bollam P, Shi R, Guthikonda B, Nanda A. Management of adult hydrocephalus with ventriculoperitoneal shunts: long-term single-institution experience. Neurosurgery. 2011;69(4):774-80; discussion 80-1.
64. McGirt MJ, Buck DW, 2nd, Sciubba D, Woodworth GF, Carson B, Weingart J, et al. Adjustable vs set-pressure valves decrease the risk of proximal shunt obstruction in the treatment of pediatric hydrocephalus. Childs Nerv Syst. 2007;23(3):289-95.
65. Browd SR, Ragel BT, Gottfried ON, Kestle JR. Failure of cerebrospinal fluid shunts: part I: Obstruction and mechanical failure. Pediatr Neurol. 2006;34(2):83-92.
66. Kiefer M, Eymann R. Gravitational shunt complications after a five-year follow-up. Acta Neurochir Suppl. 2010;106:107-12.
67. Korinek AM, Fulla-Oller L, Boch AL, Golmard JL, Hadiji B, Puybasset L. Morbidity of ventricular cerebrospinal fluid shunt surgery in adults: an 8-year study. Neurosurgery. 2011;68(4):985-94; discussion 94-5.
68. Reddy GK, Bollam P, Caldito G. Ventriculoperitoneal shunt surgery and the risk of shunt infection in patients with hydrocephalus: long-term single institution experience. World Neurosurg. 2012;78(1-2):155-63.
69. McGirt MJ, Zaas A, Fuchs HE, George TM, Kaye K, Sexton DJ. Risk factors for pediatric ventriculoperitoneal shunt infection and predictors of infectious pathogens. Clin Infect Dis. 2003;36(7):858-62.
70. Hull J, Harkness W. Common complications of cerebrospinal fluid shunts. Curr Pediatr. 1992;2(2):77–9.
71. Ratilal B, Costa J, Sampaio C. Antibiotic prophylaxis for surgical introduction of intracranial ventricular shunts: a systematic review. J Neurosurg Pediatr. 2008;1(1):48-56.

72. Klimo P, Jr., Thompson CJ, Ragel BT, Boop FA. Antibiotic-impregnated shunt systems versus standard shunt systems: a meta- and cost-savings analysis. J Neurosurg Pediatr. 2011;8(6):600-12.
73. Parker SL, Anderson WN, Lilienfeld S, Megerian JT, McGirt MJ. Cerebrospinal shunt infection in patients receiving antibiotic-impregnated versus standard shunts. J Neurosurg Pediatr. 2011;8(3):259-65.
74. Schreffler RT, Schreffler AJ, Wittler RR. Treatment of cerebrospinal fluid shunt infections: a decision analysis. Pediatr Infect Dis J. 2002;21(7):632-6.
75. 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;92(1):31-8.
76. Robinson S, Kaufman BA, Park TS. Outcome analysis of initial neonatal shunts: does the valve make a difference? Pediatr Neurosurg. 2002;37(6):287-94.
77. Stone JJ, Walker CT, Jacobson M, Phillips V, Silberstein HJ. Revision rate of pediatric ventriculoperitoneal shunts after 15 years. J Neurosurg Pediatr. 2013;11(1):15-9.
78. Fernell E, Hagberg G, Hagberg B. Infantile hydrocephalus epidemiology: an indicator of enhanced survival. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed. 1994;70(2):F123-8.
79. McGirt MJ, Leveque JC, Wellons JC, 3rd, Villavicencio AT, Hopkins JS, Fuchs HE, et al. Cerebrospinal fluid shunt survival and etiology of failures: a seven-year institutional experience. Pediatr Neurosurg. 2002;36(5):248-55.
80. Shannon CN, Acakpo-Satchivi L, Kirby RS, Franklin FA, Wellons JC. Ventriculoperitoneal shunt failure: an institutional review of 2-year survival rates. Childs Nerv Syst. 2012;28(12):2093-9.
81. Simon TD, Whitlock KB, Riva-Cambrin J, Kestle JR, Rosenfeld M, Dean JM, et al. Association of intraventricular hemorrhage secondary to prematurity with cerebrospinal fluid shunt surgery in the first year following initial shunt placement. J Neurosurg Pediatr. 2012;9(1):54-63.
82. Pollack IF, Albright AL, Adelson PD. A randomized, controlled study of a programmable shunt valve versus a conventional valve for patients with hydrocephalus. Hakim-Medos Investigator Group. Neurosurgery. 1999;45(6):1399-408; discussion 408-11.
83. Zemack G, Bellner J, Siesjo P, Stromblad LG, Romner B. Clinical experience with the use of a shunt with an adjustable valve in children with hydrocephalus. J Neurosurg. 2003;98(3):471-6.
84. Meling TR, Egge A, Due-Tonnessen B. The gravity-assisted Paedi-Gav valve in the treatment of pediatric hydrocephalus. Pediatr Neurosurg. 2005;41(1):8-14.
85. Eymann R, Steudel WI, Kiefer M. Pediatric gravitational shunts: initial results from a prospective study. J Neurosurg. 2007;106(3 Suppl):179-84.
86. Rohde V, Haberl EJ, Ludwig H, Thomale UW. First experiences with an adjustable gravitational valve in childhood hydrocephalus. J Neurosurg Pediatr. 2009;3(2):90-3.
87. Thomale UW, Gebert AF, Haberl H, Schulz M. Shunt survival rates by using the adjustable differential pressure valve combined with a gravitational unit (proGAV) in pediatric neurosurgery. Childs Nerv Syst. 2013;29(3):425-31.
88. Gebert AF, Schulz M, Schwarz K, Thomale UW. Long-term survival rates of gravity-assisted, adjustable differential pressure valves in infants with hydrocephalus. J Neurosurg Pediatr. 2016;17(5):544-51.
89. Sokratous G, Hadfield O, Van Tonder L, Hennigan D, Ellenbogen J, Pettorini B, et al. Management of paediatric hydrocephalous with Miethke fixed pressure gravitational valves. The Alder Hey Children's Hospital experience. Childs Nerv Syst. 2020.
90. Choux M, Genitori L, Lang D, Lena G. Shunt implantation: reducing the incidence of shunt infection. J Neurosurg. 1992;77(6):875-80.
91. Kulkarni AV, Drake JM, Lamberti-Pasculli M. Cerebrospinal fluid shunt infection: a prospective study of risk factors. J Neurosurg. 2001;94(2):195-201.
92. Vinchon M, Baroncini M, Delestret I. Adult outcome of pediatric hydrocephalus. Childs Nerv Syst. 2012;28(6):847-54.
93. Platenkamp M, Hanlo PW, Fischer K, Gooskens RH. Outcome in pediatric hydrocephalus: a comparison between previously used outcome measures and the hydrocephalus outcome questionnaire. J Neurosurg. 2007;107(1 Suppl):26-31.

94. Hoppe-Hirsch E, Laroussinie F, Brunet L, Sainte-Rose C, Renier D, Cinalli G, et al. Late outcome of the surgical treatment of hydrocephalus. Childs Nerv Syst. 1998;14(3):97-9.
95. Schubert-Bast S, Berghaus L, Filmann N, Freiman T, Strzelczyk A, Kieslich M. Risk and risk factors for epilepsy in shunt-treated children with hydrocephalus. Eur J Paediatr Neurol. 2019;23(6):819-26.
96. Heinsbergen I, Rotteveel J, Roeleveld N, Grotenhuis A. Outcome in shunted hydrocephalic children. Eur J Paediatr Neurol. 2002;6(2):99-107.
97. Kutscher A, Nestler U, Bernhard MK, Merkenschlager A, Thome U, Kiess W, et al. Adult long-term health-related quality of life of congenital hydrocephalus patients. J Neurosurg Pediatr. 2015;16(6):621-5.
98. Cate IM, Kennedy C, Stevenson J. Disability and quality of life in spina bifida and hydrocephalus. Dev Med Child Neurol. 2002;44(5):317-22.
99. Kao CL, Yang TF, Wong TT, Cheng LY, Huang SY, Chen HS, et al. The outcome of shunted hydrocephalic children. Zhonghua Yi Xue Za Zhi (Taipei). 2001;64(1):47-53.
100. Klepper J, Busse M, Strassburg HM, Sorensen N. Epilepsy in shunt-treated hydrocephalus. Dev Med Child Neurol. 1998;40(11):731-6.
101. Kulkarni AV, Shams I. Quality of life in children with hydrocephalus: results from the Hospital for Sick Children, Toronto. J Neurosurg. 2007;107(5 Suppl):358-64.
102. Khan SA, Khan MF, Bakhshi SK, Irfan O, Khan HAR, Abbas A, et al. Quality of Life in Individuals Surgically Treated for Congenital Hydrocephalus During Infancy: A Single-Institution Experience. World Neurosurg. 2017;101:247-53.
103. Abu-Arafeh I, Razak S, Sivaraman B, Graham C. Prevalence of headache and migraine in children and adolescents: a systematic review of population-based studies. Dev Med Child Neurol. 2010;52(12):1088-97.
104. Wober-Bingol C. Epidemiology of migraine and headache in children and adolescents. Curr Pain Headache Rep. 2013;17(6):341.
105. Zwart JA, Dyb G, Holmen TL, Stovner LJ, Sand T. The prevalence of migraine and tension-type headaches among adolescents in Norway. The Nord-Trondelag Health Study (Head-HUNT-Youth), a large population-based epidemiological study. Cephalalgia. 2004;24(5):373-9.
106. Kroner-Herwig B, Heinrich M, Morris L. Headache in German children and adolescents: a population-based epidemiological study. Cephalalgia. 2007;27(6):519-27.
107. Gassmann J, Vath N, van Gessel H, Kroner-Herwig B. Risk factors for headache in children. Dtsch Arztebl Int. 2009;106(31-32):509-16.
108. Larsson B, Sund AM. One-year incidence, course, and outcome predictors of frequent headaches among early adolescents. Headache. 2005;45(6):684-91.
109. Bellini B, Arruda M, Cescut A, Saulle C, Persico A, Carotenuto M, et al. Headache and comorbidity in children and adolescents. J Headache Pain. 2013;14:79.
110. Straube A, Heinen F, Ebinger F, von Kries R. Headache in school children: prevalence and risk factors. Dtsch Arztebl Int. 2013;110(48):811-8.
111. Kroner-Herwig B, Morris L, Heinrich M. Biopsychosocial correlates of headache: what predicts pediatric headache occurrence? Headache. 2008;48(4):529-44.
112. Zencir M, Ergin H, Sahiner T, Kilic I, Alkis E, Ozdel L, et al. Epidemiology and symptomatology of migraine among school children: Denizli urban area in Turkey. Headache. 2004;44(8):780-5.
113. Bener A, Uduman SA, Qassimi EM, Khalaily G, Sztriha L, Kilpelainen H, et al. Genetic and environmental factors associated with migraine in schoolchildren. Headache. 2000;40(2):152-7.
114. Aromaa M, Sillanpaa M, Rautava P, Helenius H. Pain experience of children with headache and their families: A controlled study. Pediatrics. 2000;106(2 Pt 1):270-5.
115. Pogliani L, Spiri D, Penagini F, Nello FD, Duca P, Zuccotti GV. Headache in children and adolescents aged 6-18 years in northern Italy: prevalence and risk factors. Eur J Paediatr Neurol. 2011;15(3):234-40.
116. Brna P, Dooley J, Gordon K, Dewan T. The prognosis of childhood headache: a 20-year follow-up. Arch Pediatr Adolesc Med. 2005;159(12):1157-60.
117. Oksanen A, Metsahonkala L, Anttila P, Aromaa M, Jappila E, Viander S, et al. Leisure activities in adolescents with headache. Acta Paediatr. 2005;94(5):609-15.

118. Milde-Busch A, von Kries R, Thomas S, Heinrich S, Straube A, Radon K. The association between use of electronic media and prevalence of headache in adolescents: results from a population-based cross-sectional study. BMC Neurol. 2010;10:12.
119. Milde-Busch A, Blaschek A, Borggrafe I, Heinen F, Straube A, von Kries R. Associations of diet and lifestyle with headache in high-school students: results from a cross-sectional study. Headache. 2010;50(7):1104-14.
120. Robberstad L, Dyb G, Hagen K, Stovner LJ, Holmen TL, Zwart JA. An unfavorable lifestyle and recurrent headaches among adolescents: the HUNT study. Neurology. 2010;75(8):712-7.
121. Blau JN. Water deprivation: a new migraine precipitant. Headache. 2005;45(6):757-9.
122. Spigt MG, Kuijper EC, Schayck CP, Troost J, Knipschild PG, Linssen VM, et al. Increasing the daily water intake for the prophylactic treatment of headache: a pilot trial. Eur J Neurol. 2005;12(9):715-8.
123. Dooley J, Bagnell A. The prognosis and treatment of headaches in children--a ten year follow-up. Can J Neurol Sci. 1995;22(1):47-9.
124. Beez T, Bellstadt L, Steiger HJ, Sarikaya-Seiwert S. Headache and Shunt-Related Impact on Activities of Daily Life in Patients Growing Up with a Ventriculoperitoneal Shunt. J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg. 2018;79(3):196-9.
125. Topp CW, Ostergaard SD, Sondergaard S, Bech P. The WHO-5 Well-Being Index: a systematic review of the literature. Psychother Psychosom. 2015;84(3):167-76.
126. Allgaier AK, Pietsch K, Fruhe B, Prast E, Sigl-Glockner J, Schulte-Korne G. Depression in pediatric care: is the WHO-Five Well-Being Index a valid screening instrument for children and adolescents? Gen Hosp Psychiatry. 2012;34(3):234-41.

8 Anhang

Hydrocephalus-Studie des Dr. von Haunerschen Kinderspitals München

Name des Kindes: …… Geburtsdatum: ……

Geburtsgewicht: …… Schwangerschaftswoche: ……

Geschwister: ☐ja ☐nein Zwillinge: ☐ja ☐1. Zwilling ☐2. Zwilling ☐nein

Datum: (1. Ventilanlage) …… Revisionen: ☐ja ☐nein

Aktueller Ventiltyp: ……..

Entwicklung

Schulausbildung: ☐Regelschule ☐Förderschule ☐Behindertenschule ☐keine

Sonstiges: ……

Geistige Fähigkeiten: ☐altersentsprechend ☐verzögert ☐Teilleistungsschwäche ☐unterentwickelt

Sonstiges: ……

Motorische Entwicklung: ☐altersentsprechend ☐mit Hilfsmitteln gehfähig ☐rollstuhlpflichtig

Sonstiges: ……..

Welchen Sport betreibt Ihr Kind: ……

Epilepsie

Leidet Ihr Kind an einer Form zerebraler Krampfanfälle (Epilepsie)? ☐Ja ☐nein

Ist ihr Kind mit Medikamenten anfallsfrei? ☐Ja seit wann …… ☐nein

Wie häufig traten Anfälle im letzten Monat/ Jahr auf? …… pro Monat oder …… pro Jahr

Traten die Anfälle in bestimmten Situationen auf? Wenn ja in welchen

Kopfschmerzen

Wie häufig traten bei Ihrem Kind Kopfschmerzen in den letzten 6 Monaten im Durchschnitt auf?

☐jeden Tag ☐mindestens jede Woche ☐mindestens 2mal pro Monat ☐seltener

Wie lange dauern die Kopfschmerzen meistens?

☐bis zu 1 Stunde ☐2-4 Stunden ☐bis zu einem Tag ☐2 Tage ☐länger als 2 Tage

Wie stark sind die Schmerzen im Durchschnitt?

☐10 ☐9 ☐8 ☐7 ☐6 ☐5 ☐4 ☐3 ☐2 ☐1 ☐0

Schlimmster vorstellbarer Schmerz keine Schmerzen

Wenn Ihr Kind Kopfschmerzen hat, dann …?	nie	selten	manchmal	häufig	oft
stört es laute Geräusche	☐	☐	☐	☐	☐
stört es helles Licht	☐	☐	☐	☐	☐
ist ihm dabei schlecht	☐	☐	☐	☐	☐
muss es sich übergeben	☐	☐	☐	☐	☐
werden die Schmerzen schlimmer, wenn es sich bewegt	☐	☐	☐	☐	☐
flimmert es vor den Augen	☐	☐	☐	☐	☐
hat es einen verspannten Nacken/Hals	☐	☐	☐	☐	☐
ist ihm schwindlig	☐	☐	☐	☐	☐
Sonstiges ……	☐	☐	☐	☐	☐

Die Kopfschmerzen treten auf nach

Wetter-/ Klimawechsel	☐	☐	☐	☐	☐
Lärm	☐	☐	☐	☐	☐
Viel Fernsehen/ Computer spielen	☐	☐	☐	☐	☐
Zu wenig getrunken	☐	☐	☐	☐	☐
An heißen Tagen	☐	☐	☐	☐	☐
Starker körperlicher Anstrengung	☐	☐	☐	☐	☐
Zu wenig Schlaf	☐	☐	☐	☐	☐
Am Wochenende/ zu Ferienbeginn	☐	☐	☐	☐	☐
Streit/ Stress (Schule, Umfeld)	☐	☐	☐	☐	☐
Sonstiges ……..	☐	☐	☐	☐	☐

Bewältigungsstrategien

Kurze Pause machen	☐	☐	☐	☐	☐
Hinlegen (dunkles Zimmer)	☐	☐	☐	☐	☐
Medikament	☐	☐	☐	☐	☐
Sonstiges ……..	☐	☐	☐	☐	☐

Welche Medikamente nimmt Ihr Kind gegen die Kopfschmerzen ein?

Welches, in welcher Dosierung	sehr selten	manchmal	oft	jedes Mal
……..	☐	☐	☐	☐
……..	☐	☐	☐	☐
…….	☐	☐	☐	☐
……..	☐	☐	☐	☐

Leben mit dem Shunt

Wie zufrieden sind Sie insgesamt mit dem Shunt?

☐10 ☐9 ☐8 ☐7 ☐6 ☐5 ☐4 ☐3 ☐2 ☐1 ☐0

Sehr zufrieden sehr unzufrieden

Beeinflusst der Shunt Ihren Alltag?
Wenn ja in welcher Art und Weise

Treffen Sie Vorsichtsmaßnahmen vor Reisen, Sport?
Wenn ja welche

An wie vielen Tagen pro Monat treten Beschwerden auf, die Sie auf den Shunt zurückführen?

Um welche Beschwerden handelt es sich dabei?

WHO-Fragebogen zur Lebensqualität („Wellbeing Five")

Während der letzten zwei Wochen	**Die ganze Zeit**	**Meistens**	**Mehr als die halbe Zeit**	**Weniger als die halbe Zeit**	**Manchmal**	**Zu keiner Zeit**
... war Ihr Kind froh und guter Laune	☐5	☐4	☐3	☐2	☐1	☐0
… fühlte sich Ihr Kind ruhig und entspannt	☐5	☐4	☐3	☐2	☐1	☐0
… fühlte sich Ihr Kind beim Aufwachen frisch und ausgeruht	☐5	☐4	☐3	☐2	☐1	☐0
… fühlte sich Ihr Kind dynamisch und aktiv	☐5	☐4	☐3	☐2	☐1	☐0
… war der Alltag voller Dinge, die Ihr Kind interessieren	☐5	☐4	☐3	☐2	☐1	☐0

Freier Platz für eigene Anmerkungen:

Bitte senden Sie diesen Fragebogen schnellstmöglich an nachstehende E-Mailadresse zurück.

Sollten Sie Probleme mit der Beantwortung haben, wenden Sie sich an Ihren Kinderarzt oder gerne auch an mich.

Vielen Dank

9 Danksagung

Hiermit möchte ich allen Beteiligten meinen herzlichen Dank aussprechen.

An erster Stelle möchte ich mich bei Herrn PD Dr. med. Markus Lehner, ehemaliger Oberarzt und Leiter der kraniospinalen Sprechstunde in der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital und aktuell Co-Chefarzt Kinderchirurgie und Leiter der Neurochirurgie am Kinderspital in Luzern, für die Überlassung des interessanten Promotionsthemas und sein Vertrauen in eine erfolgreiche Erarbeitung bedanken. Auch aus der Ferne hatte er immer ein offenes Ohr für mich.

Meiner Betreuerin Frau PD Dr. med. Danielle Wendling-Keim, Leiterin der Ambulanz in der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital, gilt mein großer Dank für ihre tagtägliche Unterstützung. Sie stand mir immer wieder mit Anregungen und Ratschlägen helfend zur Seite und beantwortete geduldig all meine Fragen.

Zuletzt bedanke ich mich im Besonderen bei meiner Familie, welche mir in jeder Phase des Studiums und dieser Arbeit motivierend zur Seite stand, mich ermutigte und mir immer eine Stütze war.

10 Eidesstattliche Versicherung

LMU LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT MÜNCHEN | Promotionsbüro Medizinische Fakultät | MMRS

Eidesstattliche Versicherung

Kren Elena

Name, Vorname

Ich erkläre hiermit an Eides statt,

dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Titel

Langzeitanalyse der verschiedenen Shuntsysteme bei der Therapie des Hydrocephalus im Kindesalter

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

München, 19.07.2023

Ort, Datum

Elena Kren

Unterschrift Doktorandin bzw. Doktorand

11 Lebenslauf