

*AUS DEM LEHRSTUHL  
FÜR NEUROCHIRURGIE  
PROF. DR. ALEXANDER BRAWANSKI  
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN  
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG*

**Hydrozephalus und VP-Shuntanlage**  
-  
**Indikationen, klinischer Verlauf und Komplikationen.**  
**Eine retrospektive Analyse von 2002 bis 2012**

Inaugural – Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
Medizin

der  
Fakultät für Medizin  
der Universität Regensburg

vorgelegt von  
Kathrin Kiene

2017



*AUS DEM LEHRSTUHL  
FÜR NEUROCHIRURGIE  
PROF. DR. ALEXANDER BRAWANSKI  
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN  
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG*

**Hydrozephalus und VP-Shuntanlage  
-  
Indikationen, klinischer Verlauf und Komplikationen.  
Eine retrospektive Analyse von 2002 bis 2012**

Inaugural – Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
Medizin

der  
Fakultät für Medizin  
der Universität Regensburg

vorgelegt von

Kathrin Kiene

2017

**Dekan:**

**Prof. Dr. Dr. Torsten E. Reichert**

1. Berichterstatter:

Prof. Dr. Karl-Michael Schebesch

2. Berichterstatter:

PD Dr. Christian Pfeifer

Tag der mündlichen Prüfung:

07.08.2017



# Inhaltsverzeichnis

<b>1. EINLEITUNG</b>	<b>7</b>
1.1 HISTORIE	7
1.2 HYDROZEPHALUS – DAS LIQUORSYSTEM	8
1.3 SYMPTOME DES HYDROZEPHALUS	9
1.4 HYDROZEPHALUSARTEN	10
1.5 AKTUELLE VERFAHREN ZUR BEHANDLUNG DES HYDROZEPHALUS	14
1.5.1 KONSERVATIV	14
1.5.2 OPERATIV	15
<b>2. MATERIAL UND METHODEN</b>	<b>18</b>
2.2 ERHEBUNG DER PATIENTENDATEN	18
2.2.1 KLASSIFIKATION BODY MASS INDEX	20
2.2.2 DEFINITION ANTIBIOTIKAGABE	20
2.3 OPERATIONSABLAUF	20
2.4 VERWENDETE MATERIALIEN	22
2.4.1 VERSCHIEDENE VENTILARTEN	22
2.4.1.1 MEDOS-HAKIM (FIRMA JOHNSON&JOHNSON)	22
2.4.1.2 DELTA VENTIL (FIRMA MEDTRONIC)	23
2.4.1.3 PROGAV (FIRMA MIETHKE)	24
2.4.2 KATHETERSYSTEME	26
2.4.2.1 KATHETER AUS POLYURETHAN	26
2.4.2.2 BACTISEAL KATHETER	27
2.4.2.3 SILVERLINE KATHETER	28
2.5 ERFASSUNG DES NEUROLOGISCHEN OUTCOMES	28
2.6 KOMPLIKATIONEN	29
2.6.1 DYSFUNKTION	29
2.6.2 FEHLLAGE	30
2.6.3 INFEKTION	31

2.7 ETHIKVOTUM	31
2.8 DATENANALYSE	31
<b>3. ZIELSETZUNG</b>	<b>33</b>
<b>4. ERGEBNISSE</b>	<b>34</b>
4.1 DESKRIPTIVE DATEN	34
4.1.1 DEMOGRAPHISCHE DATEN	34
4.1.1.1 ALTER	34
4.1.1.2 GESCHLECHTERVERTEILUNG	35
4.1.2 PATIENTENDATEN	37
4.1.3 TECHNISCHE DATEN	42
4.1.4 NEUROLOGISCHES OUTCOME	47
4.1.5 URSACHEN FÜR REVISIONEN – DIE KOMPLIKATIONEN	49
4.1.6 AUSMAß DER REVISION	50
4.2 RISIKOFAKTORENANALYSE (STATISTISCHE ANALYSE)	51
4.2.1 EINFLUSSFAKTOREN AUF DIE REVISIONSRATE	51
4.2.1.1 GESCHLECHT UND ALTER	51
4.2.1.2 BODY MASS INDEX	54
4.2.1.3 KOMORBIDITÄTEN: DIABETES, MALIGNOM, GERINNUNGSSTÖRUNG	55
4.2.1.4 HYDROZEPHALUS-ÄTIOLOGIE	59
4.2.1.5 VENTILART UND PRÄOPERATIVE LIQUORMANIPULATION	61
4.2.2 KORRELATIONEN: PRÄDIKTOREN DER VERSCHIEDENEN KOMPLIKATIONEN	65
4.2.2.1 DYSFUNKTION VENTIL	66
4.2.2.1.1 DIE HYDROZEPHALUSÄTIOLOGIE	67
4.2.2.1.2 VENTIL-ARTEN	69
4.2.2.1.3 BESCHICHTETER KATHETER	70
4.2.2.2 DYSFUNKTION KATHETER	71
4.2.2.2.1 BODY MASS INDEX	72
4.2.2.2.2 HYDROZEPHALUSÄTIOLOGIE	74

4.2.2.2.3 PRÄOPERATIVE LIQUORMANIPULATION	75
4.2.2.2.4 BESCHICHTETER KATHETER	77
4.2.2.2.5 VENTIL-ARTEN	78
4.2.2.3 FEHLLAGE VENTRIKELKATHETER	79
4.2.2.3.1 HYDROZEPHALUSÄTIOLOGIE	80
4.2.2.3.2 BOHRLOCHTREPANATION	81
4.2.2.3.3 BESCHICHTETER KATHETER	82
4.2.2.4 FEHLLAGE PERITONEALKATHETER	84
4.2.2.4.1 BODY MASS INDEX	85
4.2.2.4.2 BESCHICHTETER KATHETER	86
4.2.2.5 INFEKTION	88
4.2.2.5.1 BODY MASS INDEX	89
4.2.2.5.2 DIABETES MELLITUS	90
4.2.2.5.3 MALIGNOMERKRANKUNG	91
4.2.2.5.4 PATHOLOGISCHE GERINNUNG	92
4.2.2.5.5 GESCHLECHT	93
4.2.2.5.6 HYDROZEPHALUSÄTIOLOGIE	95
4.2.2.5.7 PRÄOPERATIVE LIQUORMANIPULATION	96
4.2.2.5.8 BOHRLOCHTREPANATION	97
4.2.2.5.9 BESCHICHTETER KATHETER	99
4.2.2.5.10 ANTIBIOTIKABEHANDLUNG	100
4.2.2.5.11 DAUER DER OPERATION	101
<b>5. ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE</b>	<b>102</b>
<b>6. DISKUSSION</b>	<b>104</b>
6.1 DYSFUNKTION	104
6.2 FEHLLAGE	106
6.3 INFEKTION	108
<b>7. SCHLUSSFOLGERUNG UND AUSBLICK</b>	<b>114</b>

<b>8. ANHANG</b>	<b>116</b>
8.1 ABKÜRZUNGEN	116
8.2 ABBILDUNGEN	117
8.3 TABELLEN	118
8.4 DIAGRAMME	120
<b>9. LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>122</b>

# 1. Einleitung

## 1.1 Historie

„Etwa 50% der unbehandelten Patienten mit nachgewiesenem Hydrozephalus versterben an dessen Folgen. Die übrigen Patienten überleben in einem Stadium des „arrested hydrocephalus“, von denen bei Nachuntersuchungen nur 11-18% normale kognitive Fähigkeiten und keine neurologischen Ausfälle besitzen.“<sup>1</sup>

Die hier genannten Zahlen verdeutlichen die Behandlungsbedürftigkeit des Hydrozephalus. Dies war bereits den Ärzten im Mittelalter bewusst. Der erste Versuch, einen Hydrozephalus operativ zu behandeln, geht zurück auf den arabischen Chirurgen Abul-Quasim Al-Zahrawi (963-1013). Das Krankheitsbild des Hydrozephalus ist jedoch schon seit der Antike bekannt. Hippokrates prägte im 5. Jahrhundert vor Christus als erster diesen Begriff.

Aufgrund des zunächst rudimentären Wissens bezüglich der Ventrikel-Anatomie und der Herkunft des Liquors beschränkten sich die Therapieversuche vorerst auf konservative Maßnahmen; über viele Jahrhunderte angewandte Behandlungsmethoden bestanden aus der Gabe von Laxantien, Diuretika sowie Quecksilberzubereitungen zur Reduktion der Liquorproduktion, Aderlass, Einreibungen, Ernährungsbeschränkungen und der externen Bestrahlung des Kopfes. Speziell bei Kindern versuchte man das Kopfwachstum durch Kompressionsverbände und Gipsschalen aufzuhalten.<sup>2,3</sup>

Chirurgische Therapieoptionen etablierten sich erst nach und nach im Laufe des 18. und 19. Jahrhunderts, da diese sich zur Dauertherapie geeignet erwiesen. Veröffentlichungen von Magendie, Monro und Cotugno revolutionierten das Verständnis für die Anatomie und Pathophysiologie des Liquorsystems.<sup>4</sup> Diese Erkenntnisse bildeten die Voraussetzung für multiple zukünftige Eingriffe.

Als Erster versuchte sich Le Cat 1744 aufgrund des neu erlangten Wissens an einer Ventrikelpunktion.

Im weiteren Verlauf wurde über unterschiedliche Techniken wie Lumbalpunktionen, externe Drainagen oder Ventrikelpunktionen auf variablen Zugangswegen versucht, den aufgestauten Liquor abzuleiten.

Mithilfe der Asepsis, die im 19. Jahrhundert entwickelt wurde, erschienen diese Eingriffe erfolgsversprechend.<sup>2</sup>

Verschiedenste Materialien kamen dabei zum Einsatz: u.a. Glaswolle, Catgut, Seidenfäden, Silber-, Gold – oder Gummiröhrchen sowie Venentransplantate.

Die Ableitungen erfolgten in subgaleale, subdurale und subarachnoidale Räume sowie versuchsweise in das Wangenfett, das Gefäßsystem, die Peritonealhöhle oder den Retroperitonealraum und sogar in den Ureter.<sup>5-8</sup>

Über die Jahre kristallisierten sich bestimmte Vorgehensweisen als besonders wirksam heraus, wie zum Beispiel die ventrikulo-peritoneale und ventrikulo-ariale Ableitung.

Vor allem die Einführung ventilregulierter Shunts und biokompatibler Kunststoffmaterialien erlaubten eine sichere und zuverlässige Liquorableitung ohne die bisherigen Komplikationen der Überdrainage oder Reaktion auf körperfremdes Material.<sup>9</sup>

## **1.2 Hydrozephalus – Das Liquorsystem**

Der Liquor cerebrospinalis ist eine klare, farblose Flüssigkeit, die nur wenige Zellen und eine niedrige Protein- sowie Glucosekonzentration besitzt.

Die Aufgabe des Liquors besteht primär darin, als eine Art Flüssigkeitskissen das empfindliche Gehirn vor Druck- und Stoßeinwirkungen zu schützen.

Er gibt dem Gehirn einen Auftrieb, sodass dessen physikalisches Effektivgewicht, das auf dem Knochen zu liegen kommt, nur noch 1/30 des tatsächlichen Gewichts des Gehirns beträgt.

Weitere wichtige Funktionen des Liquors sind u.a. die Konstanthaltung des extrazellulären Milieus, die Entfernung potentiell schädlicher Stoffwechselprodukte aus dem Gehirn sowie Einflussnahme auf essentielle neuronale Funktionen wie zum Beispiel die Regulation des Atemzentrums.

Die inneren Liquorräume entsprechen dem Ventrikelsystem. Dieses besteht aus den zwei Seitenventrikeln, dem III. Ventrikel, dem IV. Ventrikel und dem Aquädukt, das den III. und IV. Ventrikel miteinander verbindet.

Hier befinden sich die Plexus choroidei, die die Liquorproduktion übernehmen.

Von den Plexus choroidei, die sich an den Dächern der Ventrikel befinden, werden circa 500ml Liquor pro Tag gebildet. Zu einem geringen Anteil ist auch das Ependym, das die Ventrikel auskleidet, an der Liquor-Produktion beteiligt. Davon zirkulieren ungefähr 130-150ml in den inneren (20%) und äußeren (80%) Liquorräumen.

Der IV. Ventrikel verfügt über drei Öffnungen an den Enden seiner Recessus: die lateralen Foramina Luschkae und das mediane Foramen Magendii. Über diese Aperturæ kommunizieren der innere und der äußere Liquorraum miteinander.

Den Ventrikeln gegenüber steht der Subarachnoidalraum als äußerer Liquorraum, welcher zwischen der Pia mater und der Arachnoidea gelegen ist. Mit eingeschlossen sind lokale Erweiterungen, die sogenannten Zisternen.

Hier findet die Rückresorption des Liquors in die Blutbahn statt: Sie erfolgt in erster Linie über die sogenannten Arachnoidalzotten, Ausstülpungen der Arachnoidea. Diese leiten den Liquor in die Sinus durae matris, die venösen Blutgefäße der harten Hirnhaut.

Im Wirbelkanal und im Bereich der Schädelbasis wird diese Aufgabe zusätzlich von Venen- und Lymphgefäßplexus, die sich an den Austrittsstellen der Spinal- und Hirnnerven befinden, übernommen.

Kommt es zu einer Imbalance zwischen Liquorproduktion- und resorption, so können bereits kleinste Volumenschwankungen beträchtliche Funktionsstörungen als Folge nach sich ziehen. Bei einem Liquoraufstau entwickelt sich das klinische und morphologische Bild eines Hydrozephalus.<sup>10</sup>

### **1.3 Symptome des Hydrozephalus**

Bezüglich des Auftretens von Symptomen erhöhten Hirndrucks haben Säuglinge und Kleinkinder bis zum knöchernen Verschluss der Suturen den Vorteil, dass bei ihnen die Möglichkeit zur Kompensation durch eine Aufweitung der noch nicht verschlossenen Schädelnähte besteht. Durch eine mehr oder minder ausgeprägte Größenzunahme des Schädels wird so dem erhöhten intrakraniellen Druck entgegengewirkt. Dennoch zeigen die an einem Hydrozephalus erkrankten Kinder Entwicklungsstörungen, progredientes Kopfwachstum, motorische Unruhe, schrilles Schreien, während die typischen Symptome erhöhten Hirndrucks ausbleiben.

Die Suturen des Erwachsenen hingegen sind knöchern verschlossen. Aus diesem Grund kann sich der Schädel nicht mehr durch Größenzunahme den gesteigerten Druckverhältnissen anpassen.<sup>10</sup> Es kommt zu einer rascheren Zunahme des intraventrikulären Drucks. In der Folge treten die charakteristischen Hirndruckzeichen wie Kopfschmerzen, Übelkeit und Erbrechen, später Sehstörungen durch Stauungspapillen und Bewusstseinsstörungen auf. Die Beschwerden sind morgens meist stärker ausgeprägt, da in liegender Position besonders wenig Liquor rückresorbiert wird.<sup>1</sup>

Übereinstimmend mit den oben genannten Beobachtungen klagte ein Großteil der Patienten, die an der vorliegenden Studie teilgenommen hatten, präoperativ vor allem über Kopfschmerzen. Keiner der Patienten war vor der Operation (Op) beschwerdefrei.

Bei einem längere Zeit bestehenden Hydrozephalus kann es im schlimmsten Fall zur strukturellen Hirnschädigung, dem irreversiblen Untergang von Hirnzellen, kommen.<sup>11</sup>

## 1.4 Hydrozephalusarten

Bezüglich der Ätiologie lassen sich die Shunt-Patienten der vorgenommenen Studie in 5 Gruppen unterteilen:

### 1. Hydrozephalus malresorptivus

Diese Art von Hydrozephalus, auch als kommunizierender oder extraventrikulär obstruktiver Hydrozephalus bezeichnet, wird durch eine gestörte Rückresorption des Liquors bedingt. Im Gegensatz zum Hydrozephalus occlusivus beziehungsweise obstructivus befindet sich die Blockade außerhalb der Ventrikel im Subarachnoidalraum, genauer gesagt im Bereich der Pacchioni-Granulationes oder des Sinus sagittalis superior. Die „Theorie der gestörten extrakraniellen venösen Drainage“ wird kontrovers diskutiert.

Ursachen für diese Hydrozephalusätiologie stellen die Subarachnoidalblutung - in 15 - 20% der Fälle - oder ein vorausgegangenes Schädelhirntrauma dar. Ein Hydrozephalus malresorptivus kann jedoch auch Folge einer Operation sein oder im Rahmen einer Meningitis oder Meningeosis carcinomatosa auftreten.

Der erhöhte Gehalt an Blutabbauprodukten und Proteinen, der sich durch oben genannte Erkrankungen im Liquor findet, führt zu Verklebungen im Filtersystem der Granulationes.

Die Symptome können sich äußerst vielschichtig manifestieren, im Vordergrund steht jedoch die psychomotorische Verlangsamung.

Die Entwicklung der Beschwerden schreitet meist schleichend über mehrere Tage oder Wochen voran und macht sich oftmals nur durch einen verlangsamten Rehabilitationsfortschritt bemerkbar.<sup>12</sup>

## 2. Hydrozephalus occlusivus

Die Entstehung eines Hydrozephalus occlusivus beruht auf einer Störung der Zirkulation des Liquors durch blockierte Abflusswege. Diese Obstruktion kann an verschiedenen Stellen lokalisiert sein, dazu zählen die Foramina Monroi, der III Ventrikel, das Aquädukt, der IV. Ventrikel oder seine Ausgänge, die Aperturæ laterales und das Foramen Magendi.

Während sich die Symptome des Hydrozephalus malresorptivus eher schleichend und chronisch entwickeln, kann es bei einem Hydrozephalus occlusivus zu einem akuten Verschluss und somit zu einem raschen Hirndruckanstieg kommen.

Die Ursache der Verlegung des Liquorweges ist häufig ein Tumor im Bereich des Cerebellum, des III. oder IV. Ventrikels oder der Pinealisregion; weitere Auslöser können Kolloidzysten oder Atresien des Foramen Monroi sein.

Der Hydrozephalus occlusivus ist laut Jeng et al.<sup>13</sup> die Hydrozephalusentität, welche häufiger Kinder und Säuglinge betrifft.

Intrauterine Verklebungen oder Entzündungen im Bereich der Ventrikel sowie Ventrikelblutungen, die bei Frühgeborenen auftreten, werden als Ursachen für eine behinderte Liquorpassage verantwortlich gemacht. Eine Aquäduktstenose tritt bei 10% aller Neugeborenen auf, wobei die Inzidenz sinkend ist. Auch die Erkrankung an Neurofibromatose trägt zum Entstehen eines Hydrozephalus occlusivus bei Kindern bei. Zudem spielen erbliche Faktoren keine unwesentliche Rolle.<sup>13</sup>

Laut Reddy et al.<sup>14</sup> ist die Ventrikulozisternostomie bei der Behandlung des obstructiven Hydrozephalus noch Methode der Wahl als Alternative zur Shuntimplantation. Jedoch wird kontrovers diskutiert, welche Maßnahme bezüglich des Nutzen-Risiko-Profiles vorzuziehen ist.<sup>15-17</sup>

### 3. Normaldruckhydrozephalus (NPH)

Die Ätiologie des Normaldruckhydrozephalus ist bisher ungeklärt. Die Bildgebung zeigt meist erweiterte Hirnventrikel in der Computertomographie (CT) oder Kernspintomographie (MRT) <sup>18</sup> in Kombination mit einem normwertigen oder transient (leicht) erhöhten intrakraniellen Druck. Während verschiedenste Erklärungsansätze in der Wissenschaft kursieren, herrscht zumindest der Konsens, dass bei dieser Erkrankung ein erhöhter Abflusswiderstand des Liquors eine Rolle spielt.<sup>19</sup>

Einer Theorie von Greitz et al. <sup>20</sup> zur Folge ist eine Einschränkung des Windkessel-effekts der basalen Hirnarterien und dadurch eine Schädigung und Volumenreduktion des periventrikulären Gewebes zugunsten einer Ventrikelaufweitung als ursächlich zu betrachten. <sup>21,22</sup>

Unterschieden werden ein idiopathischer NPH, welcher sich typischerweise ab dem 60. Lebensjahr manifestiert, und ein sekundärer Normaldruckhydrozephalus, welcher in jeder Altersgruppe entstehen kann. Dem sekundären NPH liegen unterschiedliche Ursachen zugrunde; allen voran Gehirnblutungen vor allem im Bereich des Subarachnoidalraums (23%), und Kopfverletzungen in Folge eines Schädelhirntraumas sowie Tumoren, Meningitiden oder Schlaganfälle. <sup>22,23</sup>

Die Patienten werden meist durch die sogenannte „Hakim-Trias“ auffällig, die sich aus den folgenden drei Symptomen zusammensetzt: Demenz, Harn-/Stuhlinkontinenz und Gangstörungen, welche als führendes Symptom in 92% aller Fälle auftreten. <sup>23</sup>

Die typische klinische Kombination aller drei Krankheitszeichen findet sich laut der Deutschen Gesellschaft für Neurologie (DGN) bei 48% aller NPH-Patienten. Beweissend für die Diagnose sind mindestens zwei Symptome, wobei die Gangstörung als obligat vorausgesetzt wird <sup>24</sup> Bei der Diagnosefindung ist es vor allem wichtig, das klinische Gesamtbild aus Symptomen und Bildgebung zu bewerten. <sup>25</sup>

Wie der Symptomkomplex bereits vermuten lässt, ist es differentialdiagnostisch schwierig, diese Hydrozephalusentität von einer Parkinson- oder Alzheimer-Erkrankung abzugrenzen, zumal diese oft auch parallel bestehen. <sup>26</sup>

Dieser Problematik kann jedoch durch den Spinal-Tap-Test entgegengewirkt werden, welcher bei einem positiven Ergebnis als Kriterium zur Op-Indikation herangezogen werden kann. Gleichzeitig dient er zur Ausschlussdiagnostik entzündlicher Ursachen sowie zur Abgrenzung des NPH zum Morbus Alzheimer. <sup>27</sup>

Die DGN empfiehlt, einen präoperativen Spinal-Tap-Test aufgrund seiner leichten Durchführbarkeit und in Anbetracht eines positiv prädiktiven Wertes von 73 – 100%

bezüglich des Nutzens einer Shuntimplantation mit großzügiger Indikation anzuwenden.<sup>23,27</sup>

#### 4. Pseudotumor cerebri

Der Pseudotumor cerebri, der auch als idiopathische intrakranielle Hypertension (IIH) bezeichnet wird, ist eine chronische Erkrankung, in deren Verlauf der Hirndruck ohne bisher erklärbare Ursache durch eine Schwellung des Gehirnparenchyms ansteigt.

Von einem sekundären idiopathischen Hydrozephalus ist die Rede, wenn organische Leiden als Auslöser des erhöhten intrakraniellen Drucks (ICP) infrage kommen. Hierzu zählt u.a. das Schlafapnoesyndrom, chronisches Nierenleiden oder eine Sinusvenenthrombose.

Die Namensgebung erfolgte aufgrund der typischen hirntumorassoziierten Symptome, zu denen Kopfschmerzen, Übelkeit und Erbrechen, Sehstörungen und u.a. auch kognitive Einschränkungen sowie ein pulsierender Tinnitus gehören. Charakteristisch für die IIH sind Stauungspapillen, die sich aufgrund des anhaltend erhöhten Drucks ausbilden. Die Symptome können jedoch individuell sehr unterschiedlich ausfallen.

Der Pseudotumor cerebri wird wie auch der Normaldruckhydrozephalus kontrovers hinsichtlich seiner Ursachen diskutiert. In Betracht gezogen werden ein gestörter Vitamin A-Stoffwechsel oder auch Cerebralvenen-Abnormalitäten. Des weitern werden bestimmte Medikamente sowie Übergewicht oder eine schnelle Gewichtszunahme mit einem erhöhten Gehirndruck in Verbindung gebracht. Das Patientengut stellen laut einer Studie von Biousse et al.<sup>28</sup> vor allem übergewichtige Frauen zwischen 20 und 45 dar. Andere Autoren bestätigen ein erhöhtes Risiko bei jungen, übergewichtigen Frauen daran zu erkranken.<sup>29</sup>

Die Diagnose eines Pseudotumor cerebri findet anamnestisch sowie mithilfe diagnostischer Bildgebung statt. Das MRT oder CT dient dazu, andere neurologische für einen erhöhten ICP verantwortliche Ursachen wie einen Tumor oder eine Sinusvenenthrombose auszuschließen. Darüber hinaus werden eine augenärztliche Untersuchung zum Nachweis von Stauungspapillen und eine Liquorabnahme per Lumbalpunktion durchgeführt.

## 5. Sonstige (u.a. Spina bifida, Dandy Walker Malformation)

Darunter fanden sich u.a. Patienten mit Dandy-Walker-Malformation, einer angeborenen Erkrankung des Zentralen Nervensystems. Hierbei ist der IV. Ventrikel zystisch erweitert und das Cerebellum fällt durch eine Hypoplasie auf, was zu einer retardierten motorischen Entwicklung im Sinne von Gang und Koordinationsstörungen sowie einem erniedrigten Muskeltonus führt.

Eine weitere Gruppe machten Patienten mit einer Spina bifida aus. Diese embryonale Verschlussstörung, die vor allem im Lumbalbereich der Wirbelsäule auftritt, ist eine der häufigsten Behinderungen bei Neugeborenen. Der Grad der Ausprägung reicht dabei von keinen oder minimalen Einschränkungen bis hin zu schweren neurologischen Symptomen.

## **1.5 Aktuelle Verfahren zur Behandlung des Hydrozephalus**

Derzeit stehen den Neurochirurgen verschiedene Verfahren, die aus der historischen Entwicklung hervorgegangen sind, zur Behandlung des Hydrozephalus zur Verfügung.

### **1.5.1 Konservativ**

Im Rahmen der konservativen Therapie stellte sich die Mehrzahl der Anwendungen als erfolglos dar. Lediglich die Gabe des Carboanhydrasehemmers Acetazolamids wurde beibehalten, um die Liquorproduktion zu senken.

Da die Behandlung mit Acetazolamid jedoch nur kurzfristig empfohlen wird, um eine Senkung des Hirndrucks zu erwirken, und zudem mit Nebenwirkungen behaftet ist, wird sie kontrovers diskutiert und nur in Ausnahmefällen angewandt.<sup>1</sup>

Die DGN schreibt, dass es „keine effiziente Pharmakotherapie des Normaldruckhydrozephalus“ gebe. Lediglich der therapeutische Einsatz der Liquorpunktion kommt bei Patienten, in deren Fall eine Operation aufgrund der Multimorbidität keine Option bietet, als Alternative zur Shuntimplantation in Frage.<sup>23</sup>

## 1.5.2 Operativ

Um auf Dauer Erfolge in der Therapie des Hydrozephalus zu erzielen, bleibt folglich nur der Einsatz chirurgischer Methoden.

Die Alternativen bestehen hierbei in der Anwendung endoskopischer Verfahren und der Anlage eines Shuntsystems.

### Endoskopie

Im Rahmen der Therapie des Occlusionshydrozephalus gewinnt die Zisternostomie wieder an Bedeutung. Die Fensterung des III. Ventrikels nahm Dandy bereits Anfang des 20. Jahrhunderts vor.<sup>2</sup>

Die Technik der sogenannten Ventrikulostomie des III. Ventrikels, wie sie auch heute noch angewandt wird, praktizierte erstmals McNickle 1947.<sup>2</sup>

Hierbei wird mithilfe endoskopischer Einsicht der Boden des III. Ventrikels perforiert und somit eine Ableitung des Liquors in die Cisterna interpeduncularis geschaffen. Dieses Verfahren zeigt in etwa 80% der Fälle ein erfolgreiches Outcome.<sup>1</sup>

Seltener kommt die Aquäduktplastie zum Einsatz, die dazu dient, passagere Engstellen im Verlauf des IV. Ventrikels zu beseitigen.

Der Vorteil der aufgezeigten Verfahren besteht darin, dass kein Fremdmaterial in den Körper eingebracht wird und die damit assoziierten Komplikationen wie Infektionen, Fehlfunktionen, Thrombosierung etc. vermieden werden.

Dem gegenüber stehen jedoch die deutlich erhöhte perioperative Morbidität von 8-9% und eine Mortalität von bis zu 1% bei der Zisternostomie im Vergleich zur Shunt-Implantation.

1,17,30

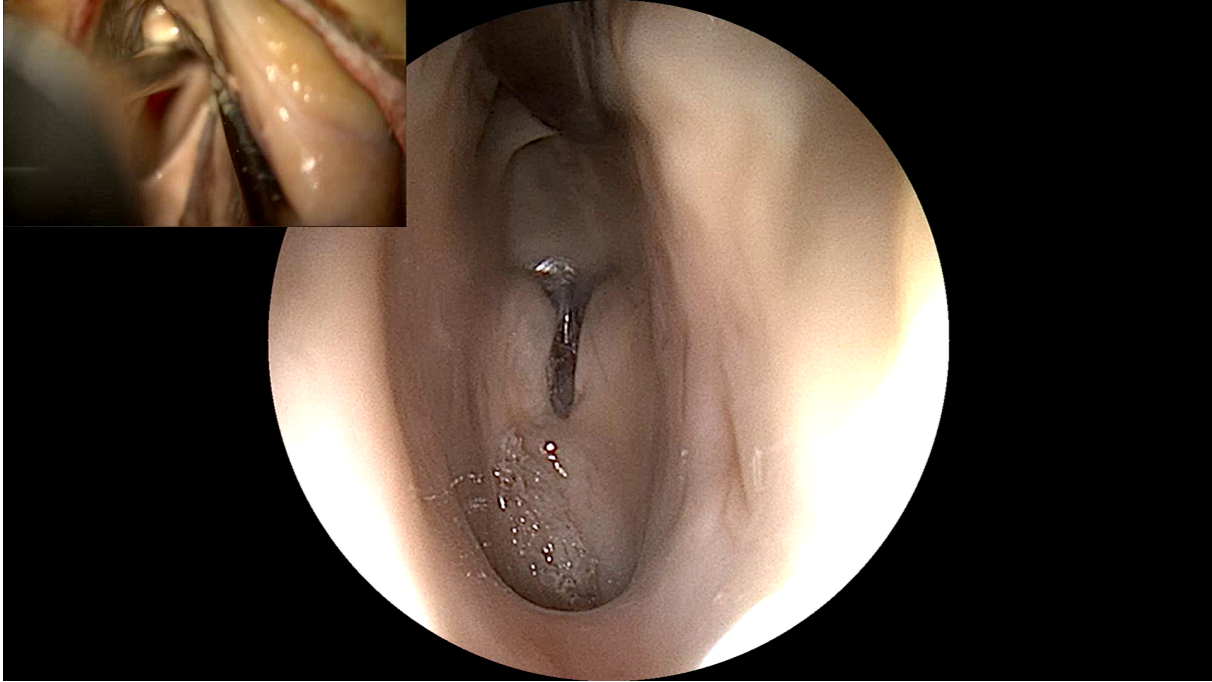


Abb. 1: Endoskop – Blick in den 3.Ventrikel (nach Passage des Foramen Monroi)

### **Shunt-Implantation**

Als Goldstandard in der Therapie des Hydrozephalus gilt heutzutage die Anlage eines Shunts. Während auch die ventrikulo-atriale oder lumbo-peritoneale Ableitung möglich ist, wird aktuell das ventrikulo-peritoneale Ableitungsverfahren favorisiert.

Bei diesem Verfahren wird Liquor vorzugsweise aus dem Vorderhorn eines der Seitenventrikel - ein okzipitaler Zugang ist auch möglich – über ein Ableitungssystem, bestehend aus Ventrikelkatheter, Punktionsreservoir, Ventil und Peritonealkatheter, in den Peritonealraum abgelassen. Bezüglich der Ventile unterscheidet man Kugel-, Schlitz- und Membranventile, die einen festgelegten Öffnungsdruck haben. Des Weiteren gibt es Ventile mit verstellbarem Öffnungsdruck, welcher mithilfe eines Magneten durch die Haut hindurch verändert werden kann und Gravitationsventile, die sich dadurch auszeichnen, dass sie ihren Öffnungsdruck an die Körperposition des Patienten anpassen.<sup>31</sup> Wahlweise werden auch zusätzlich sogenannte Antisiphoneinheiten in das Shuntsystem eingebaut, die eine Überdrainage beim Wechsel vom Liegen in eine aufrechte Körperposition verhindern sollen.<sup>1,12</sup>

Infolge der Shuntimplantation sind in erster Linie positive Auswirkungen auf funktionelle Beschwerden wie die Gangstörung und Urininkontinenz zu erwarten. Die kognitiven Defizite, auch im Rahmen einer bereits eingesetzten Demenz, sind nur in einem geringen Ausmaß beeinflussbar. Dies wird von Bughalo et al. <sup>32</sup> in einer Studie aus dem Jahr 2013 berichtet und von der DGN in der Leitlinie „Normaldruckhydrozephalus“ bestätigt. <sup>23</sup>

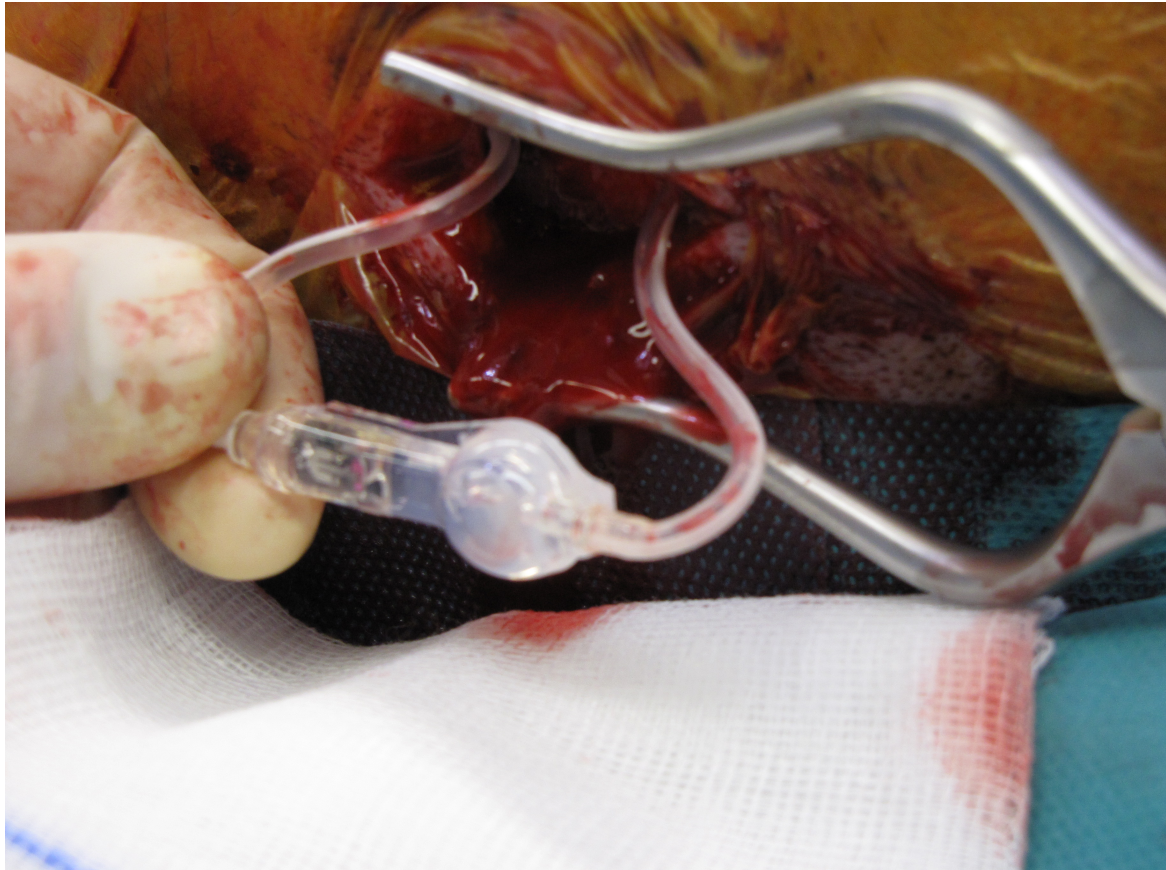


Abb. 2: Intraoperativ: angeschlossenes Ventil bei geöffneter Galea

Obwohl die Shuntableitung heutzutage das Mittel der Wahl ist, ist die Therapie doch mit häufigen Komplikationen und den damit verbundenen Reoperationen verbunden.

## 2. Material und Methoden

Die vorliegende Arbeit beruht auf einer retrospektiven Analyse aller Patienten, die im Zeitraum von 2002 bis 2012 in der Klinik und Poliklinik für Neurochirurgie des Uniklinikums Regensburg (UKR) aufgrund eines Hydrozephalus konsekutiv mit einem ventrikuloperitonealen Shunt versorgt wurden. Die Anzahl der Patienten, die sich in diesem Zeitraum der oben genannten Operation unterzogen, beträgt 471. 10 Patienten wurden aus der Studie ausgeschlossen, da entweder retrospektiv nicht ersichtlich war unter welcher Hydrozephalus-Indikation sie operiert wurden oder Daten zu anderen wichtigen Variablen fehlten. Somit gehen die Daten von 461 Patienten in die Auswertung ein.

In die Untersuchung einbezogen wurden auch 7 Patienten, die bereits an einem anderen Klinikum einen Shunt erhalten hatten, und am UKR einen neuen Shunt aufgrund einer aufgetretenen Komplikation implantiert bekamen.

Die Auswahl der Patienten wurde nach keinerlei weiteren Kriterien außer der Shunt-Operation getroffen. Aus diesem Grund ist das Patientengut heterogen.

### 2.2 Erhebung der Patientendaten

Die Patientendaten wurden den Entlassungsbriefen sowie Operations- und Anästhesieprotokollen der Klinik und Poliklinik für Neurochirurgie entnommen. Diese wurden über die Kliniksoftware für elektronische Patientenakten SAP<sup>33</sup> eingesehen.

Folgende Variablen/Parameter wurden erhoben:

- Alter bei Operation (Jahre/ Patienten < 1 Jahr: Monate)
- Dauer des stationären Aufenthalts (Tage)
- Geschlecht (männlich, weiblich)
- Gewicht (kg, Body Mass Index (BMI) in  $\text{kg}/\text{m}^2$ )
- Noxen: Nikotin -, Alkoholkonsum
- Komorbiditäten:
  - o Diabetes mellitus (ja, nein)

- Malignom (ja: parallel und in der Vorgeschichte aufgetreten, nein)
- Gerinnung (keine Auffälligkeiten, ASS/Marcumar, idiopathisch)
- Hydrozephalusätiologie (Beschreibungen siehe Einleitung):
  - Hydrozephalus malresorptivus
  - Hydrozephalus occlusivus
  - Normaldruckhydrozephalus
  - Pseudotumor cerebri
  - Sonstige Ursachen (Spina bifida, Dandy Walker Malformation etc.)
- Neurologischer Status (präoperativ, postoperativ bei Entlassung, bei Wiedervorstellung)
- Präoperative Liquormanipulationen (u.a. Externe Ventrikel Drainage (EVD), Lumbalpunktion/-drainage)
- Neue Bohrlochtrepanation
- Verwendetes Kathetermaterial
- Ventilart
- Op-Dauer (Minuten)
- Druckstufe (initial, bei Entlassung, bei Wiedervorstellung)
- Antibiotikagabe (perioperativ zusätzlich zur intraoperativen Single-Shot-Gabe)
- Komplikationen:
  - Dysfunktion
  - Fehllage
  - Infektion
- Revisionen:
  - Abstand der Revision zur Shuntimplantation (Monate)
  - Anzahl der Revisionen
  - Gegenstand der Revision (Ventil, VK, PK, alles, mehrere, neuer Shunt)

## 2.2.1 Klassifikation Body Mass Index

Mithilfe der folgenden Tabelle, welche an die Einteilung des BMIs durch die World Health Organisation (WHO) angelehnt ist, wurde die Einteilung in die einzelnen Gewichtsklassen vorgenommen.

Während die Standardtabelle der WHO <sup>34</sup> nicht nach den Geschlechtern unterscheidet, wurde für diese Studie eine Tabelle verwendet, die den unterschiedlichen Körperbau von Mann und Frau berücksichtigt.

<b>Klassifikation</b>	<b>BMI Mann (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>BMI Frau (kg/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Untergewicht</b>	< 18,5	< 17,5
<b>Normalgewicht</b>	18,5-24,9	17,5-23,9
<b>Übergewicht</b>	25,0-29,9	24,0-28,9
<b>Adipositas</b>	≥ 30,0-34,9	≥29,0-33,9

Tab. 1: BMI-Tabelle für Männer und Frauen <sup>35</sup>

## 2.2.2 Definition Antibiotikagabe

Intraoperativ erhielten alle Patienten eine einmalige Singleshot-Antibiotikagabe zur Infektionsprophylaxe. Darüber hinaus wurden Patienten perioperativ aufgrund einer vorbestehenden Infektion, meist eines Harnwegsinfektes, antibiotisch behandelt. Diese geht in unsere Statistik als Variable „Antibiotikagabe“ ein.

## 2.3 Operationsablauf

In der Klinik und Poliklinik für Neurochirurgie des UKRs geht der Operateur bei der Implantation eines ventrikuloperitonealen Shunts standardmäßig nach folgendem Protokoll vor. Dieses wurde exemplarisch einem Operationsbericht entnommen.

Die Operation wird in Intubationsnarkose durchgeführt. Der Patient wird in Rückenlage gelagert und der Kopf - je nach Seite, auf der der Katheter intrakraniell eingebracht werden soll - nach links bzw. rechts gedreht. Hierbei wird die rechte Seite grundsätzlich bevorzugt, weshalb das weitere Vorgehen für diese Seite beschrieben wird. Für sterile Bedingungen erfolgt nun die Teilrasur der Haare rechts frontal bis retroaurikulär und rechts periumbilical, danach das sterile Abwaschen und Abdecken.

Zu Beginn des Eingriffs wird ein Hautschnitt rechts periumbilical von ca. 4cm Länge gesetzt, die hintere Rektusscheide präpariert und ein Hautsperrer mit einer betagetränkten Kompresse eingebracht. Als nächstes erfolgt ein ebenfalls ca. 4cm langer Haut- und Galeaschnitt rechts retroauriculär und die Präparation einer subgalealen Tasche. Auch hier Einlage von betagetränkten Tupfern zur Sicherung der Sterilität. Für den dritten Hautschnitt von ca. 2cm rechts frontal im Bereich des Kocher'schen Punktes (2-3cm lateral der Mittellinie, 1cm vor der Kranznaht) wird der Kopf in gerade Ausrichtung gebracht. Im Anschluss wird der Kopf wieder nach links rotiert.

Im nächsten Schritt erfolgt die Untertunnelung der Galea sowie der Haut von retroauriculär nach kaudal bis zum abdominalen Hautschnitt.

Nun wird zunächst der peritoneale Katheter periumbilical eingebracht, mit dem Ventil verbunden und die Konnektionsstelle mit Seidenfäden fixiert.

Daraufhin erfolgt bei gerader Lagerung des Kopfes die Bohrlochtrepantation mit dem Bohrer am Kocher-Punkt und die kreuzförmige Koagulation und Inzision der Dura und Arachnoidea mittels Bipolarpinzette ebenda. Mit dem Ventrikelkatheter wird das rechte Ventrikelvorderhorn punktiert. Sobald sich Liquor entleert, wird der Katheter 5-6 cm bis Duraniveau vorgeschoben. Sodann erfolgt die Untertunnelung bis retroauriculär und die Konnektion des Ventrikelkatheters mit dem Shuntventil. Auch hier Fixation mit Seidenfäden.

Zur Kontrolle wird beobachtet, ob sich Liquor aus dem Peritonealkatheter entleert. Positionierung des Ventils in der subgaleal angelegten Tasche. Bei erfolgreicher Liquordrainage wird das Peritoneum mittels Trokar eröffnet und das distale Katheterende intraperitoneal versenkt. Abschließend Faszien- und Wundverschluss mittels fortlaufender Fasziennaht bzw. invertierter Hautnaht und Klammernaht und steriler Verband.

## **2.4 Verwendete Materialien**

Im Folgenden werden die verwendeten Ventil- und Kathetermaterialien beschrieben.

### **2.4.1 Verschiedene Ventilarten**

Basierend auf den anfänglichen Entwicklungen Mitte des 20. Jahrhunderts, stehen den Neurochirurgen heutzutage über 200 verschiedene Ventilkonstruktionen zur Auswahl.

Auf dem Weltmarkt befinden sich etwa 130 Ventilarten mit verschiedenen Öffnungsdrücken im Angebot, sodass eine Auswahl von 450 unterschiedlichen Ventilen besteht.

In den Shuntsystemen der vorliegenden Studie wurden die Ventile von drei Herstellern eingebaut, deren Funktionsweisen im Folgenden erläutert werden:

#### **2.4.1.1 Medos-Hakim (Firma Johnson&Johnson)<sup>36</sup>**

Das Medos Hakim Ventil der Firma Codman ist ein verstellbares Differenzdruckventil vom Typ der Kugel-Feder-Ventile.

Die Kugel wird durch eine Blattfeder in einen Metallkonus gedrückt und verhindert somit die Liquorpassage durch das Ventil. Die Blattfeder liegt auf einer wendeltreppenartigen Helix, welche um ihr eigenes Zentrum rotiert. Bei einem erhöhten intraventrikulären Druck kommt es zur Überwindung der Federkraft durch den Druck des Liquors. Daraufhin gibt die Kugel die Liquorpassage durch den Konus frei.<sup>31</sup>

Das Ventil besitzt einen Öffnungsdruck für alle Körperpositionen, der nach der Implantation mit Hilfe eines magnetischen Steuergeräts durch die Haut verstellt werden kann; dies geschieht indem man die Vorspannung der Blattfeder verändert.

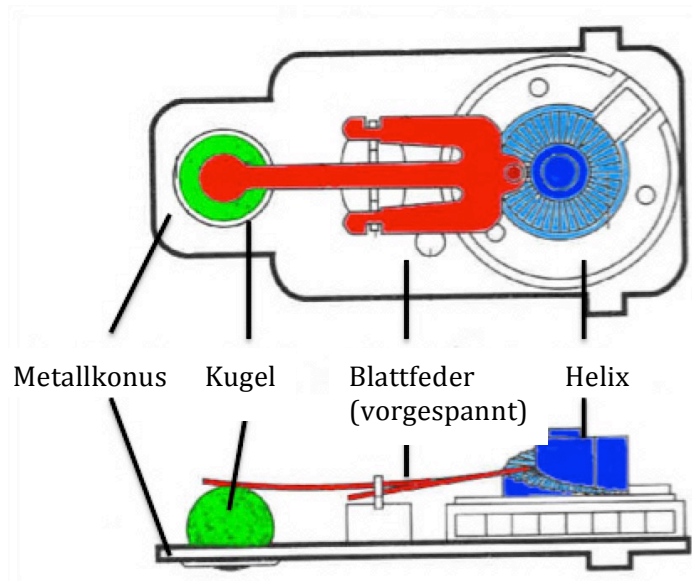


Abb. 3: Einstellbares Codman-Hakim Ventil  
[www.kiefer.ws/antisiphon-shunts.htm](http://www.kiefer.ws/antisiphon-shunts.htm) <sup>11</sup>

### 2.4.1.2 Delta Ventil (Firma Medtronic) <sup>37</sup>

Beim Medtronic Delta-Ventil handelt es sich um ein Membran-Ventil, das sich selbst reguliert.

Die Kontrolle des intraventrikulären Drucks unterliegt bei einem Diaphragma Ventil der Spannung einer Silikonmembran. In der Ausgangsposition liegt die Membran der Ventilöffnung an und wird bei einer bestimmten Vorspannung in dieser Position gehalten. Wenn sich der intrakranielle Druck erhöht, wird die Membran deformiert, gibt die Ventilöffnung frei und gestattet somit den Abfluss des Liquors. <sup>31</sup>

Zu erwähnen ist in dieser Gruppe auch das Strata Ventil, welches verstellbar ist.

Die folgende Darstellung zeigt ein PS-Medical Delta Ventil mit integrierter Antisiphoneinheit. Diese dient zusätzlich der Flussregulation ausgehend von der Höhe des intrakraniellen Drucks.

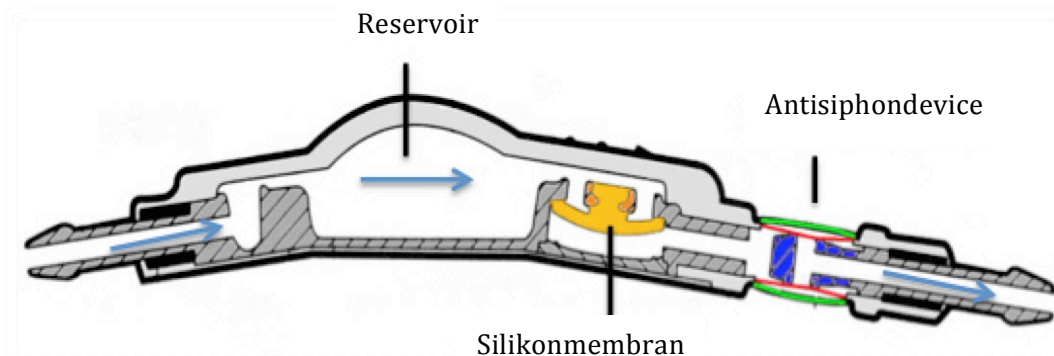


Abb. 4: PS-Medical Delta Ventil (Membranventil mit SCD)

[www.kiefer.ws/antisiphon-shunts.htm](http://www.kiefer.ws/antisiphon-shunts.htm) <sup>11</sup>

### 2.4.1.3 ProGAV (Firma Miethke) <sup>38</sup>

Die dritte Gruppe der in die Shuntsysteme integrierten Ventile bildet das sogenannte ProGAV der Firma Miethke. Dabei handelt es sich um ein Gravitations-/Schwerkraftventil, das in Serie zu einem Kugel-Konus-Ventil geschaltet ist.

Die Ventilkonstruktion arbeitet lageabhängig mit einem Öffnungsdruck für die liegende und einem Öffnungsdruck für die stehende Körperposition.

Horizontale Position:

Der Ventilöffnungsdruck wird von einer Verstelleinheit (Kugel-Konus) bestimmt.

Die Gravitationseinheit ist immer geöffnet und bildet somit keinen Widerstand gegen den Drainagefluss. Die Differenzdruckeinheit bleibt solange verschlossen bis der intraventrikuläre Druck die Federkraft überwindet und der Verschluss des Konus durch die Kugel aufgehoben wird. Folglich wird der Öffnungsdruck durch die Kraft der Feder, welche die Kugel in die Ventilöffnung drückt, bestimmt.

Vertikale Position:

Beim Aufstehen nimmt auch die Gravitationseinheit Einfluss auf den Liquorabfluss. Eine Tantalkugel erhöht durch Einwirkung der Schwerkraft zusätzlich den Ventilöffnungsdruck, woraufhin der intraventrikuläre Druck die Summe aus den Öffnungsdrücken beider Einheiten übersteigen muss, damit sich das Ventil öffnet. Der Öffnungsdruck der Gravitationseinheit ist deutlich höher als der Druck der Differenzdruckeinheit

Die entscheidende Eigenschaft dieser Konstruktion ist die Kompensation des hydrostatischen Drucks in jeder Körperposition zur Senkrechten. Dadurch kann eine Überdrainage durch den Shunt vermieden werden, was bei mobilen Patienten durchaus vorteilhaft ist.<sup>38</sup>

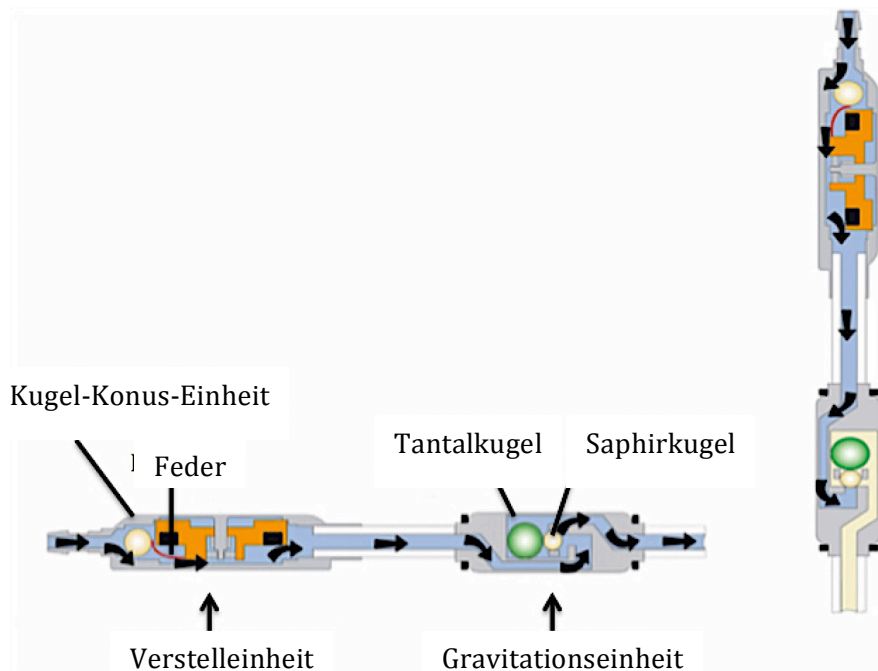


Abb. 5: ProGAV Ventil in horizontaler und vertikaler Körperposition

[www.miethke.com](http://www.miethke.com)

## 2.4.2 Kathetersysteme

Standardmäßig wurde ein Katheterset aus Polyurethan in den Shuntsystemen eingebaut. In besonderen Fällen erhielten die Patienten mit antimikrobiell wirkenden Substanzen behandelte Katheter.

### 2.4.2.1 Katheter aus Polyurethan

Der „Standard“- Katheter besteht aus Polyurethan. Polyurethan zeichnet sich durch eine gute Biokompatibilität und mechanische Stabilität aus. Durch den Zusatz von Bariumsulfat bei der Herstellung wird das Material röntgendicht gestaltet.

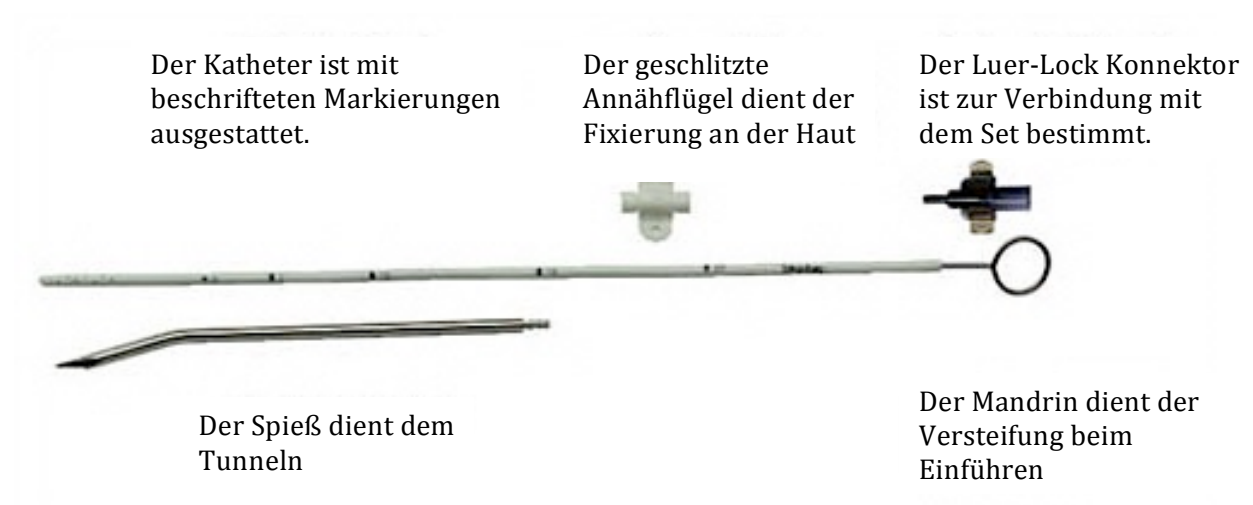


Abb. 6: Polyurethankatheter mit Material zum Einführen, Spiegelberg, Hamburg

<http://www.klinikprodukte.com/schaedl/csfdrainage.php>

### 2.4.2.2 Bactiseal Katheter

Der Bactiseal Katheter ist eine weitere Form eines antimikrobiell wirkenden Kathetersystems. Hier wird das Grundmaterial durch ebenfalls röntgendichtes Silikon gebildet. Dieses wird bei der Herstellung mit Clindamycin und Rifampicin imprägniert. Beide Antibiotika werden laut Hersteller nach Implantation über eine Dauer von 28 Tagen kontinuierlich an das umliegende Gewebe und in das Katheterlumen abgegeben. Damit soll das Risiko für Frühinfektionen gesenkt werden.



Abb. 7: Bactiseal Katheter von Codman Neuro, Johnson&Johnson, Norderstedt

<https://www.depuysynthes.com/hcp/codman-neuro/products/qs/BACTISEAL-EVD-Catheter>

### 2.4.2.3 Silverline Katheter

Der Silverline Katheter besteht ebenfalls auf Polurethan, dieses ist jedoch mit Nanopartikeln aus Silber und einem unlöslichen Silbersalz versetzt. Kommt das Material mit Körperflüssigkeiten in Kontakt, werden die Silberionen freigesetzt und entfalten ihre antiseptische Wirkung. Das Wirkspektrum umfasst laut Hersteller Bakterien und Pilze.



Abb. 8: Silverline Katheter von Spiegelberg, Hamburg  
[http://img.medicaexpo.de/images\\_me/photo-g/71102-162265.jpg](http://img.medicaexpo.de/images_me/photo-g/71102-162265.jpg)

## 2.5 Erfassung des neurologischen Outcomes

Der neurologische Zustand der Patienten wurde zu drei Zeitpunkten ermittelt: präoperativ, bei Entlassung und bei einem Wiedervorstellungstermin.

Bezüglich des Outcomes ist zu erwähnen, dass sich 39,5% der Patienten nach der Entlassung nicht wieder am Uniklinikum Regensburg vorstellten bzw. die Bewertung der neurologischen Verfassung anhand der Arztberichte nicht möglich war.

Die Bewertung der neurologischen Verfassung der Patienten erfolgte gemäß der Einteilung des Medical Research Council – Neurological Performance Status Scale<sup>39</sup> in 5 Stufen:

1. No neurological deficit.
2. Some neurological deficit but function adequate for useful work
3. Neurological deficit causing moderate functional impairment, e.g. ability to move limbs only with difficulty, moderate dysphasia, moderate paresis, some visual disturbance (e.g. field defect)
4. Neurological deficit causing major functional impairment, e.g. inability to use limbs, gross speech or visual disturbances
5. No useful function – inability to make conscious responses

## **2.6 Komplikationen**

Folgende Shunt-Komplikationen wurden beobachtet:

### **2.6.1 Dysfunktion**

Im Sinne der Dysfunktion sind grundsätzlich zwei Ursachen zu unterscheiden: Die Überdrainage und die Unterdrainage.

Eine Überdrainage bezeichnet den Abfluss eines zu großen Volumens an Liquor infolge eines zu niedrigen Ventilöffnungsdrucks. Daraus resultieren Beschwerden wie das sogenannte Überdrainage-Syndrom, das Schlitzventrikelsyndrom oder subdurale Ergüsse und Hämatome. Charakteristische Symptome des Überdrainage-Syndroms sind Kopfschmerzen, Übelkeit und Schwindel, die den Beschwerden eines erhöhten ICP ähneln, jedoch im Gegensatz dazu vorwiegend in aufrechter Körperposition auftreten.

Das Schlitzventrikel-Syndrom findet sich häufiger bei Kindern. Die Überdrainage im Stehen bedingt einen starken Sog im Ventrikelkatheter, welcher die Ventrikel schlitzförmig kollabieren lässt. Durch das Ansaugen der Ventrikelwände kann es zum irreversiblen Verschluss des Katheters und somit eines Anstieg des ICP kommen.

Subdurale Ergüsse und Hämatome sind eine Folge des sich vergrößernden subduralen Raumes. Es handelt sich hierbei um Flüssigkeitsansammlungen zwischen Dura mater und Arachnoidea, welche dem entstehenden Unterdruck zuzuschreiben sind.

Im Falle einer Unterdrainage wird hingegen zu wenig Liquor abgeführt. Dies äußert sich in einer nur mäßigen oder fehlenden Verbesserung der Beschwerden des Patienten. Das Korrelat in der Bildgebung zeigt sich in einer ungenügenden bzw. zunehmenden Ventrikelweite im CT. Ursächlich für eine Unterfunktion des Shuntsystems kann eine Verlegung des Katheterlumens durch ein Blutclot oder Zelldedritus sein oder eine Fehlplatzierung sowie eine Knickbildung des Katheters sein. Auch eine zu hohe Druckstufe des Ventils kann zu einer Unterdrainage führen.

## **2.6.2 Fehllage**

Zu den Fehllagen zählt, wie unter den Dysfunktionen bereits erwähnt, u.a. das sogenannte Kinking, ein Knick oder Knoten, der sich meist im peritonealen Verlauf des Katheters bildet. Infolge eines zu hohen intraabdominellen Drucks (IAP) kann es auch zu einer Migration des distalen Katheterendes aus dem Bauchraum in das subkutane Fettgewebe und dort zu einem Aufrollen des Katheters kommen. Dies tritt meist im unmittelbaren postoperativen Verlauf auf. Eine Dislokation des Shuntsystems oder einzelner Katheterabschnitte tritt außerdem im Rahmen einer Migration des Shuntsystems in verschiedene intra- wie extraperitoneal gelegene Nachbarorgane, wie z.B. den Darm, oder Hohlräume auf. Eine weitere Ursache ist die intraoperative Fehlpositionierung der Spitze des Ventrikelkatheters.

### **2.6.3 Infektion**

Eine gefürchtete Folge einer Infektion ist die Ausbreitung der Bakterien vom Shuntsystem auf die Meningen und somit die Entstehung einer Hirnhautentzündung. Im Bereich des peritonealen Katheters wäre dementsprechend eine Peritonitis die Konsequenz.

In der Bauchhöhle kann es ebenfalls zur Entstehung von Pseudozysten am Ende des Katheters kommen. Darmschlingen verkleben miteinander und bilden einen geschlossenen Hohlraum, in den der Liquor geleitet wird, jedoch mit der Zeit nicht mehr abfließen kann. Der Katheter muss revidiert werden, da der Shunt funktionell verstopft ist.

Desweiteren führen Wundinfektionen häufig auf eine Revision des Shunts oder einzelner Bestandteile hinaus, um eine Verschleppung der Keime zu verhindern.

### **2.7 Ethikvotum**

Die vorliegende Studie wurde nach Prüfung und Befürwortung durch die Ethikkommission der Universität Regensburg durchgeführt (Zeichen 14-101-0073).

### **2.8 Datenanalyse**

Die Dokumentation der gewonnenen Daten erfolgte zunächst mit Microsoft Excel für Mac 2011. Die statistische Auswertung des erhobenen Datensatzes wurde zusätzlich mithilfe des Programms Statistical Package of the Social Sciences (SPSS) 22.0 und 23.0 erstellt. Die aufgeführten Tabellen wurden ebenfalls mit SPSS erstellt.

Hierfür wurde die Abteilung Biometrie/Statistik des Zentrums für klinische Studien des Universitätsklinikums Regensburg hinzugezogen.

Die deskriptive Auswertung wurde zum Aufzeigen absoluter und relativer Häufigkeiten vorgenommen. Diese wurden mit den Funktionen „Deskriptive Statistik“ und „Häufigkeiten“ des SPSS berechnet. Ebenso wurden damit Maximal-, Minimal- und Mittelwerte ermittelt. Wenn nötig wurden hierzu Gruppen gebildet, die somit verglichen werden konnten.

Zur Prognose von Einflussfaktoren auf das Auftreten der unterschiedlichen Komplikationen wurden binäre logistische Regressionsmodelle angewandt und Risikoprofile mithilfe der Odds-Ratio (OR) erstellt. Als statistisch signifikant wurden Ergebnisse anhand des p-Werts mit  $p \leq 0,05$  (5%) angenommen.

### **3. Zielsetzung**

Der Hydrozephalus, seine Entstehung sowie dessen Therapie ist seit jeher ein Gebiet von großem wissenschaftlichen Interesse, das bis heute nicht vollständig erschlossen ist.

Verschiedene Forschungsgruppen und Autoren haben sich bisher mit diesem Thema befasst. Oftmals lag der Fokus auf konkreten Fragestellungen bzw. speziellen Patientengruppen.

Vor allem zur Therapie des kindlichen Hydrozephalus sowie des Normaldruckhydrozephalus finden sich viele Artikel in einschlägigen Fachzeitschriften und der Fachliteratur.

In der folgenden Studie wurde dahingehend keine Selektion vorgenommen. Es wurden sowohl Kinder als auch Erwachsene im angegebenen Zeitraum beobachtet. Des Weiteren wurden alle Operationsindikationen in die Studie aufgenommen, die zu einer Shuntanlage führten. Außerdem wurden potentiell relevante Kofaktoren ermittelt. So soll ein umfassender Überblick über das Patientengut geschaffen werden und somit die Möglichkeit gegeben werden, verschiedene Gruppen bezüglich der Fragestellung untereinander zu vergleichen.

Im Rahmen der Analyse sollten demographische und klinische Daten, Indikationen, Operationsverfahren und Komplikationen erfasst werden, um mögliche Prädiktoren für das neurologische Outcome bei den beobachteten Patienten festzustellen.

Besonderes Augenmerk wurde hierbei auf die Ermittlung von potentiellen Einflussfaktoren hinsichtlich der unterschiedlichen Komplikationsarten gerichtet.

## **4. Ergebnisse**

### **4.1 Deskriptive Daten**

Im Zeitraum von 2002 bis 2012 wurden am Uniklinikum Regensburg insgesamt 471 Patienten aller Altersgruppen ein Shunt zur Ableitung des zerebrospinalen Liquors implantiert . Wie bereits erwähnt gehen 10 Patienten nicht in die Statistik ein.

#### **4.1.1 Demographische Daten**

##### **4.1.1.1 Alter**

Die 2 jüngsten Patienten waren zum Zeitpunkt der Operation 2 Monate alt, während der älteste Patient im Alter von 88 Jahren mit einem Shunt versorgt wurde. Das durchschnittliche Alter betrug ca. 52 Jahre. 11,9% (55) der Patienten waren Säuglinge, Kinder und Jugendliche bis 18 Jahre.

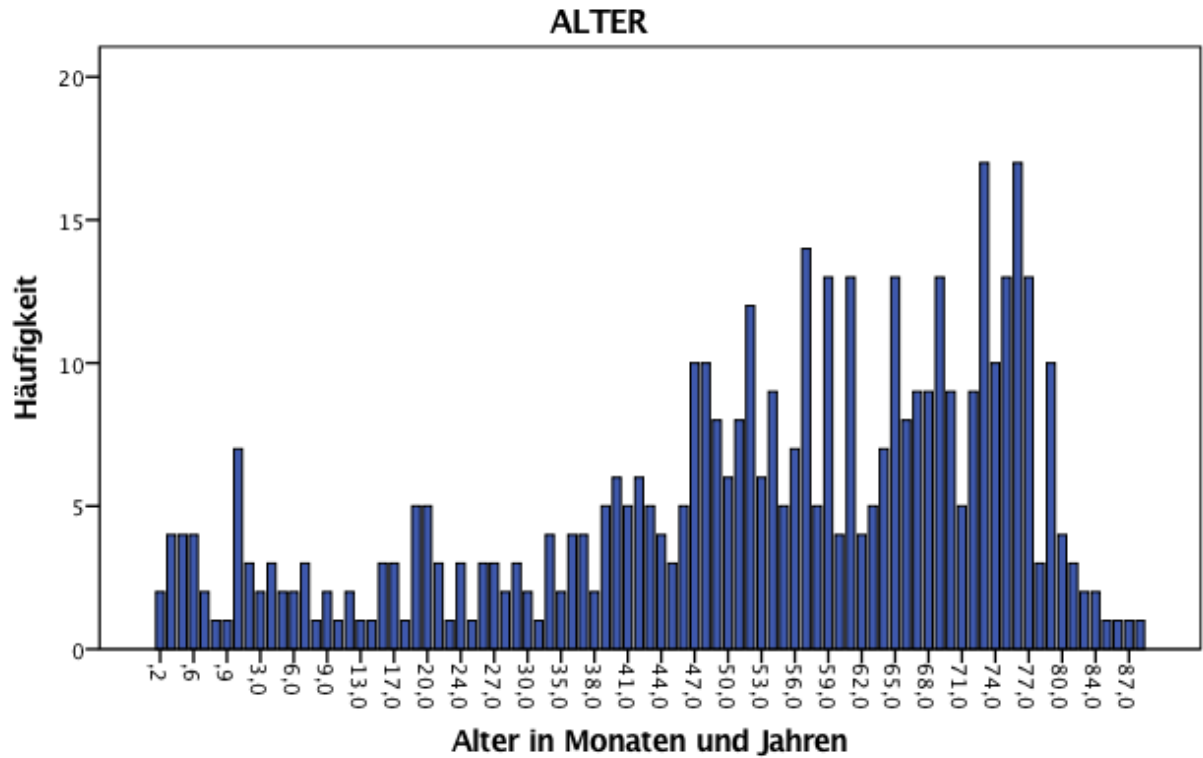


Diagramm 1: Alter der Patienten in Monaten und Jahren

#### 4.1.1.2 Geschlechterverteilung

Während des Beobachtungszeitraums wurden 218 weibliche (47,3%) und 243 (52,7%) männliche Patienten behandelt. In der folgenden Tabelle wird die Altersverteilung der Frauen und Männer dargestellt.

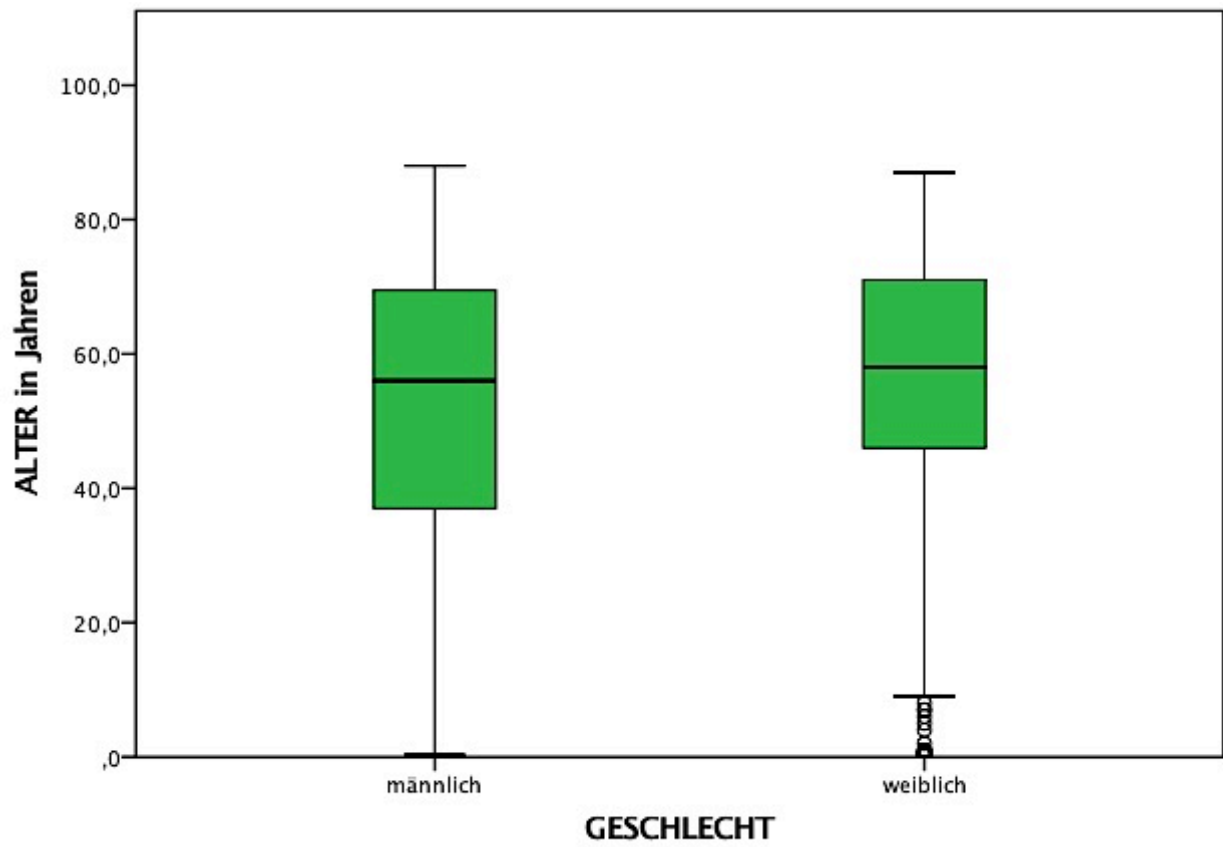


Diagramm 2: Altersverteilung der Männer und Frauen

## 4.1.2 Patientendaten

In der folgenden Tabelle werden wichtige individuelle Patientendaten zusammengefasst:

	Männer (N=243)		Frauen (N=218)	
	N	%	N	%
<b>Hydrozephalusarten</b>				
H. malresorptivus	120	49,9	122	56
H. occlusivus	47	19,3	44	20,2
NPH	47	19,3	33	15,1
Pseudotumor cerebri	2	0,8	2	0,9
Sonstige Ursachen	27	11,1	17	7,8
<b>BMI &gt;30</b>	33	13,6	40	18,3
<b>Kofaktoren</b>				
Raucher	9	3,7	15	6,9
Alkohol	11	4,5	8	3,7
Diabetes	36	14,8	39	17,9
Pathol. Gerinnung	23	9,5	16	7,4
Malignom	35	14,4	31	14,2

Tab. 2: Individuelle Patientendaten

Zur Veranschaulichung werden nochmals einige Daten in Diagrammform dargestellt:

1. Geschlechterverteilung der Hydrozephalusarten

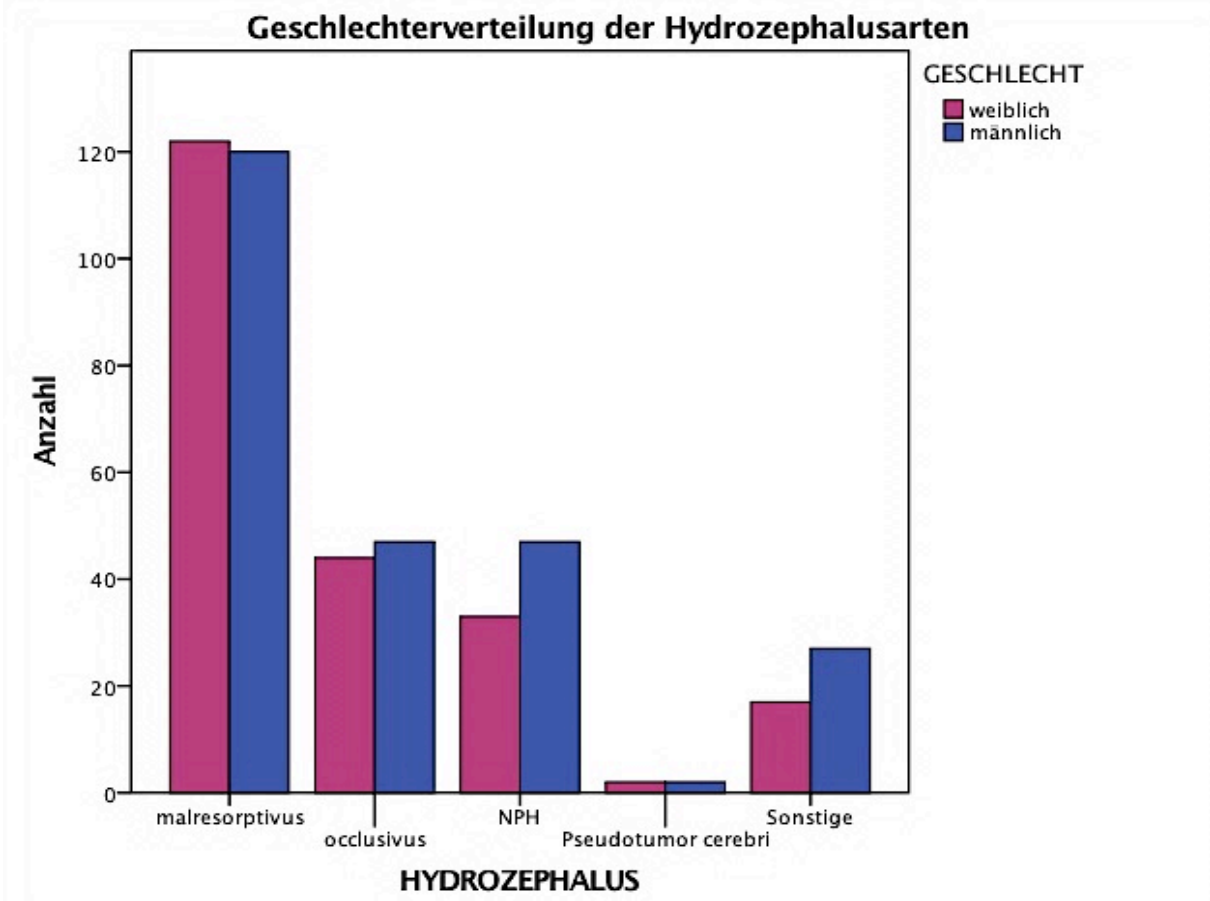


Diagramm 3: Geschlechterverteilung in den Hydrozephalusgruppen

2. Prozentuale Häufigkeitsverteilung der Hydrozephalusarten insgesamt

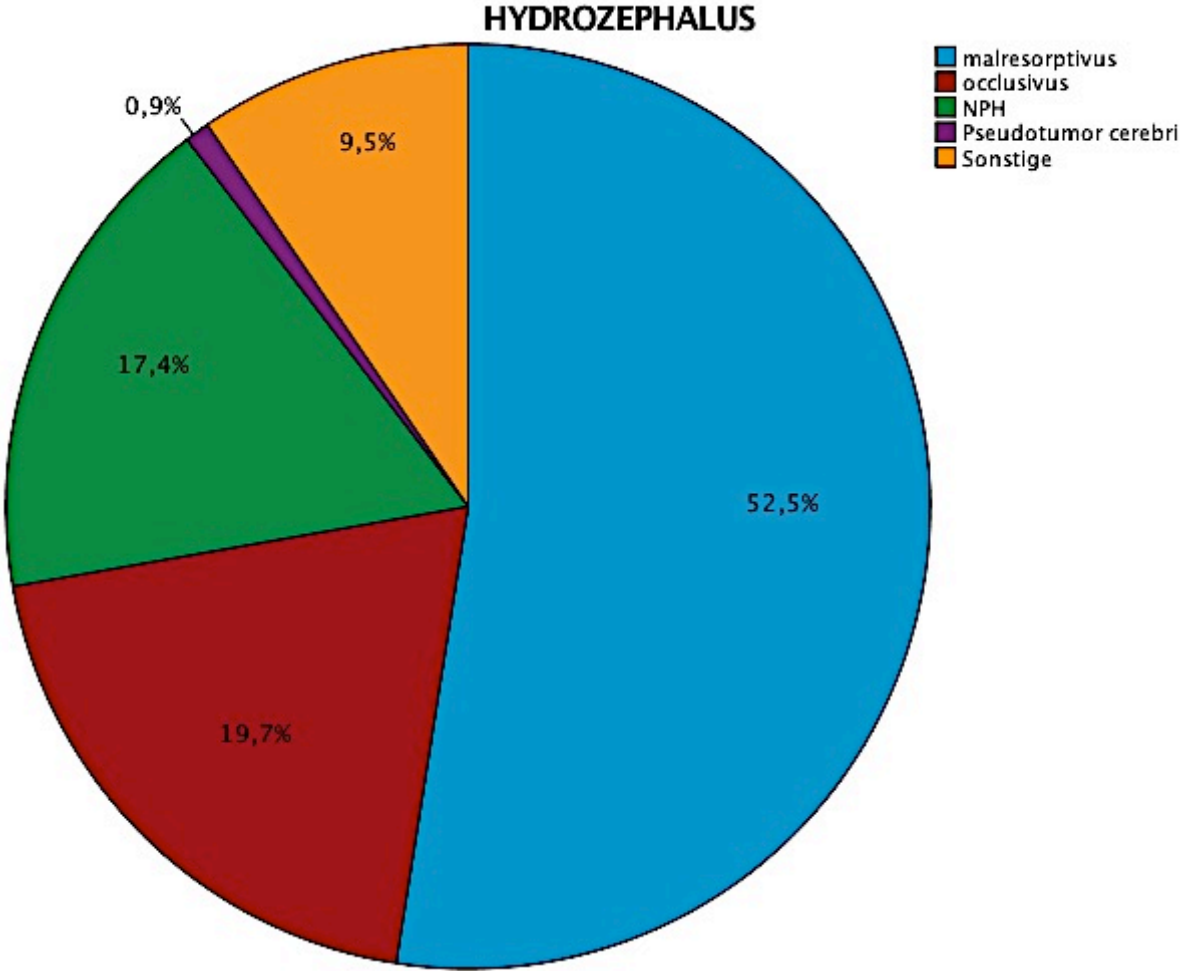


Diagramm 4: Prozentuale Verteilung der Hydrozephalusarten

### 3. Altersverteilung der Hydrozephalusarten

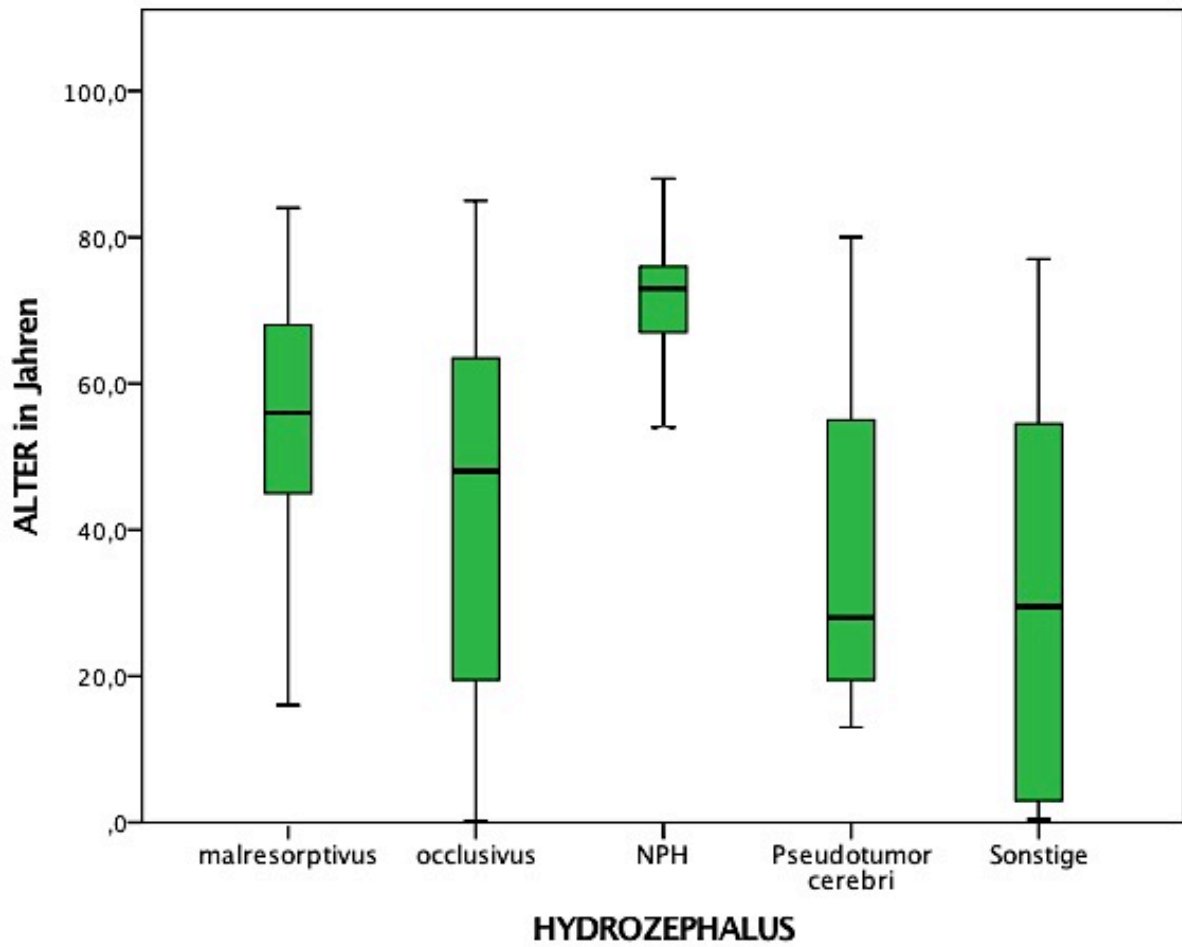


Diagramm 5: Altersverteilung der Hydrozephalusarten

## 5. Prozentuale Verteilung der Gewichtsklassen

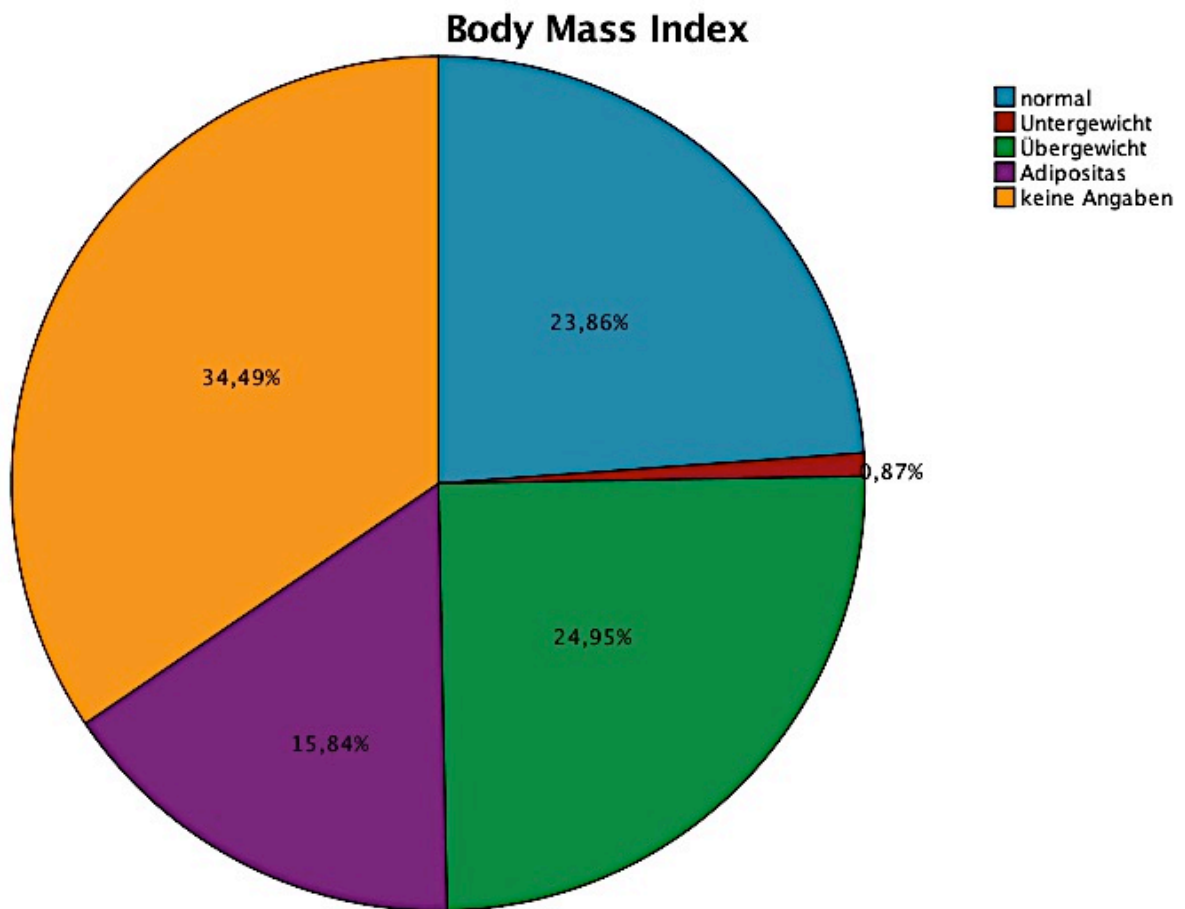


Diagramm 6: Prozentuale Verteilung der Gewichtsklassen

### 4.1.3 Technische Daten

Die unten stehende Tabelle fasst die betrachteten prä -, intra - und postoperativen technischen Daten in ihrer absoluten und relativen Häufigkeit in der jeweiligen Geschlechtsgruppe zusammen.

	Männer (N=243)		Frauen (N=218)	
	N	%	N	%
<b>Präop. Liquormanipulation</b>	210	86,4	201	92,2
<b>Beschichteter Katheter</b>	18	7,4	12	5,5
<b>Neue Bohrlochtrepation</b>	183	75,3	162	74,3
<b>Ventil</b>				
Codman Hakim	157	64,6	147	67,4
Delta	47	19,3	36	16,5
ProGav	37	15,2	31	14,2
<b>OP-Dauer &gt;60min</b>	154	63,4	135	61,9
<b>Antibiotikabehandlung</b>	75	30,9	48	22
<b>Veränderung Druckstufe</b>	39	16	37	17
<b>Revisionen</b>	84	34,6	62	28,4

Tab. 3: Technische Daten

Zusätzliche Informationen werden in den folgenden Tabellen und Diagrammen angezeigt:

#### 1. Stationärer Aufenthalt der Patienten

Aufenthalt/Tage		
Anzahl Patienten	Gültig	454
	keine Angabe	7
Mittelwert		23,08
Median		15,00
Minimum		1
Maximum		129

Tab. 4: Stationärer Aufenthalt der Patienten in Tagen

## 2. Relative Verteilung der präoperativen Liquormanipulationen

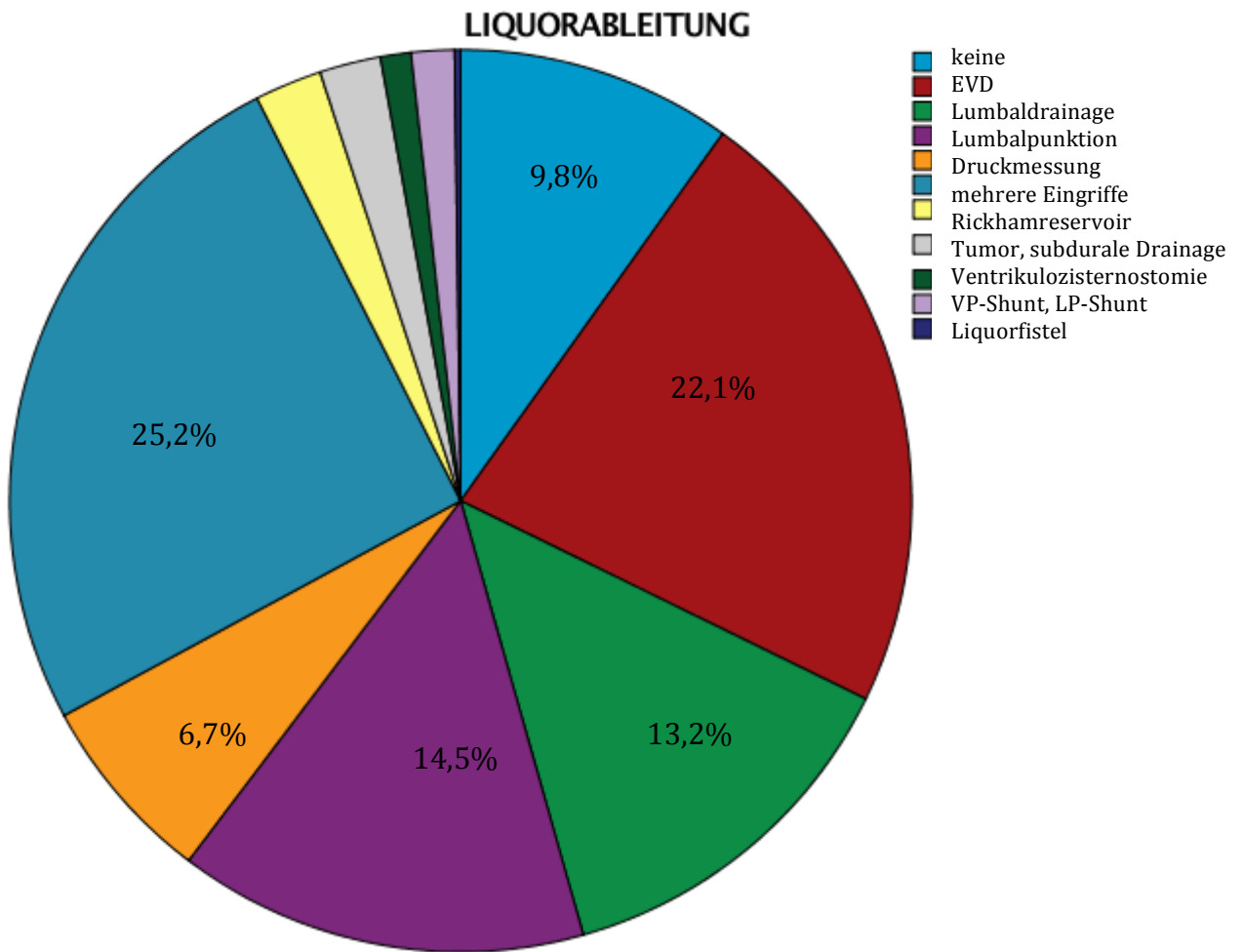


Diagramm 7: Prozentuale Verteilung der präoperativen Liquormanipulationen

### 3. Prozentuale Häufigkeit der verschiedenen Ventilarten

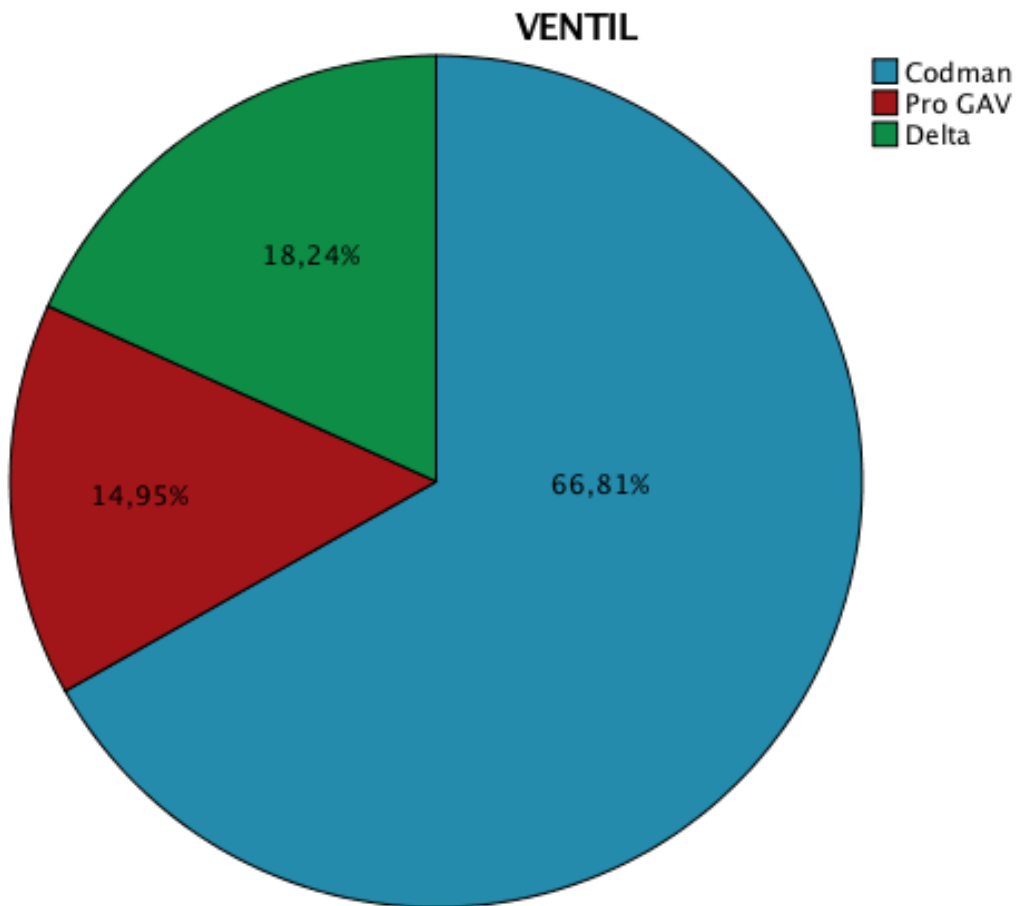


Diagramm 8: Prozentuale Häufigkeit der verschiedenen Ventilarten

## 5. Anzahl der Revisionen pro Patient

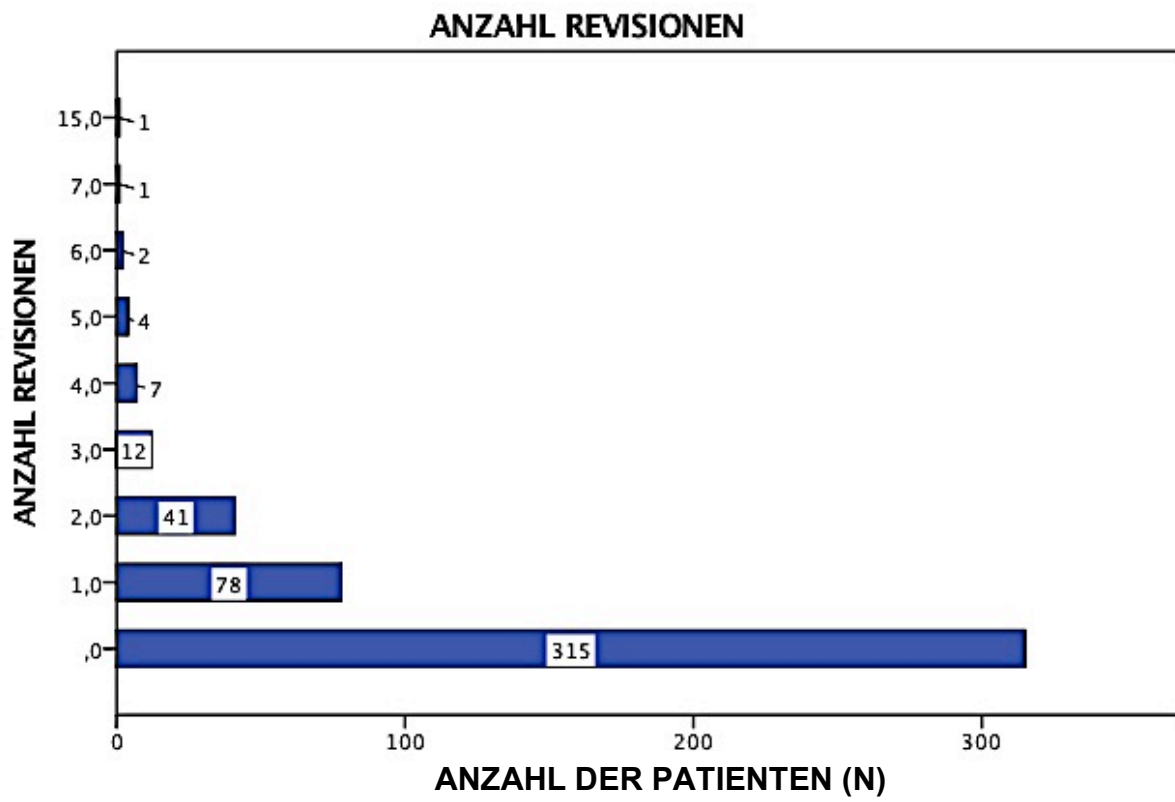


Diagramm 9: Anzahl der Revisionen pro Patient

## 6. Zeit in Monaten bis zur Shuntrevision

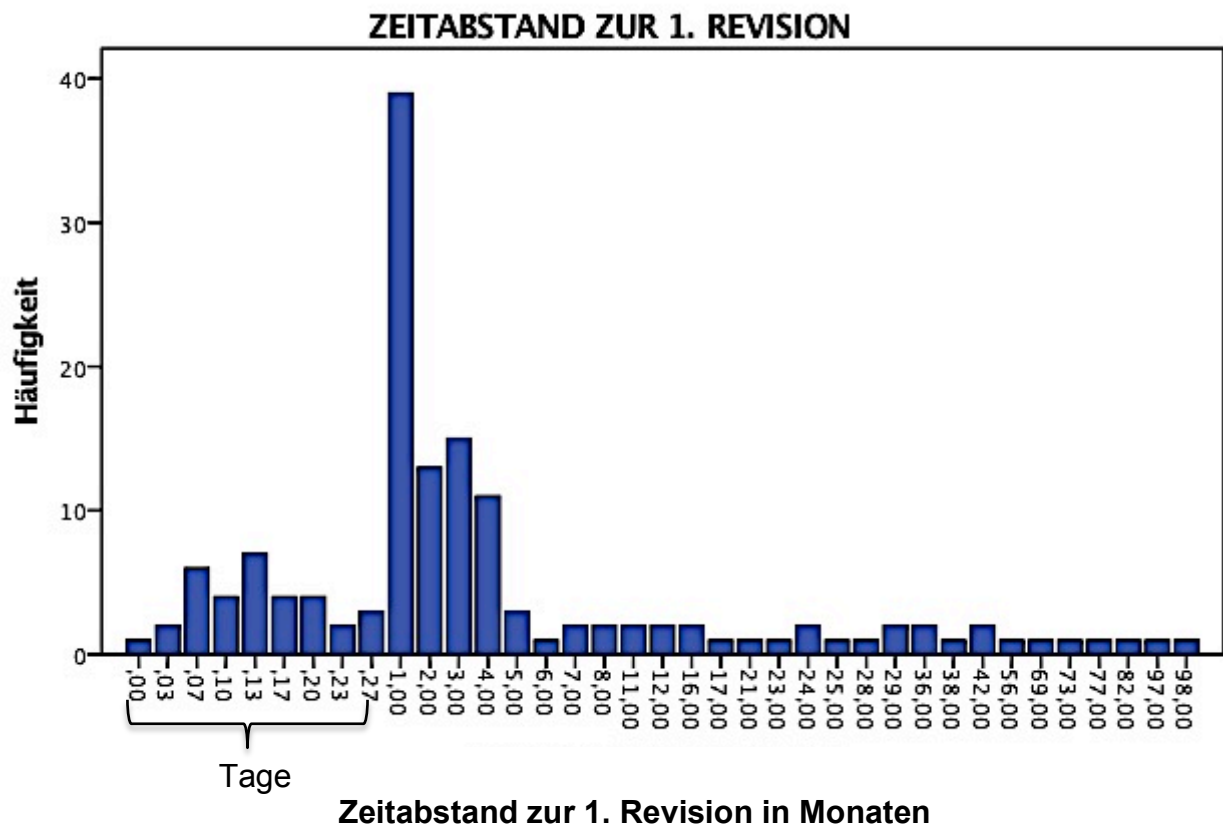


Diagramm 10: Zeitabstand zwischen Shuntimplantation und Revision in Tagen und Monaten

#### 4.1.4 Neurologisches Outcome

Die Bewertung der neurologischen Verfassung der Patienten erfolgte gemäß der Einteilung des Medical Research Council – Neurological Performance Status Scale (NPSS) <sup>39</sup> in 5 Stufen:

1. No neurological deficit.
2. Some neurological deficit but function adequate for useful work
3. Neurological deficit causing moderate functional impairment, e.g. ability to move limbs only with difficulty, moderate dysphasia, moderate paresis, some visual disturbance (e.g. field defect)
4. Neurological deficit causing major functional impairment, e.g. inability to use limbs, gross speech or visual disturbances
5. No useful function – inability to make conscious responses

Das folgende Diagramm verdeutlicht die Verschiebung der Häufigkeiten zugunsten besserer neurologischer Verfassungen bei den Patienten postoperativ und bei Wiedervorstellung:

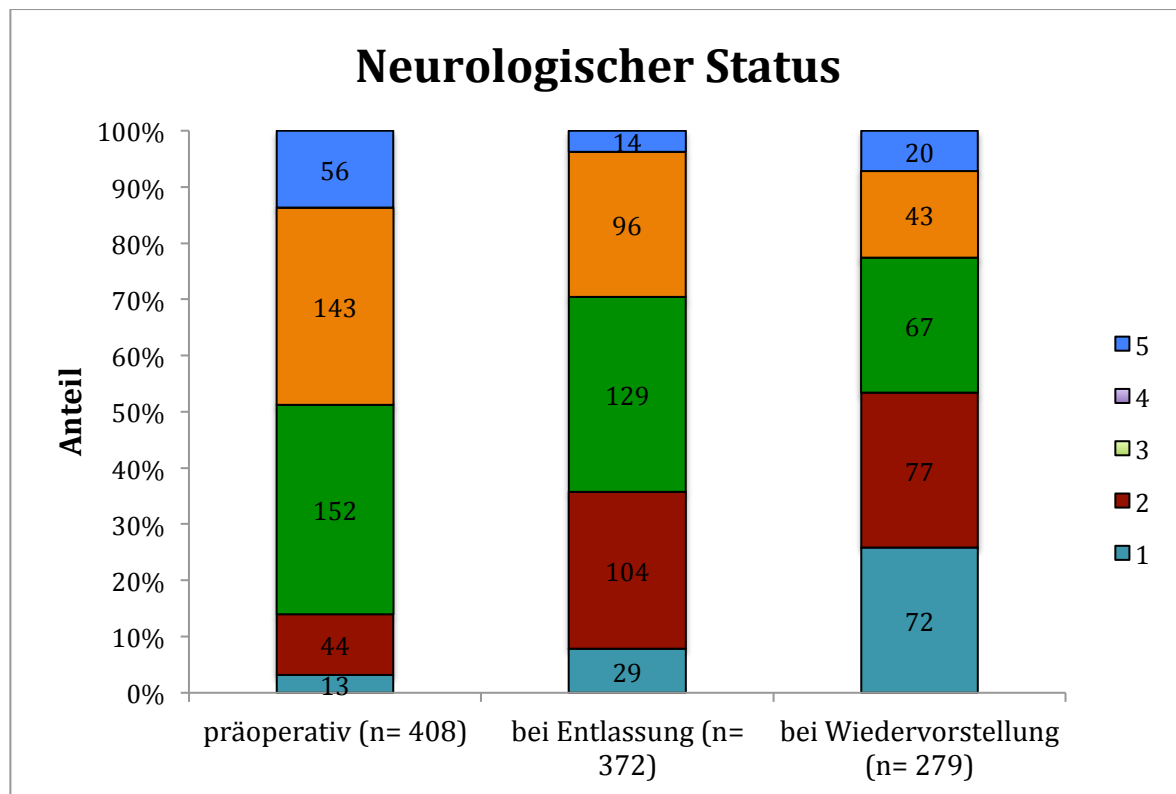


Diagramm 11: Neurologischer Status prä-, postoperativ und bei Wiedervorstellung

Anhand der erhobenen Daten lässt sich feststellen, dass sich insgesamt in 53,4 % der Fälle das neurologische Outcome in der Folgezeit der Shuntanlage verbesserte. Bei 4,1 % der Patienten konnte eine Verschlechterung beobachtet werden und bei 28,2 % kam es im Verlauf zu keiner Veränderung im Vergleich zum präoperativen neurologischen Status.

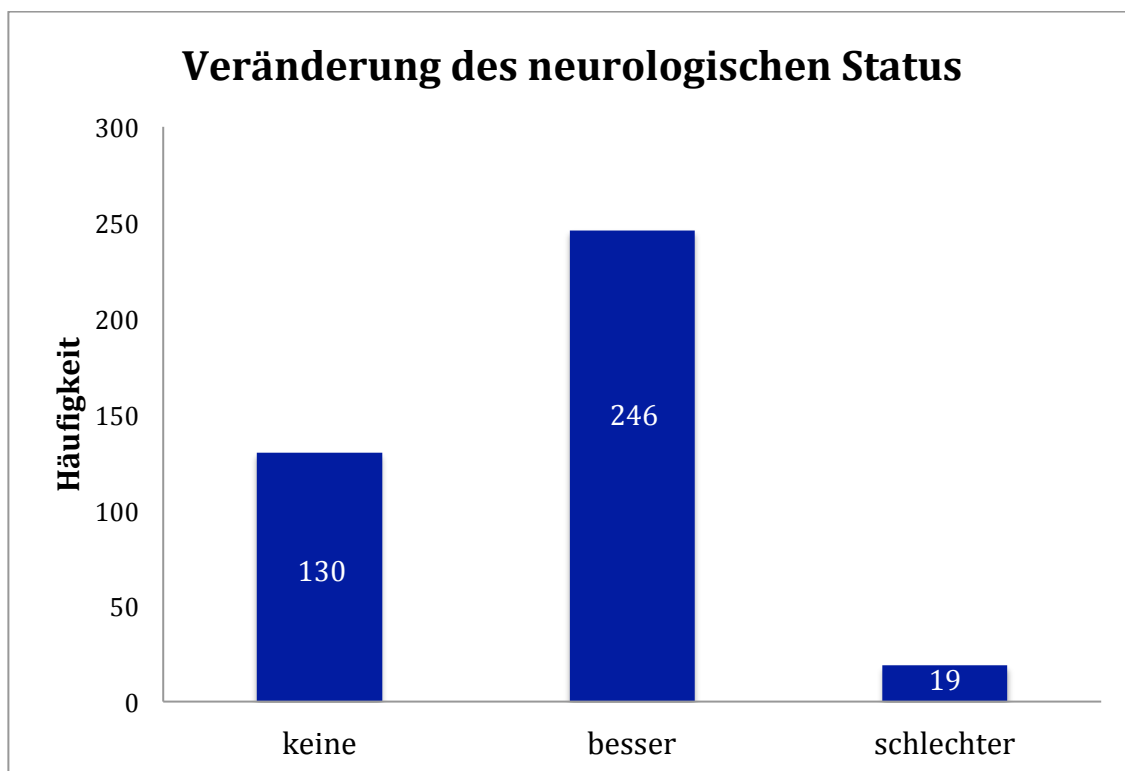


Diagramm 12: Veränderung des neurologischen Status

#### 4.1.5 Ursachen für Revisionen – die Komplikationen

Als Indikationen für eine erneute Shunt-Kontrolle und -Revision konnten verschiedene Ursachen ausgemacht werden. Bei 146 Patienten musste kumulativ 278 Mal aufgrund des Auftretens einer Komplikation die Entfernung oder der Austausch des Materials durchgeführt werden.

Die folgende Graphik zeigt die Verteilung der Komplikationsarten:

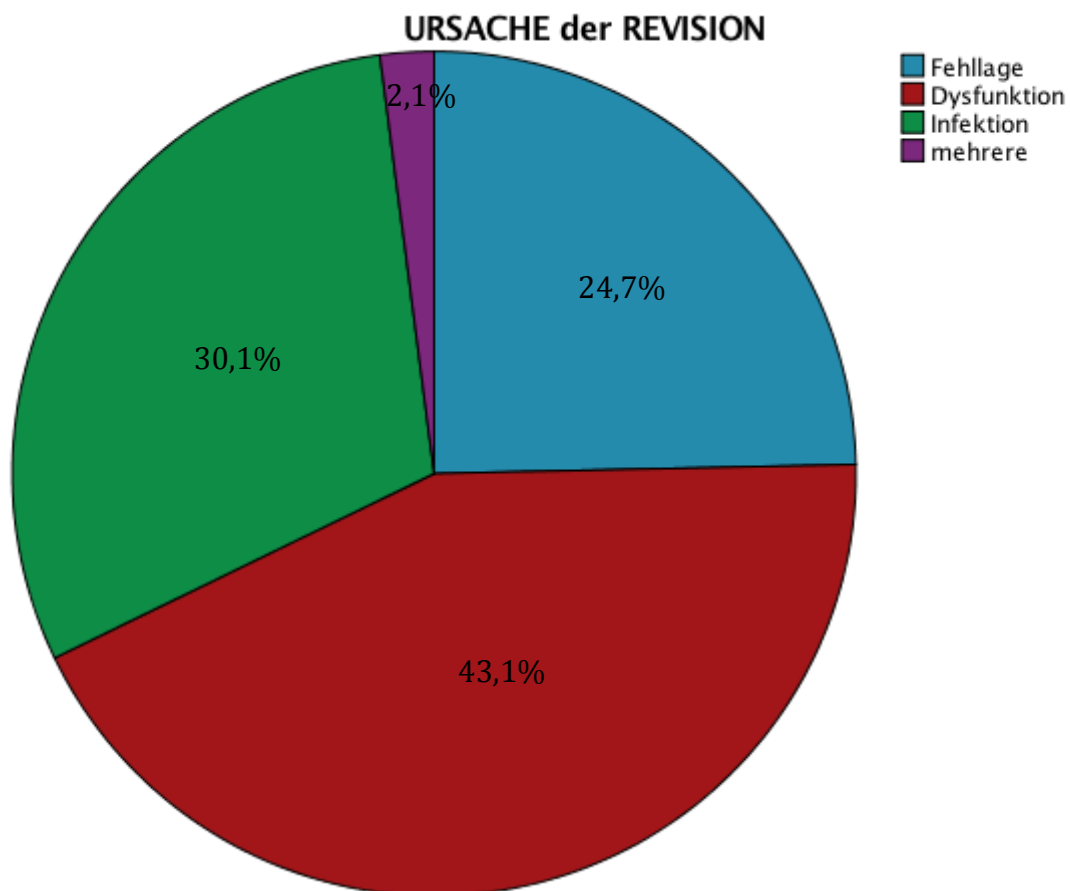


Diagramm 13: Ursache der Revision

#### 4.1.6 Ausmaß der Revision

In 50 Fällen wurde das gesamte Shunt-Material entfernt und/oder ein neuer Shunt implantiert. Ein Ventilwechsel wurde 36 Mal in Folge einer Fehlfunktion vorgenommen.

Bei 25 Operationen handelte es sich um eine Revision des Peritonealkatheters und zur Ventrikelkatheterrevision wurden 17 Revisionseingriffe durchgeführt.

Des Weiteren kam es zur Revision mehrerer Shuntteile oder zu sonstigen ergänzenden Eingriffen (=„Sonstiges“), wie das Zwischenschalten einer Antisiphon-Einheit oder der Implantation eines Y-Konnektors. Dies geschah bei 11 bzw. 7 Reoperationen.

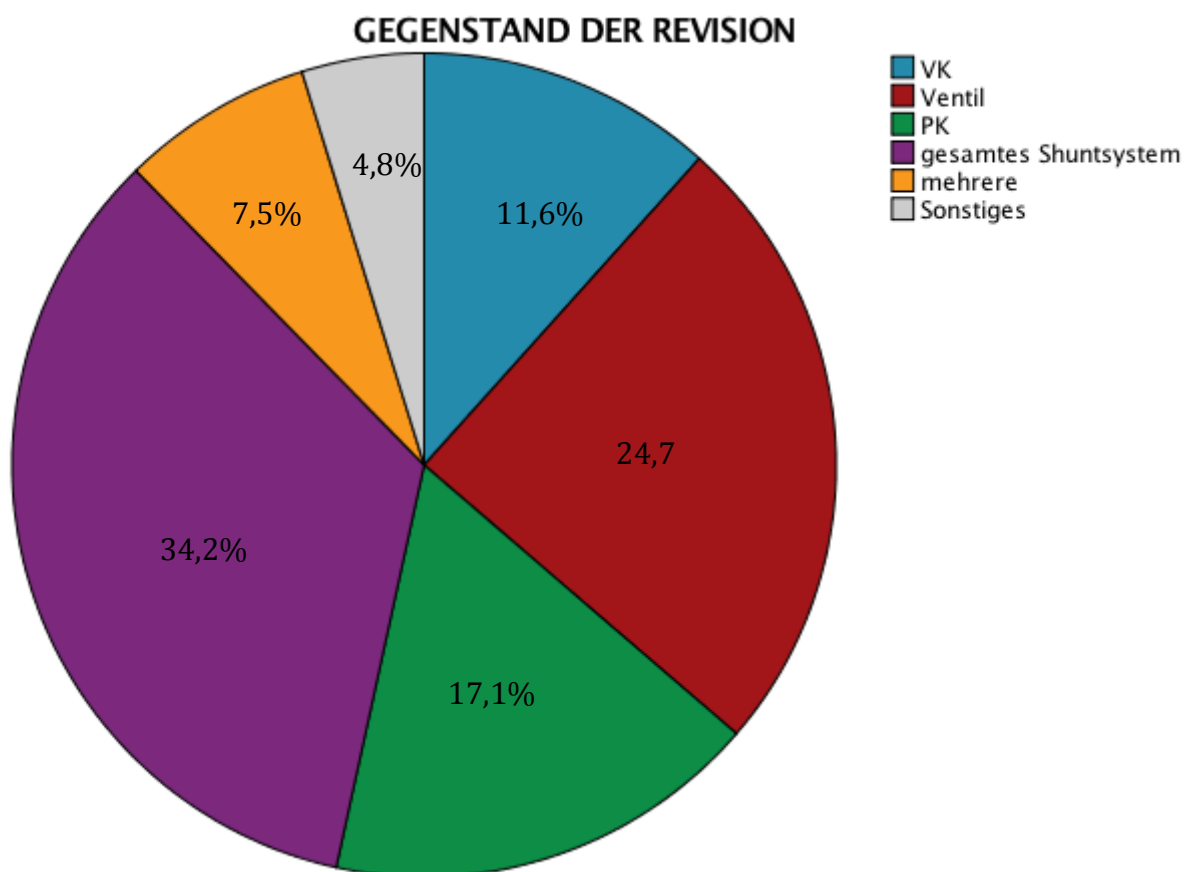


Diagramm 14: Gegenstand der Revision

## **4.2 Risikofaktorenanalyse (Statistische Analyse)**

### **4.2.1 Einflussfaktoren auf die Revisionsrate**

Im folgenden Abschnitt werden die oben genannten demographischen, patientenspezifischen und technischen Daten auf ihren Zusammenhang mit den ermittelten Revisionszahlen untersucht.

#### **4.2.1.1 Geschlecht und Alter**

Von 461 operierten Patienten, denen im Zeitraum zwischen 2002 und 2012 eine ventrikuloperitoneale Liquorableitung implantiert wurde, stellten sich 279 nochmals zur Kontrolle vor. 146 Patienten besuchten erneut die Sprechstunde, da ihnen der liegende Shunt Beschwerden bereitete.

Im Hinblick auf die Geschlechterzugehörigkeit lässt sich feststellen, dass sich häufiger Männer als Frauen einer Shunt-Revision unterziehen mussten.

Von 146 Revisionen entfielen 84 (57,5%) auf das männliche Geschlecht. Von den 218 mit einem Shunt versorgten Frauen hatten 62 Patientinnen Komplikationen zu beklagen, die zu einer Revision führten. Dies entspricht 42,5% der Gesamtzahl derer, die nochmals operiert wurden.

Somit liegt der Anteil der Männer, bei denen das Shuntsystem korrigiert wurde, um 15% höher als bei den Frauen.

Revision nach Geschlechtszugehörigkeit			
Revision		Häufigkeit	Prozent %
nein	männlich	159	50,5
	weiblich	156	49,5
	Gesamtsumme	315	100,0
ja	männlich	84	57,5
	weiblich	62	42,5
	Gesamtsumme	146	100,0

Tab. 5: Revisionshäufigkeit nach Geschlechterzugehörigkeit

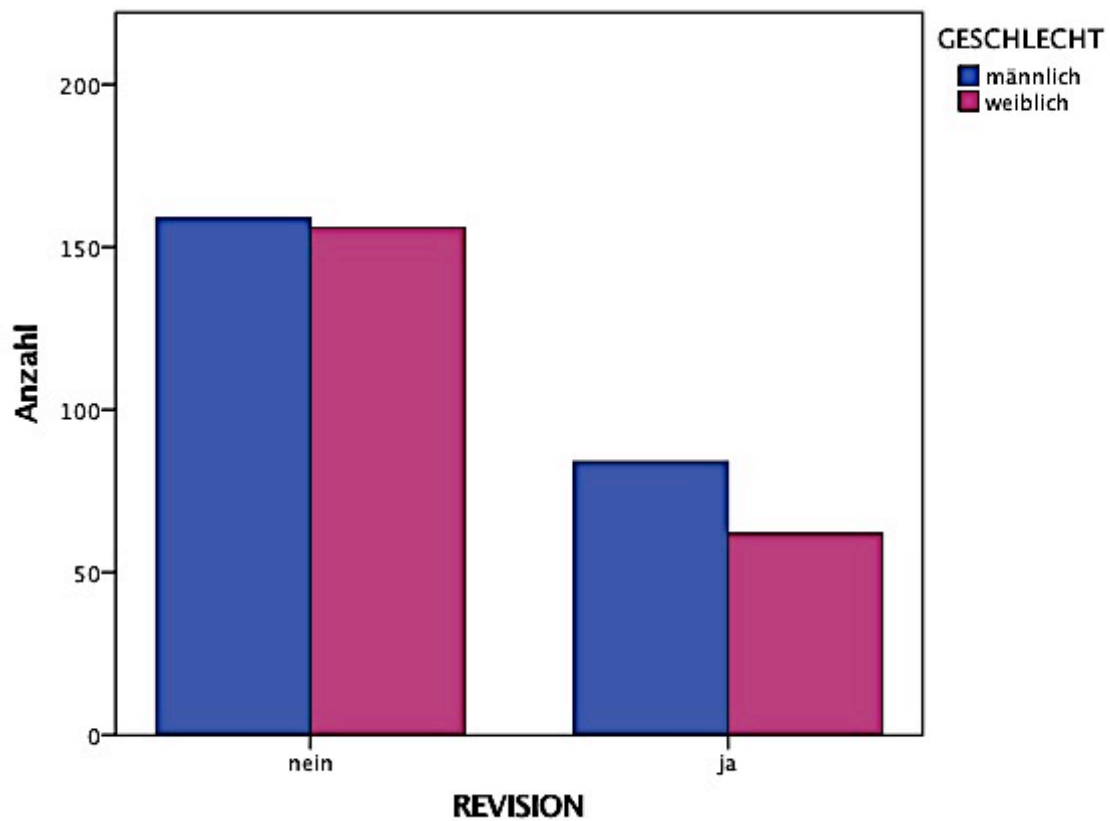


Diagramm 15: Anzahl der Revisionen bei Männern und Frauen

Betrachtet man die Verteilung der Revisionen in Bezug auf die verschiedenen Altersgruppen, so fällt auf, dass das Verhältnis relativ ausgeglichen ist. Ungefähr 30% der Revisionen entfielen auf die Patienten unter 40 Jahren. In der Altersgruppe zwischen 40 Jahren und 60 Jahren fanden ebenfalls ca. 30% aller Revisionen statt. Bei den Patienten ab 60 Jahren traten 39% der revisionsbedürftigen Beschwerden auf.

<b>Altersgrenzen der Gesamtpopulation</b>			
		Häufigkeit	Prozent %
Altersgrenzen	<40	108	23,4
	<60	147	31,9
	>60	206	44,7
	Gesamt	461	100,0

Tab. 6: Altersverteilung

<b>Altersgrenzen in Jahren</b>			
Revision		Häufigkeit	Prozent %
nein	<40	64	20,3
	<60	102	32,4
	>60	149	47,3
	Gesamt	315	100,0
ja	<40	44	30,1
	<60	45	30,8
	>60	57	39,0
	Gesamt	146	100,0

Tab. 7: Revisionshäufigkeit in den verschiedenen Altersgruppen

#### 4.2.1.2 Body Mass Index

Die Ermittlung der Revisionshäufigkeit bezüglich des BMIs, zeigt, dass sich an Adipositas erkrankte Patienten am häufigsten einer Revision unterziehen mussten. 41,1% der fettleibigen Shuntpflichtigen wurden im weiteren Verlauf nochmals operiert. Unter den Normalgewichtigen fand sich eine in etwa gleich hohe Revisionsrate wie unter den moderat übergewichtigen Patienten. Jeweils 34,5% bzw. 29,6% der Patienten der beiden Gewichtsklassen wurden an ihrem VP-Shunt revidiert.

Obwohl die Patienten mit Untergewicht mit 50% die höchste Revisionsrate vorzuweisen hatten, ist fraglich, ob eine Gruppe von 4 Patienten repräsentativ ist.

Revision bzgl. BMI (kg/m <sup>2</sup> )			
BMI		Häufigkeit	Prozent %
Keine Angabe	nein	117	73,6
	ja	42	26,4
	Gesamtsumme	159	100,0
normal	nein	72	65,5
	ja	38	34,5
	Gesamtsumme	110	100,0
Untergewicht	nein	2	50,0
	ja	2	50,0
	Gesamtsumme	4	100,0
Übergewicht	nein	81	70,4
	ja	34	29,6
	Gesamtsumme	115	100,0
Adipositas	nein	43	58,9
	ja	30	41,1
	Gesamtsumme	73	100,0

Tab. 8: Revisionshäufigkeit pro Gewichtsgruppe

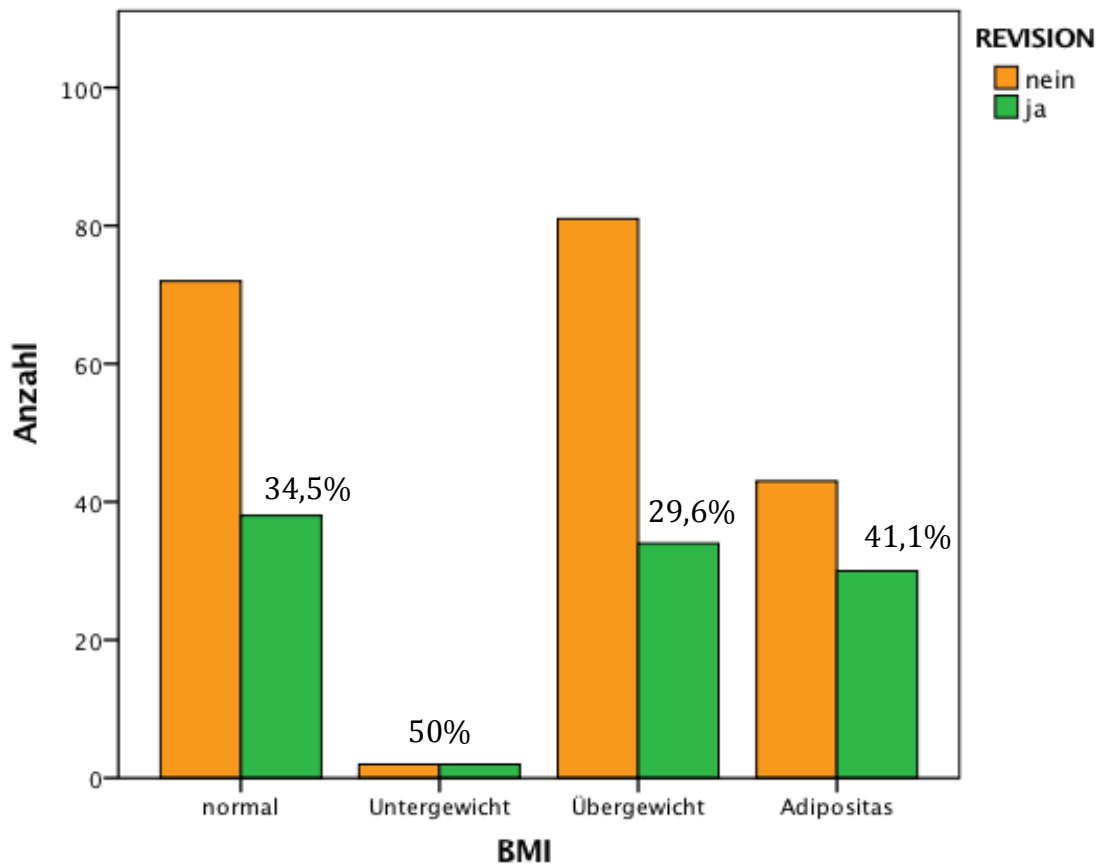


Diagramm 16: Anzahl der Revisionen in den verschiedenen Gewichtsklassen

#### 4.2.1.3 Komorbiditäten: Diabetes, Malignom, Gerinnungsstörung

75 Patienten waren parallel zum bestehenden Hydrozephalus an einem Diabetes mellitus erkrankt. 37,3% der Zuckerkranken unterzogen sich einer Revision ihres Shuntsystems. Von den Patienten ohne Diabetes wurden 30,6% einer Revision zugeführt.

Revision			
Diabetes		Häufigkeit	Prozent %
Keine Angabe	nein	1	100,0
nein	nein	267	69,4
	ja	118	30,6
	Gesamtsumme	385	100,0
ja	nein	47	62,7
	ja	28	37,3
	Gesamtsumme	75	100,0

Tab. 9: Vergleich Revisionshäufigkeit Diabetiker und Gesunde

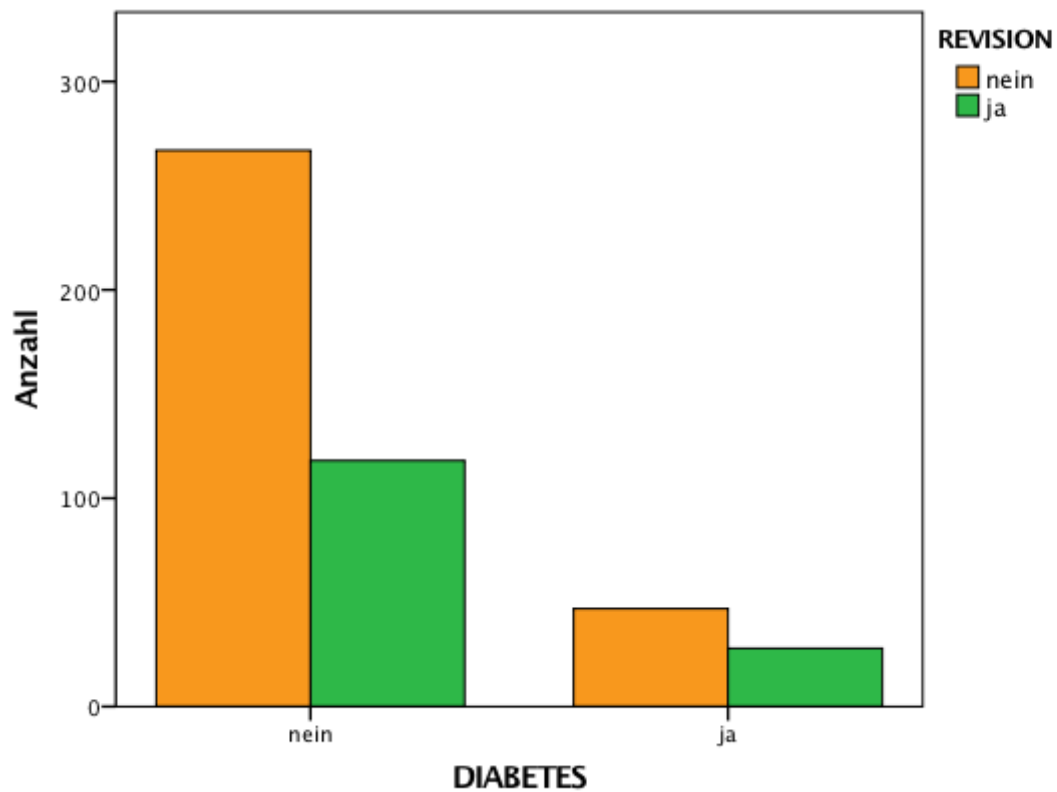


Diagramm 17: Anzahl der Revisionen bei Diabetikern und Gesunden

Unter den Patienten, die aktuell an einem Malignom erkrankt waren oder bei denen ein Malignom in der Vorgeschichte aufgetreten war (66), mussten 27,3% eine Revision vornehmen lassen. Wie auch beim Diabetes ähneln sich die Zahlen der Erkrankten und der Gesunden. In diesem Fall wurden 32,5% der Patienten ohne einen bösartigen Tumor erneut im Bereich des Shuntsystems operiert.

Revision			
Malignom		Häufigkeit	Prozent %
Keine Angabe	nein	1	100
	nein	266	67,5
	ja	128	32,5
ja	Gesamt	394	100,0
	nein	48	72,7
	ja	18	27,3
Gesamt		66	100,0

Tab. 10: Vergleich Malignom-Erkrankte und Gesunde

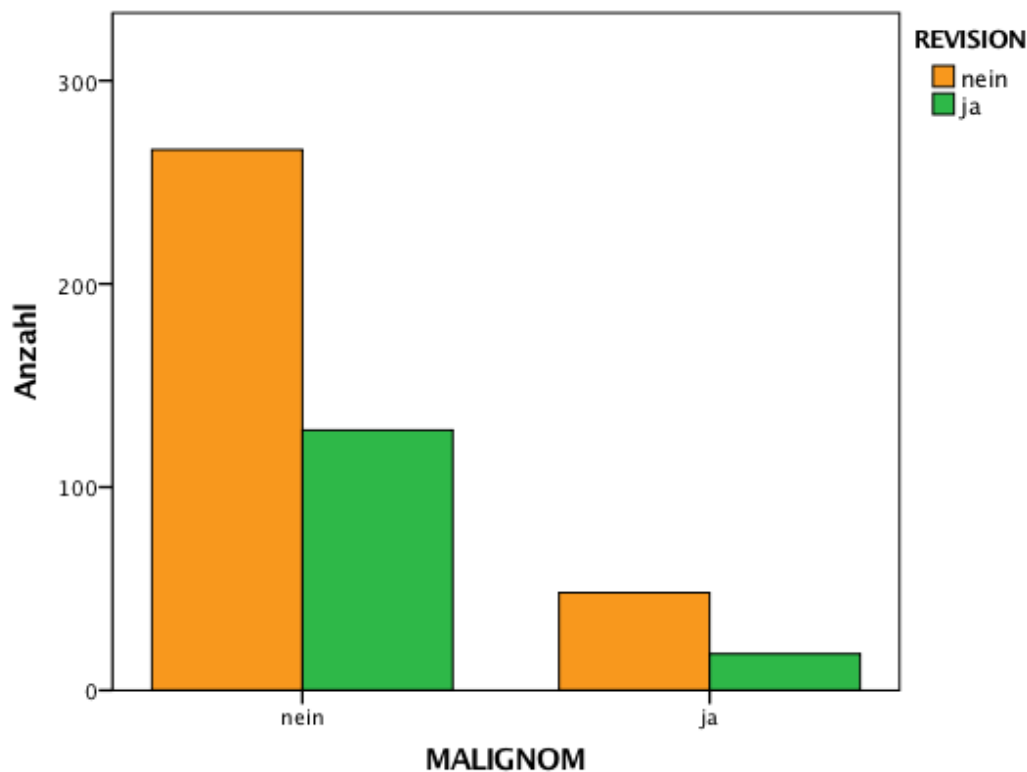


Diagramm 18: Anzahl der Revisionen bei Krebskranken und Gesunden

Im Falle der Patienten, die anlässlich einer anderen Grunderkrankung regelmäßig Marcumar bzw. ASS einnahmen oder idiopathisch bedingt eine Gerinnungsstörung hatten, stellten sich ebenfalls ca. 35% infolge von Komplikationen des Shunts vor um im weiteren Verlauf revidiert zu werden. Auch hier zeigt sich eine ähnliche Balance wie bei den vorhergehend beschriebenen Erkrankungen. Bei 31,7% der Patienten, die weder marcumarisiert waren, noch an einer anderweitigen Gerinnungsstörung litten, war eine operative Shunt-Revision indiziert.

<b>Revision</b>			
Gerinnungsstörung		Häufigkeit	Prozent %
Keine Angabe	nein	2	100,0
	ja	0	0,0
Keine Pathologie	nein	287	68,3
	ja	133	31,7
	Gesamtsumme	420	100,0
ASS/Marcumar	nein	25	65,8
	ja	13	34,2
	Gesamtsumme	38	100,0
idiopathisch	nein	1	100,0

Tab. 11: Vergleich der Revisionshäufigkeit bzgl. Funktion der Gerinnung

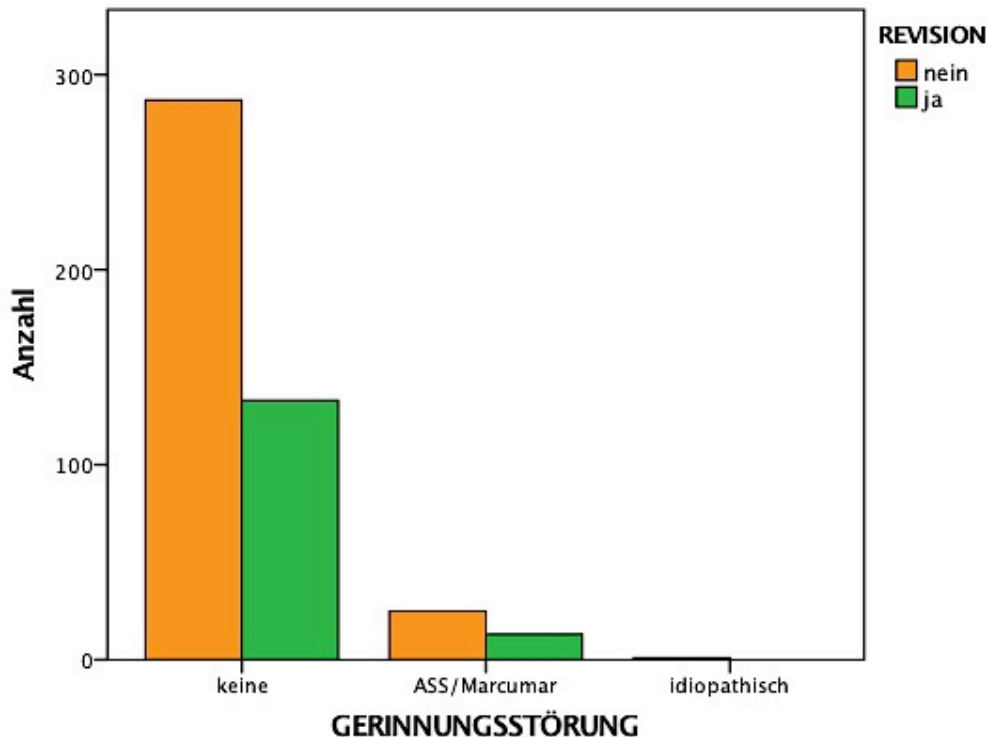


Diagramm 19: Anzahl der Revisionen bei Patienten mit und ohne Gerinnungsstörung

#### 4.2.1.4 Hydrozephalus-Ätiologie

Betrachtet man die Revisionshäufigkeit in Bezug auf die Ätiologie des Hydrozephalus, der ursprünglich zur Shuntanlage führte, so stellt sich heraus, dass die Patienten, welche aufgrund eines Hydrozephalus occlusivus operiert wurden, mit fast 40% die höchste Revisionsrate vorzuweisen hatten. Bei den Patienten mit einem Normaldruckhydrozephalus fand sich eine Anzahl von 26 Revisionen auf 80 Operierte, was einer Prozentzahl von 32,5% entspricht. Auch bei den Patienten mit einem Hydrozephalus malresorptivus und der Ätiologie „Sonstiges“ fiel eine Revisionsrate um 30% (29,3% bzw. 29,5%) auf. Bei den Patienten mit einem Pseudotumor cerebri ließ sich eine etwas geringere Revisionsrate ermitteln. Bei  $\frac{1}{4}$  der Patienten musste eine Reoperation vorgenommen werden. Die Zahl muss jedoch vor dem Hintergrund interpretiert werden, dass insgesamt nur 4 Patienten, welche aufgrund eines Pseudotumor cerebri behandelt wurden, in die Studie aufgenommen wurden.

<b>Revision</b>			
Hydrozephalus		Häufigkeit	Prozent %
malresorptivus	nein	171	70,7
	ja	71	29,3
	Gesamtsumme	242	100,0
occlusivus	nein	56	61,5
	ja	35	38,5
	Gesamtsumme	91	100,0
NPH	nein	54	67,5
	ja	26	32,5
	Gesamtsumme	80	100,0
Pseudotumor cerebri	nein	3	75,0
	ja	1	25,0
	Gesamtsumme	4	100,0
Sonstige	nein	31	70,5
	ja	13	29,5
	Gesamtsumme	44	100,0

Tab. 12: Revisionshäufigkeit in den Hydrozephalusgruppen

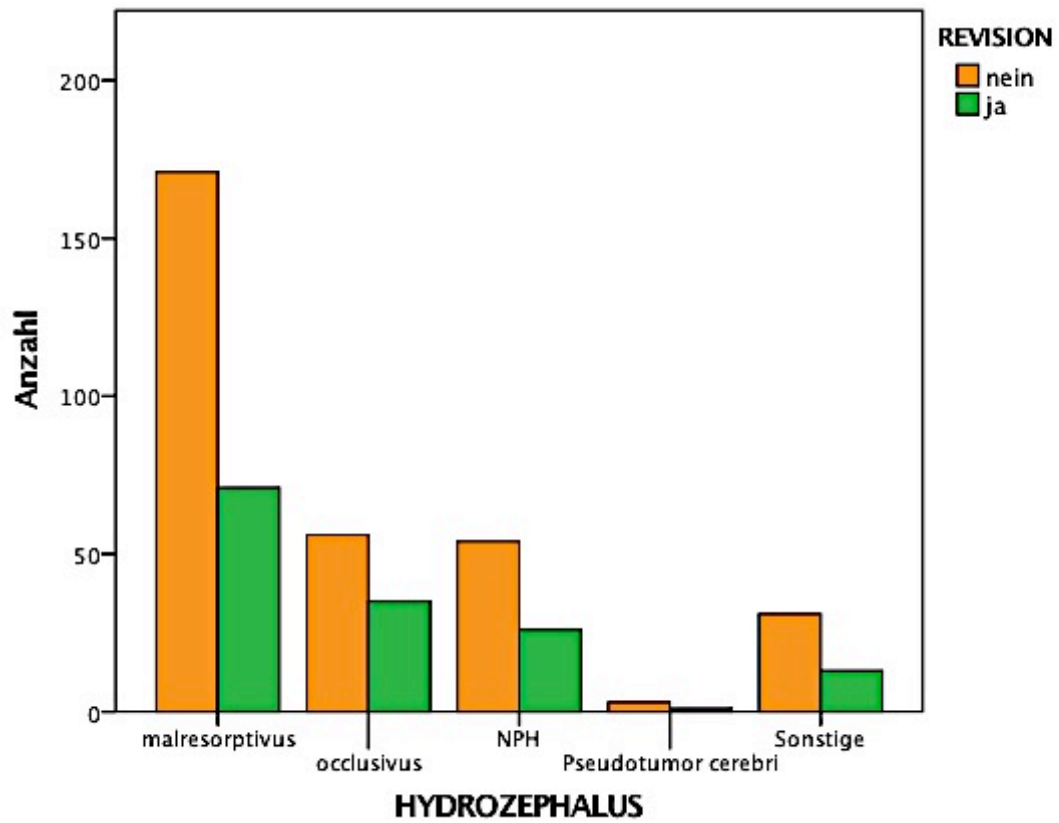


Diagramm 20: Anzahl der Revisionen in den Hydrozephalusgruppen

#### 4.2.1.5 Ventilart und präoperative Liquormanipulation

In Anbetracht der verwendeten Ventilarten der unterschiedlichen Hersteller Codman, Miethke und Medtronic, lässt sich für die Ventilart Medos-Hakim, welches am häufigsten verwendet wurde, und das ProGAV-Ventil eine Revisionsrate von jeweils ca. 30% ermitteln. Das Delta-Ventil der Firma Medtronic schlug mit einer Revisionsrate von 43,4%, also 10% mehr, zu Buche.

Revision			
Ventil		Häufigkeit	Prozent %
Keine Angabe	nein	3	50,0
	ja	3	50,0
	Gesamtsumme	6	100,0
Medos-Hakim	nein	216	71,1
	ja	88	28,9
	Gesamtsumme	304	100,0
Pro GAV	nein	49	72,1
	ja	19	27,9
	Gesamtsumme	68	100,0
Delta	nein	47	56,6
	ja	36	43,4
	Gesamtsumme	83	100,0

Tab. 13: Revisionshäufigkeit bei den verschiedenen Ventilarten

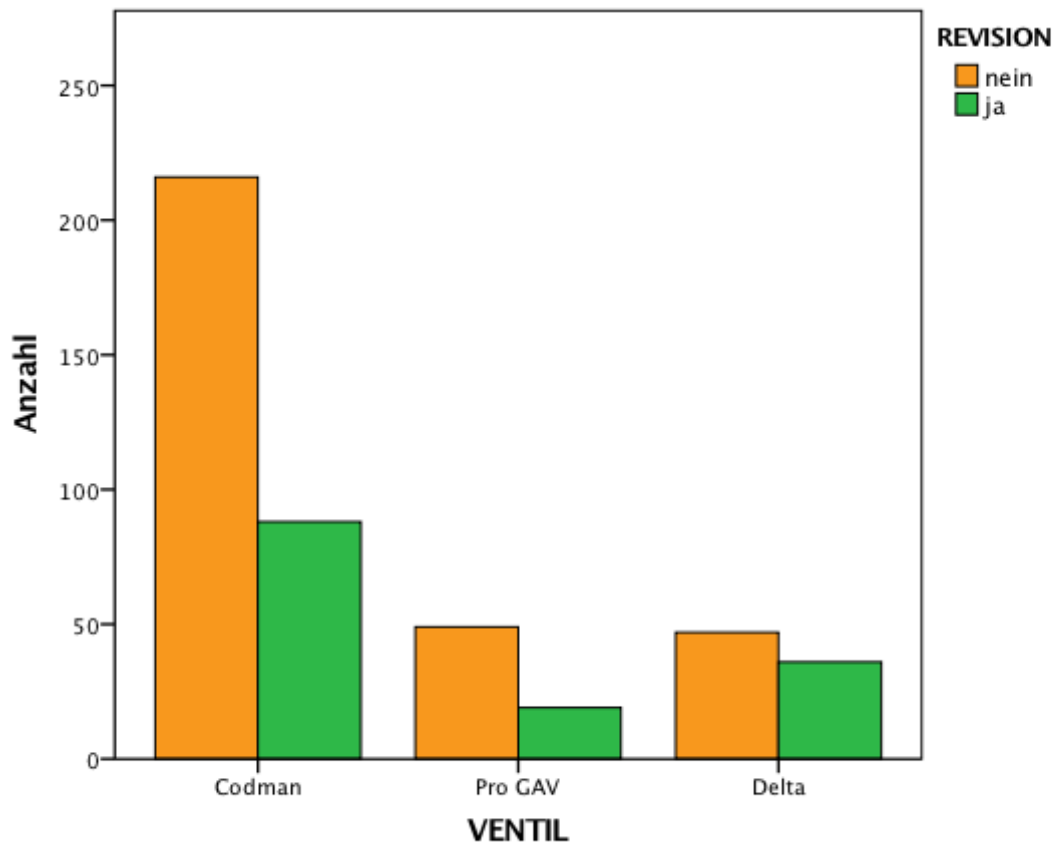


Diagramm 21: Anzahl der Revisionen bei den verschiedenen Ventilarten

Patienten, die präoperativ eine zwischenzeitliche Liquorableitung oder –manipulation erhalten hatten, erfuhren eine in etwa gleich hohe Revisionsrate wie Patienten, die vor der Shuntimplantation nicht in diese Richtung behandelt worden waren.

Die Einbringung einer EVD, einer Lumbaldrainage, eines Rickhamreservoirs, einer intracraniellen Druckmessung oder das Vornehmen einer Lumbalpunktion führten zu einer Revisionsrate von um die 30%. Patienten, die an einem Gehirntumor operiert worden waren oder eine subdurale Drainage erhalten hatten, wurden in 20% der Fälle (insgesamt 10) revidiert.

Unter den Patienten, die keine der genannten Manipulationen am Liquorsystem präoperativ erfahren hatten, wurden 33,3% einer Revision zugeführt.

Im Gegensatz dazu mussten alle 5 Patienten, bei denen eine Ventrikulozisternostomie in der Vorgeschichte vorgenommen worden war, eine erneute Shuntoperation über sich ergehen lassen.

<b>Revision</b>			
Liquormanipulation		Häufigkeit	Prozent %
Keine Angabe	nein	5	100,0
keine	nein	30	66,7
	ja	15	33,3
	Gesamtsumme	45	100,0
EVD	nein	71	69,6
	ja	31	30,4
	Gesamtsumme	102	100,0
Lumbaldrainage	nein	44	72,1
	ja	17	27,9
	Gesamtsumme	61	100,0
Lumbalpunktion	nein	44	65,7
	ja	23	34,3
	Gesamtsumme	67	100,0
Druckmessung	nein	25	80,6
	ja	6	19,4
	Gesamtsumme	31	100,0
Mehrere Verfahren	nein	78	67,2
	ja	38	32,8
	Gesamtsumme	116	100,0
Rickhamreservoir	nein	7	63,6
	ja	4	36,4
	Gesamtsumme	11	100,0
Tumor, subdurale Drainage	nein	8	80,0
	ja	2	20,0
	Gesamtsumme	10	100,0
Ventrikulozisternostomie	ja	5	100,0
VP-Shunt, LP-Shunt	nein	2	28,6
	ja	5	71,4
	Gesamtsumme	7	100,0
Liquorfistel	nein	1	100,0

Tab. 14: Revisionshäufigkeit bei verschiedenen Arten der Liquormanipulation

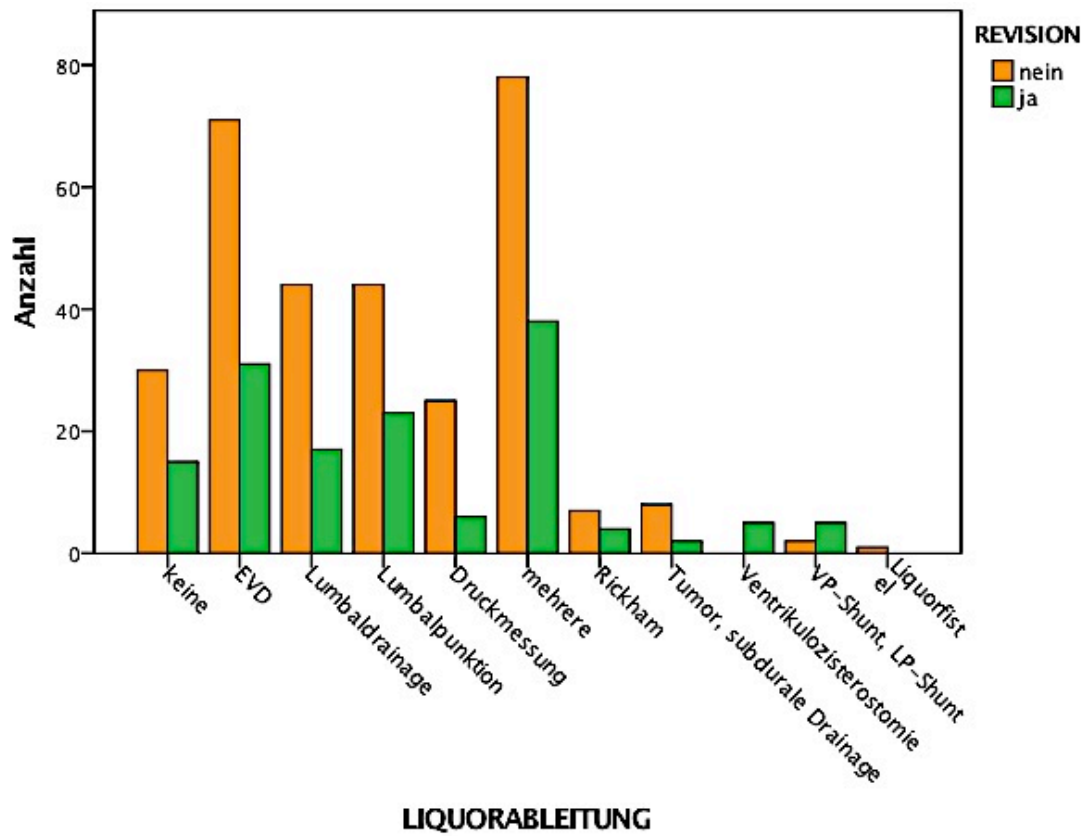


Diagramm 22: Anzahl der Revisionen bei den präoperativen Liquormanipulationen

#### **4.2.2 Korrelationen: Prädiktoren der verschiedenen Komplikationen**

Wie bereits erwähnt wurden in der vorliegenden Studie drei verschiedene Ursachen für eine Revisions-Operation betrachtet:

Die **Dysfunktion**, die **Fehllage** und die **Infektion**.

Im Folgenden werden die Gruppen Dysfunktion und Fehllage zur genaueren Betrachtung jeweils nochmals in zwei Untergruppen unterteilt.

Demnach werden die fünf Kategorien Dysfunktion Ventil, Dysfunktion Katheter, Fehllage Ventrikelkatheter, Fehllage Peritonealkatheter, sowie die Gruppe Infektionen genauer analysiert, um mögliche Prädiktoren zu ermitteln.

### 4.2.2.1 Dysfunktion Ventil

In 22,6 % der Fälle, in denen eine Revision vorgenommen wurde, wurde eine Dysfunktion des Ventils als Ursache für die erneute Operation festgestellt. Die folgende Tabelle zeigt die statistische Auswertung bezüglich dieser Variable mithilfe logistischer Regression. Signifikante p-Werte wurden gelb markiert:

	Dysfunktion Ventil				
	n	OR	95%-CI		p
Alter	461	0.99	0.98	1.01	0.19
OP Dauer	406	1.00	0.98	1.01	0.669
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	282	0.93	0.83	1.02	0.158
BMI Kategorial (ref: normal)					
Untergewicht	302				
Übergewicht	302	0.45	0.15	1.20	0.123
Adipositas	302	0.35	0.08	1.15	0.114
Raucher	460	1.93	0.44	6.02	0.307
Alkohol	461	0.71	0.04	3.62	0.745
Diabetes	460	0.91	0.30	2.25	0.852
Malignom	460	0.58	0.14	1.69	0.377
Gerinnung	459	0.68	0.11	2.37	0.605
weiblich (ref: männlich)	461	0.81	0.39	1.65	0.562
HYDROZEPHALUS					
malresorptivus	461	1.64	0.80	3.51	0.187
occkusivus	461	1.10	0.43	2.50	0.826
Bohrloch neu	448	0.85	0.38	2.08	0.7
Bactiseal/Silverline	420	0.96	0.15	3.44	0.957
VENTIL (ref: Codman)					
Pro GAV	455	2.21	0.81	5.48	0.098
Delta	455	2.94	1.27	6.65	0.01
Antibiotika	461	1.63	0.76	3.38	0.195
LIQUORMANIPULATIONEN					
EVD	456	0.60	0.20	1.47	0.306
Lumbaldrainage	456	0.89	0.26	2.36	0.826
Lumbalpunktion	456	1.63	0.63	3.74	0.276
Druckmessung	456	0.41	0.02	2.01	0.387
Mehrere Eingriffe	456	1.11	0.47	2.38	0.802
Rickham	456	1.29	0.07	7.06	0.811
Tumor/subdurale Drainage	456	1.44	0.08	8.01	0.734
Ventrikulozisternostomie	456	3.27	0.16	22.95	0.295
VP-Shunt	456	2.17	0.11	13.26	0.479

Tab. 15: Dysfunktion Ventil - lineare Regression

Bezüglich des Auftretens einer Dysfunktion des Ventils wurden folgende Variablen genauer untersucht:

1. Die Hydrozephalus-Ätiologie
2. Die Ventilart
3. Der Einsatz eines Silverline/Bactiseal-Katheter

#### 4.2.2.1.1 Die Hydrozephalusätiologie

<b>Dysfunktion Ventil</b>			
Hydrozephalus		Häufigkeit	Prozent %
malresorptivus	nein	221	91,3
	ja	21	8,7
	Gesamt	242	100,0
occlusivus	nein	84	92,3
	ja	7	7,7
	Gesamt	91	100,0
NPH	nein	76	95,0
	ja	4	5,0
	Gesamt	80	100,0
Pseudotumor cerebri	nein	4	100,0
Sonstige	nein	43	97,7
	ja	1	2,3
	Gesamt	44	100,0

Tab. 16: Dysfunktion Ventil und Hydrozephalusarten

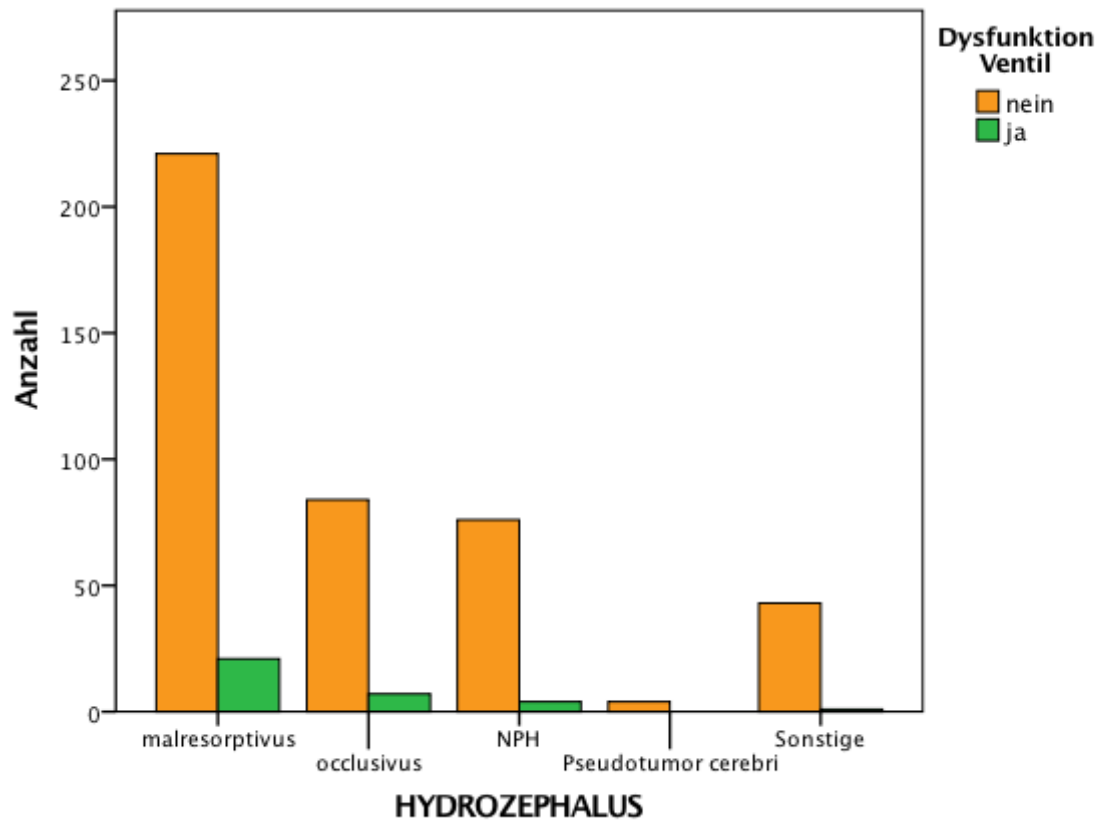


Diagramm 23: Anzahl der Ventildysfunktionen in den Hydrozephalusgruppen

#### 4.2.2.1.2 Ventil-Arten

Dysfunktion Ventil			
Ventil		Häufigkeit	Prozent %
Keine Angabe	nein	6	100,0
	ja		
Medos-Hakim	nein	289	95,1
	ja	15	4,9
	Gesamt	304	100,0
Pro GAV	nein	61	89,7
	ja	7	10,3
	Gesamt	68	100,0
Delta	nein	72	86,7
	ja	11	13,3
	Gesamt	83	100,0

Tab. 17: Dysfunktion Ventil und Ventilart

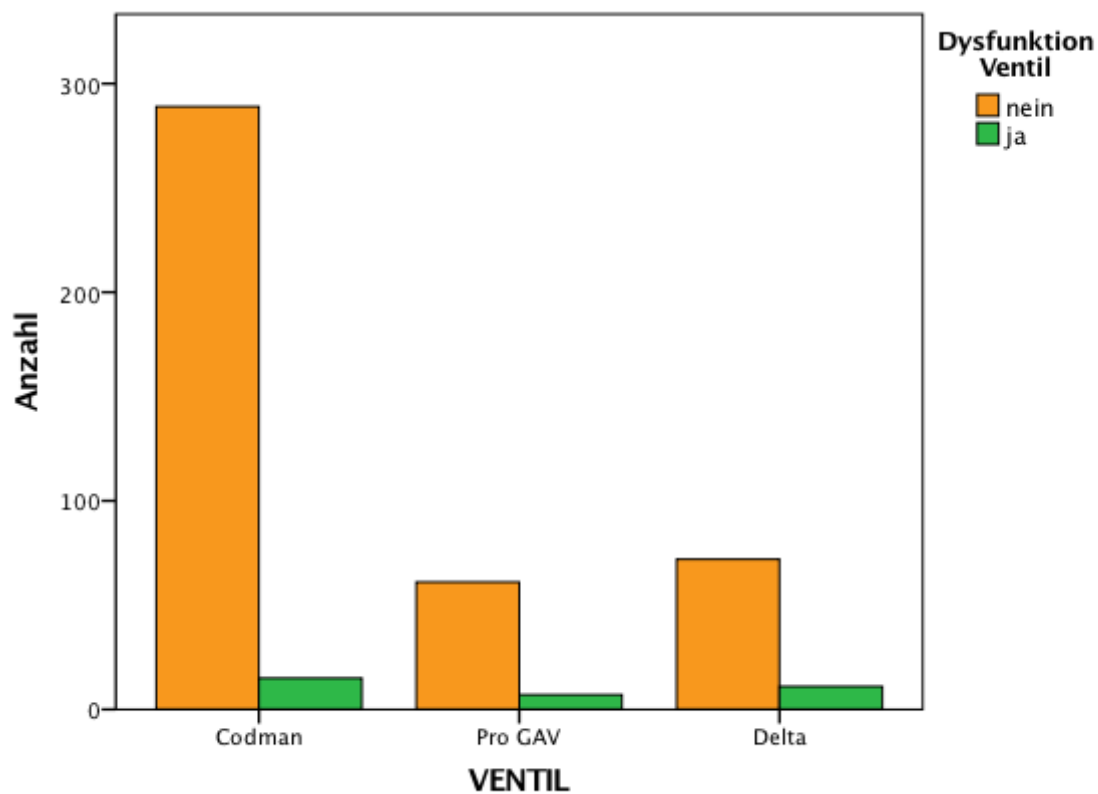


Diagramm 24: Anzahl Ventildysfunktionen bei den verschiedenen Ventilarten

### 4.2.2.1.3 Beschichteter Katheter

Dysfunktion Ventil			
Bactiseal/Silverline		Häufigkeit	Prozent %
Keine Angabe	nein	37	90,2
	ja	4	9,8
	Gesamt	41	100,0
nein	nein	363	93,1
	ja	27	6,9
	Gesamt	390	100,0
ja	nein	28	93,3
	ja	2	6,7
	Gesamt	30	100,0

Tab. 18: Dysfunktion Ventil und un-/beschichteter Katheter

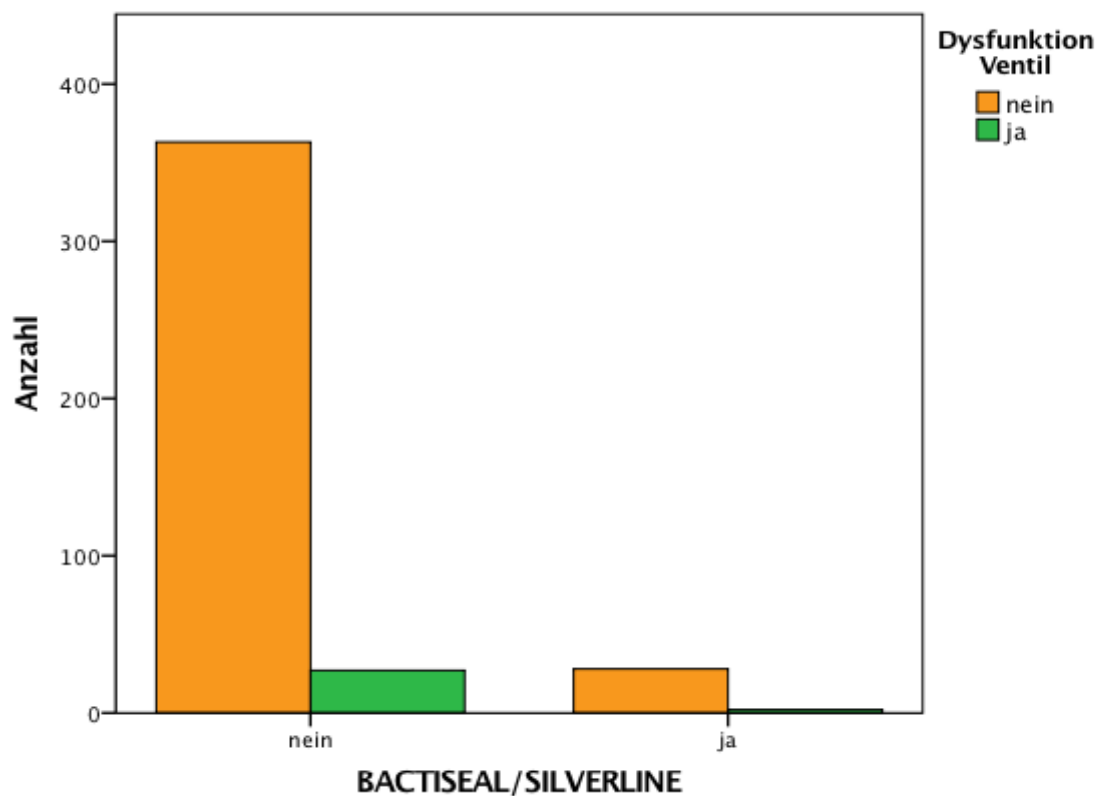


Diagramm 25: Anzahl Ventildysfunktionen bei un-/beschichtetem Katheter

#### 4.2.2.2 Dysfunktion Katheter

Ein wenig seltener als zu einer Dysfunktion des Ventils kam es zu einer fehlerhaften Funktion des Kathetersystems. 20,5% der Revisionen wurden aufgrund eines defekten Katheters durchgeführt. Die folgende Tabelle zeigt die statistische Auswertung bezüglich dieser Variable mithilfe logistischer Regression. Signifikante p-Werte wurden gelb markiert.

	Dysfunktion Katheter				
	n	OR	95%-CI		p
Alter	461	0.98	0.97	1.00	0.014
OP Dauer	406	0.99	0.97	1.01	0.312
<b>BMI</b>	<b>282</b>	<b>1.08</b>	<b>1.01</b>	<b>1.15</b>	<b>0.015</b>
BMI Kategorial (ref: normal)					
Untergewicht	302	5.78	0.26	53.89	0.153
Übergewicht	302	0.95	0.29	3.14	0.937
Adipositas	302	1.84	0.59	5.94	0.292
Raucher	460	0.61	0.03	3.06	0.635
Alkohol	461	0.79	0.04	4.05	0.823
Diabetes	460	1.03	0.34	2.57	0.956
Malignom	460	1.91	0.73	4.45	0.153
Gerinnung	459	0.76	0.12	2.66	0.711
weiblich (ref: männlich)	461	0.84	0.39	1.77	0.654
HYDROZEPHALUS					
malresorptivus	461	0.43	0.19	0.92	0.034
occlusivus	461	2.97	1.34	6.36	0.006
Bohrloch neu	448	1.85	0.69	6.41	0.265
Bactiseal/Silverline	420	1.14	0.18	4.13	0.864
VENTIL (ref: Codman)					
Pro GAV	455	0.20	0.01	0.99	0.12
Delta	455	1.24	0.47	2.90	0.635
Antibiotika	461	0.53	0.18	1.31	0.206
LIQUORABLEITUNGEN					
EVD	456	1.28	0.52	2.87	0.56
Lumbaldrainage	456	1.32	0.43	3.33	0.585
Lumbalpunktion	456	0.40	0.06	1.36	0.214
Druckmessung	456				0.989
mehrere	456	0.89	0.34	2.02	0.784
Rickham	456	1.43	0.08	7.88	0.735
Tumor, subdurale Drainage	456	1.60	0.09	8.94	0.662
Ventrikulozisternostomie	456	3.64	0.18	25.59	0.255
VP-Shunt	456	2.41	0.13	14.79	0.422

Tab. 19: Dysfunktion Katheter - lineare Regression

Untersucht wurden in diesem Zusammenhang die Variablen:

1. BMI
2. Hydrozephalus-Ätiologie
3. Liquormanipulation präoperativ
4. Einsatz eines beschichteten Katheters
5. Ventilart

#### 4.2.2.2.1 Body Mass Index

<b>Dysfunktion Kathetersystem</b>			
BMI		Häufigkeit	Prozent %
Keine Angabe	nein	149	93,7
	ja	10	6,3
	Gesamt	159	100,0
normal	nein	104	94,5
	ja	6	5,5
	Gesamt	110	100,0
Untergewicht	nein	3	75,0
	ja	1	25,0
	Gesamt	4	100,0
Übergewicht	nein	109	94,8
	ja	6	5,2
	Gesamt	115	100,0
Adipositas	nein	66	90,4
	ja	7	9,6
	Gesamt	73	100,0

Tab. 20: Dysfunktion Kathetersystem und BMI

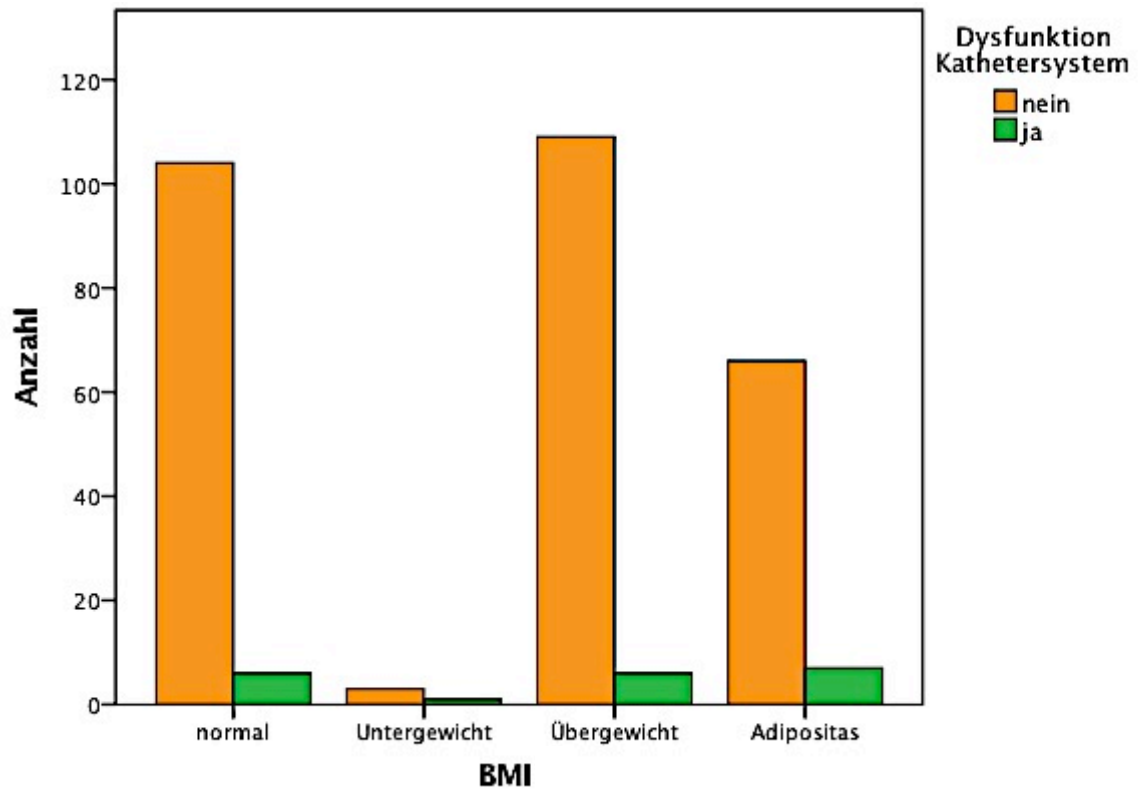


Diagramm 26: Anzahl Katheterdysfunktionen in den Gewichtsklassen

#### 4.2.2.2.2 Hydrozephalusätiologie

Dysfunktion Kathetersystem			
Hydrozephalus		Häufigkeit	Prozent %
malresorptivus	nein	232	95,9
	ja	10	4,1
	Gesamt	242	100,0
occlusivus	nein	79	86,8
	ja	12	13,2
	Gesamt	91	100,0
NPH	nein	76	95,0
	ja	4	5,0
	Gesamt	80	100,0
Pseudotumor cerebri	nein	4	100,0
Sonstige	nein	40	90,9
	ja	4	9,1
	Gesamt	44	100,0

Tab. 21: Dysfunktion Kathetersystem und Hydrozephalusarten

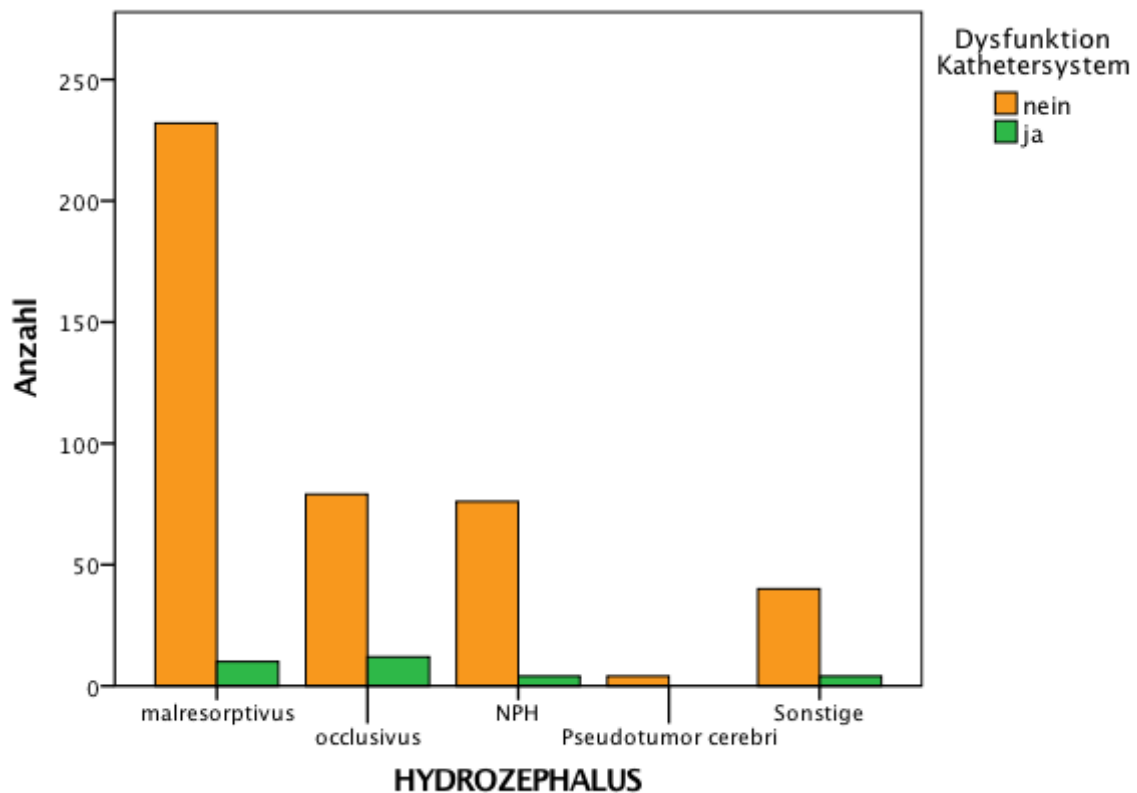


Diagramm 27: Anzahl Katheterdysfunktionen bei den Hydrozephalusarten

#### 4.2.2.2.3 Präoperative Liquormanipulation

<b>Dysfunktion Kathetersystem</b>			
Liquormanipulation		Häufigkeit	Prozent %
Keine Angabe	nein	5	100,0
keine	nein	41	91,1
	ja	4	8,9
	Gesamt	45	100,0
EVD	nein	94	92,2
	ja	8	7,8
	Gesamt	102	100,0
Lumbaldrainage	nein	56	91,8
	ja	5	8,2
	Gesamt	61	100,0
Lumbalpunktion	nein	65	97,0
	ja	2	3,0
	Gesamt	67	100,0
Druckmessung	nein	31	100,0
Mehrere Verfahren	nein	109	94,0
	ja	7	6,0
	Gesamt	116	100,0
Rickhamreservoir	nein	10	90,9
	ja	1	9,1
	Gesamt	11	100,0
Tumor, subdurale Drainage	nein	9	90,0
	ja	1	10,0
	Gesamt	10	100,0
Ventrikulozisternostomie	nein	4	80,0
	ja	1	20,0
	Gesamt	5	100,0
VP-Shunt, LP-Shunt	nein	6	85,7
	ja	1	14,3
	Gesamt	7	100,0
Liquorfistel	nein	1	100,0

Tab. 22: Dysfunktion Kathetersystem und präoperative Liquormanipulation

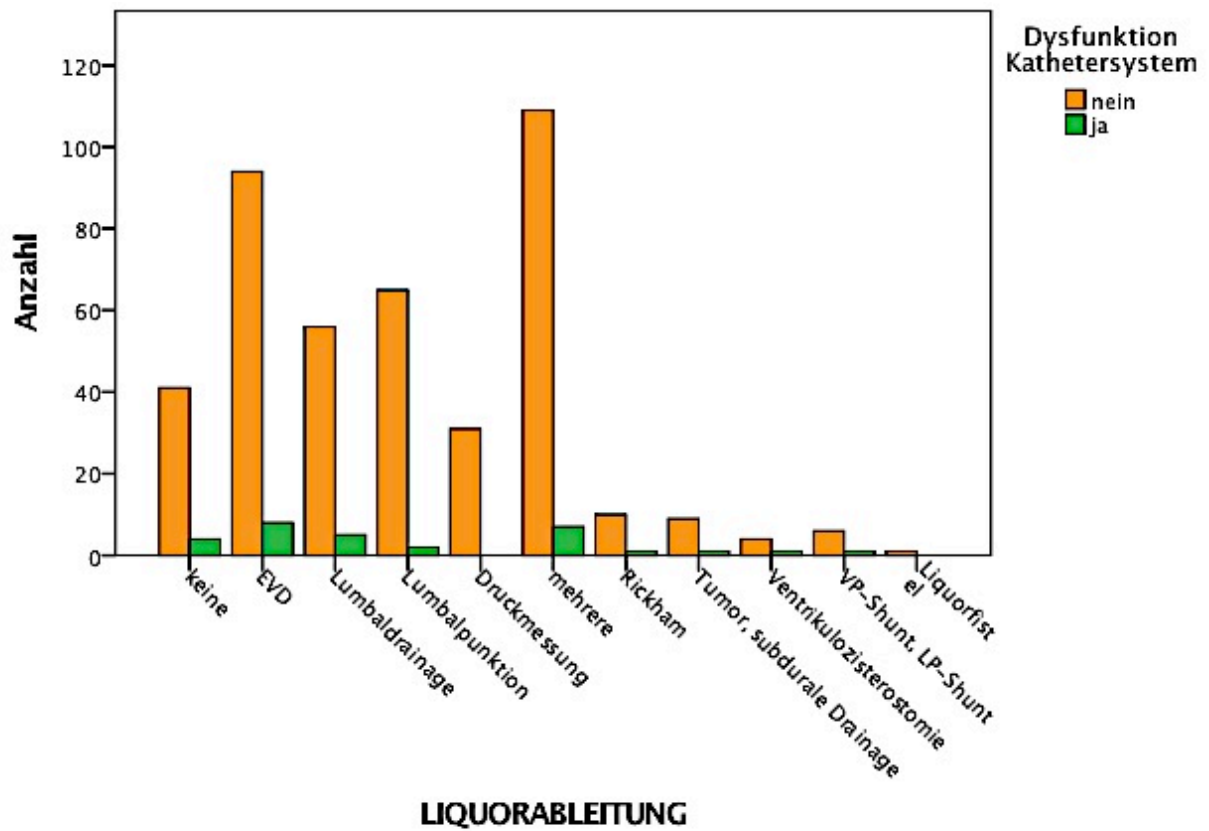


Diagramm 28: Anzahl Katheterdysfunktionen bei den präoperativen Liquormanipulationen

#### 4.2.2.2.4 Beschichteter Katheter

Dysfunktion Kathetersystem			
Bactiseal/Silverline		Häufigkeit	Prozent %
Keine Angabe	nein	36	87,8
	ja	5	12,2
	Gesamt	41	100,0
nein	nein	367	94,1
	ja	23	5,9
	Gesamt	390	100,0
ja	nein	28	93,3
	ja	2	6,7
	Gesamt	30	100,0

Tab. 23: Dysfunktion Kathetersystem und un-/beschichtete Katheter

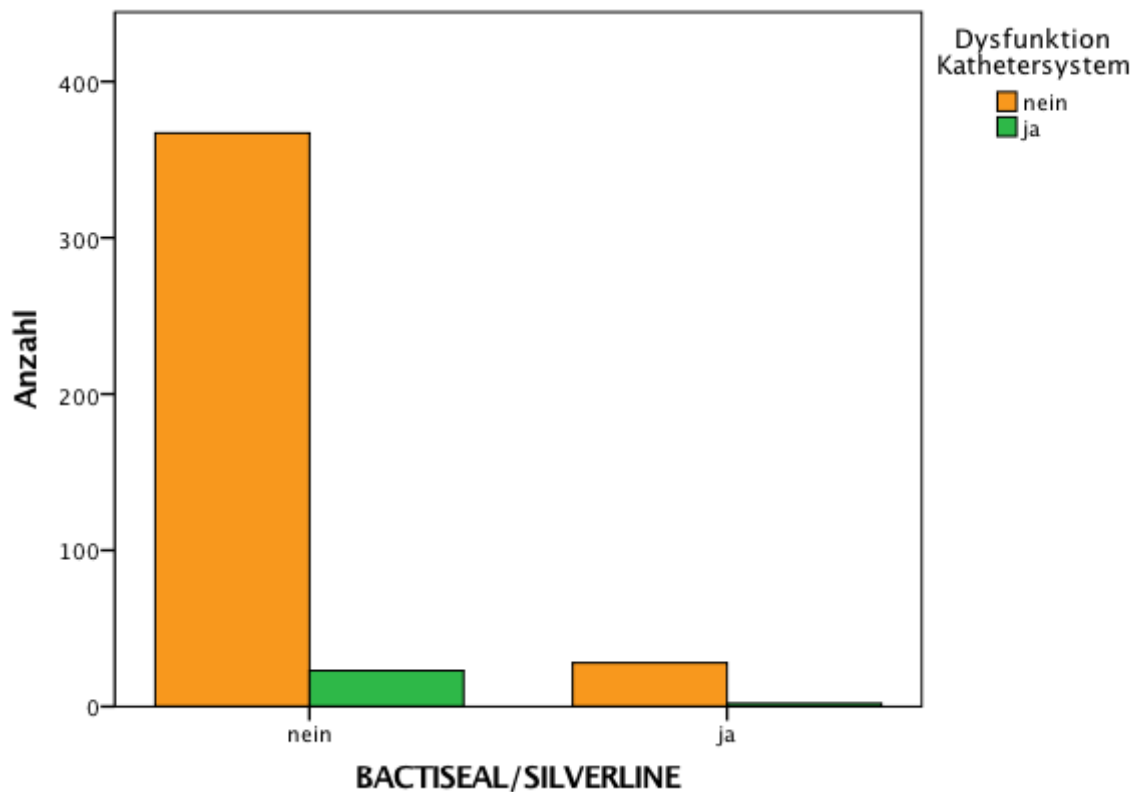


Diagramm 29: Anzahl Katheterdysfunktionen bei un-/beschichtetem Katheter

#### 4.2.2.2.5 Ventil-Arten

Dysfunktion Kathetersystem			
Ventil		Häufigkeit	Prozent %
Keine Angabe	nein	5	83,3
	ja	1	16,7
	Gesamt	6	100,0
Medos-Hakim	nein	283	93,1
	ja	21	6,9
	Gesamt	304	100,0
Pro GAV	nein	67	98,5
	ja	1	1,5
	Gesamt	68	100,0
Delta	nein	76	91,6
	ja	7	8,4
	Gesamt	83	100,0

Tab. 24: Dysfunktion Kathetersystem und Ventilart

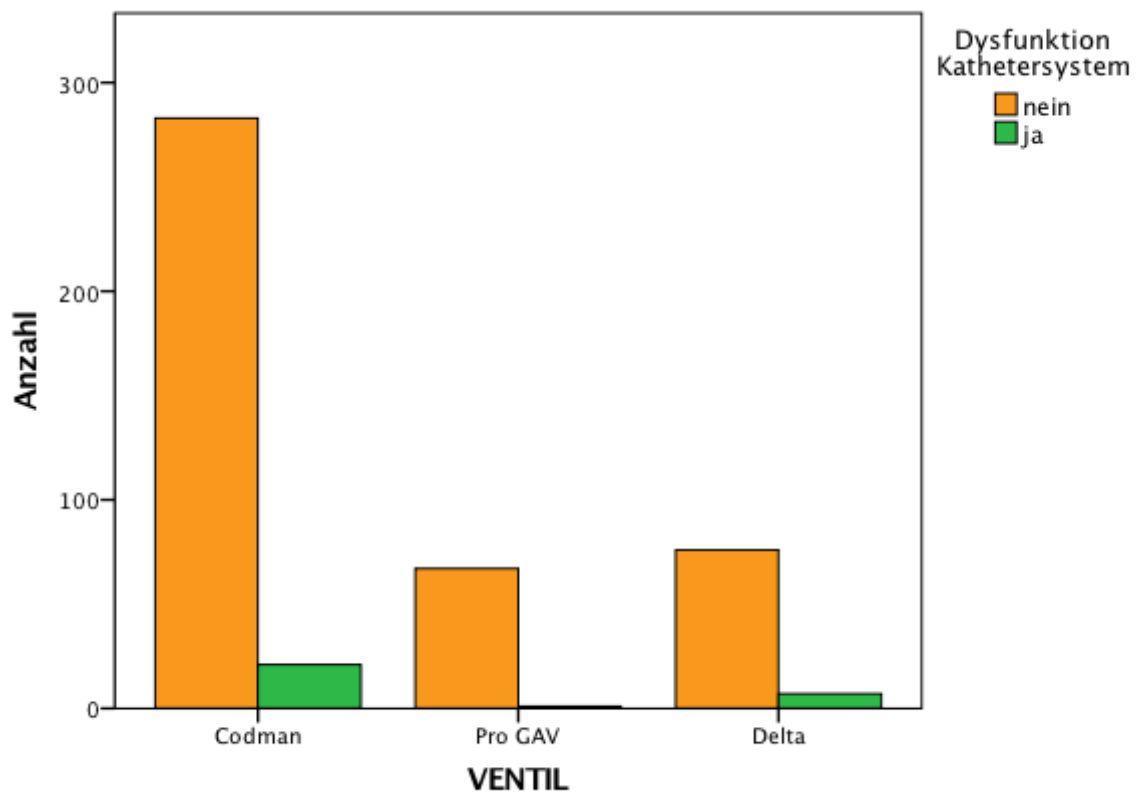


Diagramm 30: Anzahl Katheterdysfunktionen bei den verschiedenen Ventilarten

#### 4.2.2.3 Fehllage Ventrikelkatheter

Die Fehllage des Ventrikelkatheters hatte einen Anteil von 12,3% an den Komplikationen, die zu einer Revision führten. Die folgende Tabelle zeigt die statistische Auswertung bezüglich dieser Variable mithilfe logistischer Regression. Signifikante p-Werte wurden gelb markiert.

	Fehllage Ventrikelkatheter				
	n	OR	95%-CI		p
Alter	461	1.00	0.98	1.02	0.909
OP Dauer	406	1.01	1.00	1.02	0.119
BMI	282	1.07	0.98	1.15	0.076
BMI Kategorial (ref: normal)					
Untergewicht	302				
Übergewicht	302	1.29	0.28	6.65	0.746
<b>Adipositas</b>	<b>302</b>	<b>4.39</b>	<b>1.22</b>	<b>20.58</b>	<b>0.033</b>
Raucher	460				
Alkohol	461	1.39	0.08	7.38	0.756
Diabetes	460	1.03	0.23	3.21	0.966
Malignom	460	0.74	0.11	2.68	0.691
Gerinnung	459	0.62	0.03	3.17	0.651
weiblich (ref: männlich)	461	0.54	0.19	1.43	0.233
HYDROZEPHALUS					
malresorptivus	461	0.56	0.20	1.46	0.244
occlusivus	461	0.50	0.08	1.79	0.357
Bohrloch enu	448	2.30	0.63	14.72	0.275
Bactiseal/Silverline	420	0.93	0.05	4.86	0.942
VENTIL (ref: Codman)					
Pro GAV	455	0.33	0.02	1.72	0.295
Delta	455	1.13	0.31	3.30	0.831
Antibiotika	461	1.06	0.33	2.88	0.915
LIQUORMANIPULATIONEN					
EVD	456	0.99	0.28	2.84	0.988
Lumbaldrainage	456	1.31	0.30	4.12	0.677
Lumbalpunktion	456	1.70	0.47	4.92	0.362
Druckmessung	456				
mehrere	456	1.49	0.51	3.94	0.435
Rickham	456				
Tumor, subdurale Drainage	456				
Ventrikulozisternostomie	456				
VP-Shunt	456				

Tab. 25: Fehllage Ventrikelkatheter - lineare Regression

Nachstehend werden folgende Einflussfaktoren genauer betrachtet:

1. Hydrozephalusart
2. Neues Bohrloch
3. Beschichteter Katheter

#### 4.2.2.3.1 Hydrozephalusätiologie

<b>Fehllage Ventrikelkatheter</b>			
Hydrozephalus		Häufigkeit	Prozent %
malresorptivus	nein	235	97,1
	ja	7	2,9
	Gesamt	242	100,0
occlusivus	nein	89	97,8
	ja	2	2,2
	Gesamt	91	100,0
NPH	nein	74	92,5
	ja	6	7,5
	Gesamt	80	100,0
Pseudotumor cerebri	nein	4	100,0
Sonstige	nein	41	93,2
	ja	3	6,8
	Gesamt	44	100,0

Tab. 26: Fehllage Ventrikelkatheter und Hydrozephalusarten

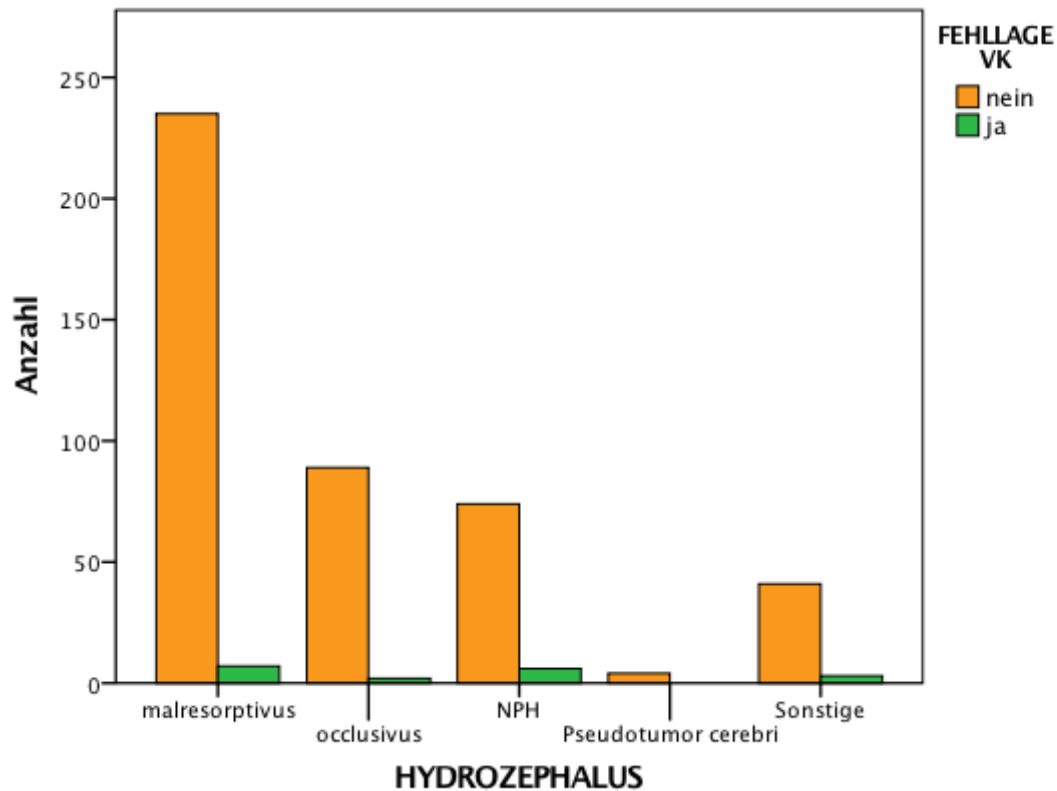


Diagramm 31: Anzahl Ventrikelkatheter-Fehllagen bei den Hydrozephalusarten

#### 4.2.2.3.2 Bohrlochtrepanation

Fehllage Ventrikelkatheter			
Bohrloch neu		Häufigkeit	Prozent %
Keine Angabe	nein	12	92,3
	ja	1	7,7
	Gesamt	13	100,0
nein	nein	101	98,1
	ja	2	1,9
	Gesamt	103	100,0
ja	nein	330	95,7
	ja	15	4,3
	Gesamt	345	100,0

Tab. 27: Fehllage Ventrikelkatheter und frische Bohrlochtrepanation

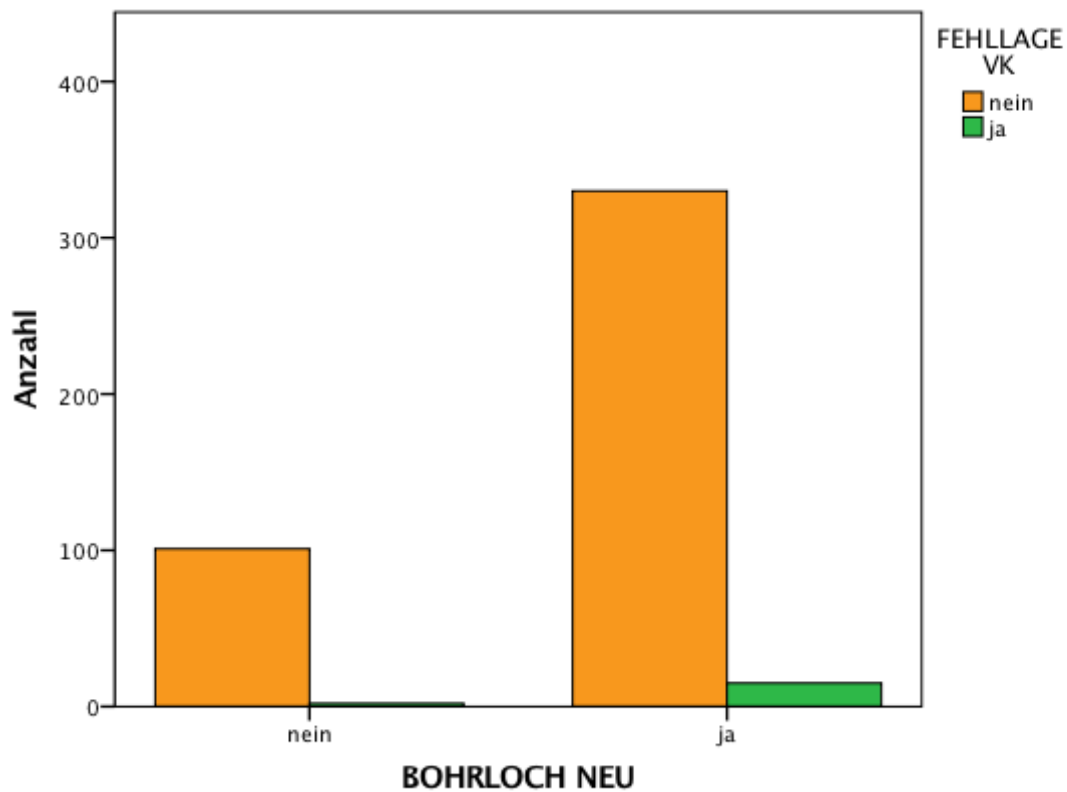


Diagramm 32: Anzahl Ventrikelkatheter-Fehllagen bei neuem/altem Bohrloch

#### 4.2.2.3.3 Beschichteter Katheter

Fehllage Ventrikelkatheter			
Bactiseal/Silverline		Häufigkeit	Prozent %
Keine Angabe	nein	38	92,7
	ja	3	7,3
	Gesamt	41	100,0
nein	nein	376	96,4
	ja	14	3,6
	Gesamt	390	100,0
ja	nein	29	96,7
	ja	1	3,3
	Gesamt	30	100,0

Tab. 28: Fehllage Ventrikelkatheter und un-/beschichtete Katheter

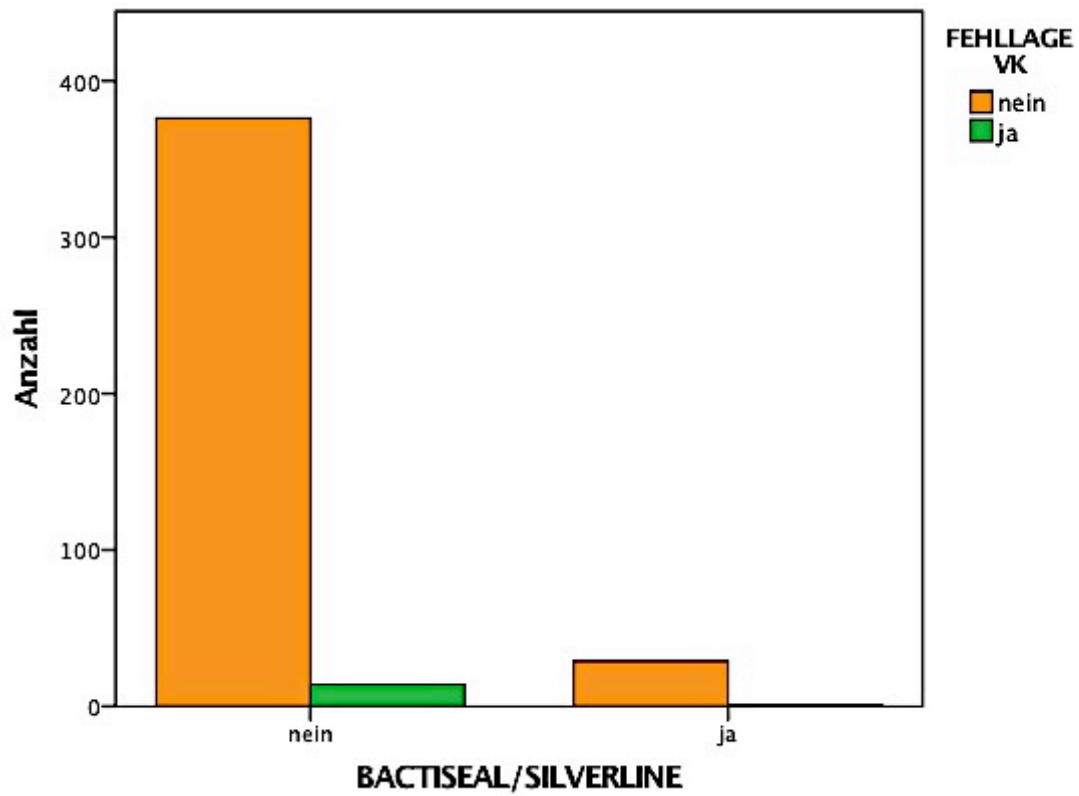


Diagramm 33: Anzahl Ventrikelkatheter-Fehllagen bei un-/beschichtetem Katheter

#### 4.2.2.4 Fehllage Peritonealkatheter

Die Dislokation des Peritonealkatheters trat mit einer etwas höheren Häufigkeit als die des Ventrikelkatheters auf. 15,8% der Revisionen konnten auf diese Komplikation als Ursache zurückgeführt werden. Die folgende Tabelle zeigt die statistische Auswertung bezüglich dieser Variable mithilfe logistischer Regression. Signifikante p-Werte wurden gelb markiert.

	Fehllage PK				
	n	OR	95%-CI		p
Alter	461	1.01	0.99	1.03	0.473
OP Dauer	406	0.99	0.97	1.00	0.202
<b>BMI</b>	<b>282</b>	<b>1.08</b>	<b>1.01</b>	<b>1.15</b>	<b>0.021</b>
BMI Kategorial (ref: normal)					
Untergewicht	302				
Übergewicht	302	1.72	0.50	6.72	0.399
Adipositas	302	3.26	0.99	12.62	0.062
Raucher	460				
Alkohol	461				
Diabetes	460	2.37	0.88	5.79	0.067
Malignom	460	0.89	0.21	2.69	0.855
Gerinnung	459	1.67	0.38	5.16	0.427
weiblich (ref: männlich)	461	1.02	0.44	2.38	0.958
HYDROZEPHALUS					
malresorptivus	461	0.38	0.14	0.90	0.036
occlusivus	461	1.14	0.37	2.94	0.805
Bohrloch neu	448	2.05	0.69	8.83	0.254
Bactiseal/Silverline	420				
VENTIL (ref: Codman)					
Pro GAV	455	1.78	0.55	4.90	0.291
Delta	455	1.43	0.45	3.93	0.505
Antibiotika	461	0.25	0.04	0.87	0.063
LIQUORMANIPULATIONEN					
EVD	456	0.51	0.12	1.51	0.279
Lumbaldrainage	456	0.97	0.22	2.94	0.962
Lumbalpunktion	456	2.72	1.01	6.66	0.035
Druckmessung	456	0.61	0.03	3.07	0.635
mehrere	456	0.60	0.17	1.65	0.368
Rickham	456				
Tumor, subdurale Drainage	456				
Ventrikulozisterostomie	456	4.87	0.24	34.71	0.164
VP-Shunt	456				

Tab. 29: Fehllage Peritonealkatheter - lineare Regression

Hierbei stellte sich die Frage nach einer Korrelation mit folgenden Variablen:

1. BMI
2. Beschichteter Katheter

#### 4.2.2.4.1 Body Mass Index

<b>Fehllage Peritonealkatheter</b>			
<b>BMI</b>		<b>Häufigkeit</b>	<b>Prozent %</b>
Keine Angabe	nein	155	97,5
	ja	4	2,5
	Gesamt	159	100,0
normal	nein	106	96,4
	ja	4	3,6
	Gesamt	110	100,0
Untergewicht	nein	4	100,0
Übergewicht	nein	108	93,9
	ja	7	6,1
	Gesamt	115	100,0
Adipositas	nein	65	89,0
	ja	8	11,0
	Gesamt	73	100,0

Tab. 30: Fehllage Peritonealkatheter und BMI

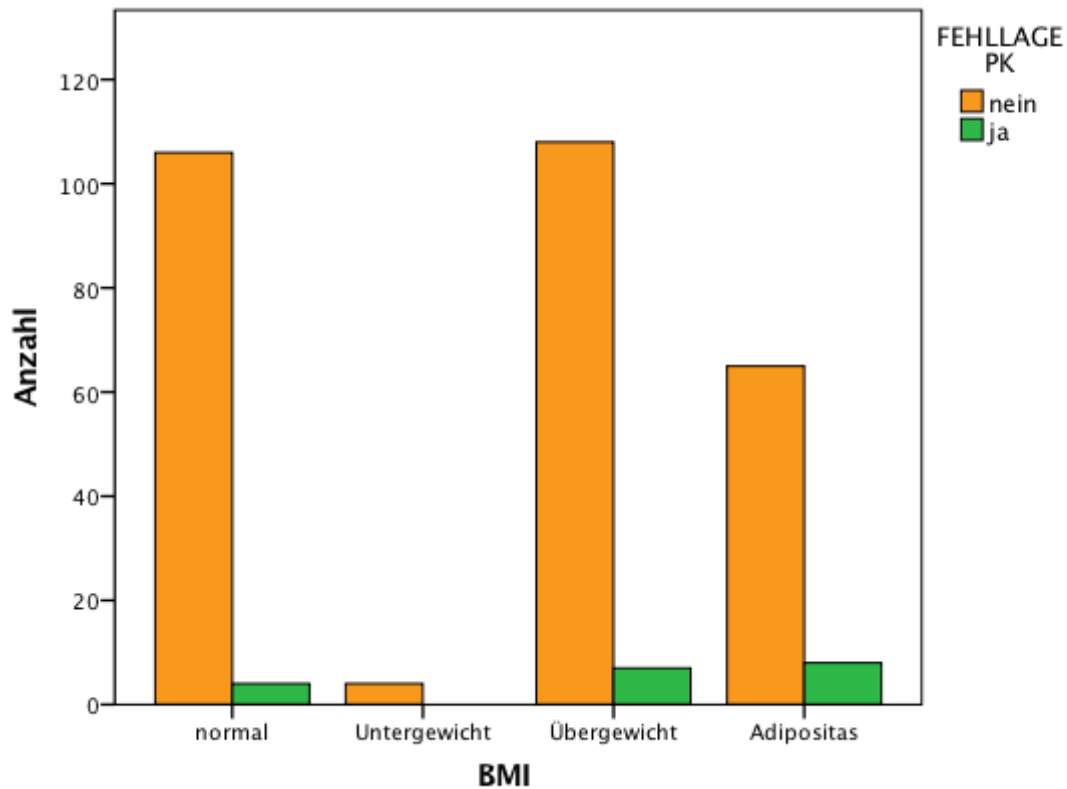


Diagramm 34: Anzahl Peritonealkatheter-Fehllagen in den Gewichtsgruppen

#### 4.2.2.4.2 Beschichteter Katheter

Fehllage Peritonealkatheter			
Bactiseal/Silverline		Häufigkeit	Prozent %
keine Angabe	nein	38	92,7
	ja	3	7,3
	Gesamt	41	100,0
nein	nein	370	94,9
	ja	20	5,1
	Gesamt	390	100,0
ja	nein	30	100,0

Tab. 31: Fehllage Peritonealkatheter und un-/beschichteter Katheter

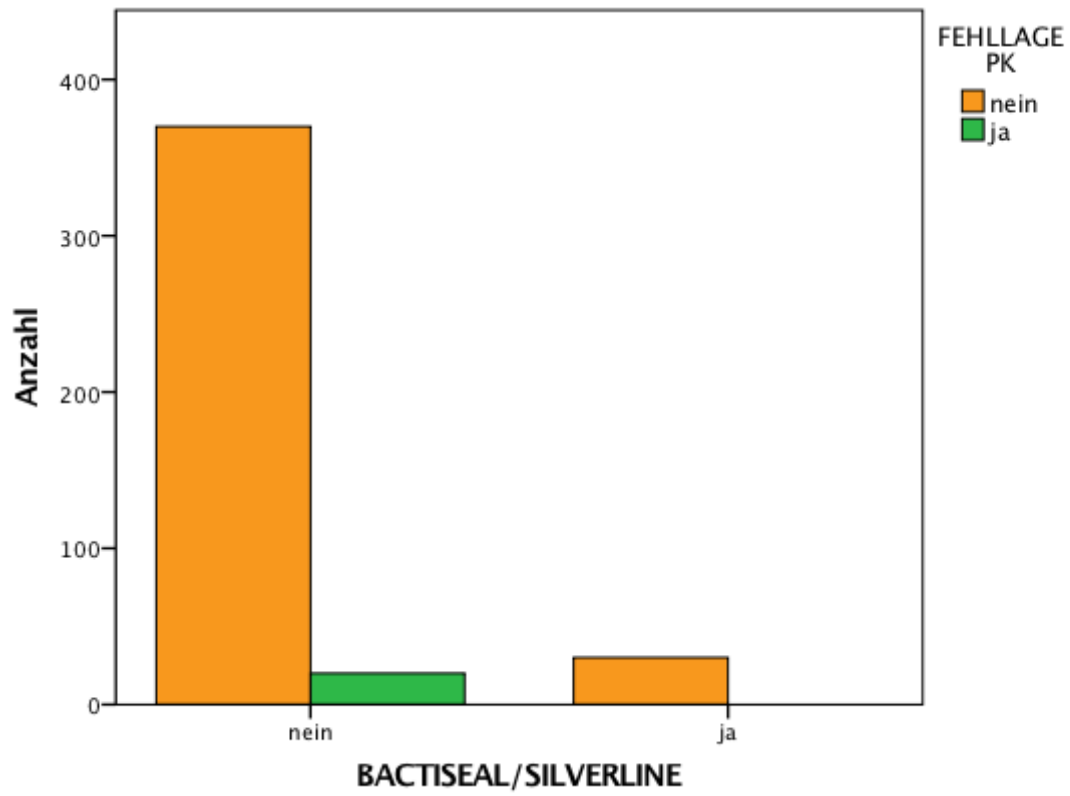


Diagramm 35: Anzahl Peritonealkatheter-Fehllagen bei un-/beschichtetem Katheter

#### 4.2.2.5 Infektion

Die häufigste Ursache für eine Revision stellte die Infektion dar. Mit rund 31,5% dominierte sie das Spektrum der einzelnen Shunt-Komplikationen. Dies macht fast ein Drittel der insgesamt 146 Revisionen aus. Anteilig an den 461 shuntversorgten Patienten lag die Infektionsrate bei 10%. Die folgende Tabelle zeigt die statistische Auswertung bezüglich dieser Variable mithilfe logistischer Regression. Signifikante p-Werte wurden gelb markiert.

	Infektion				
	n	OR	95%-CI		p
Alter	461	0.99	0.98	1.01	0.274
OP Dauer	406	1.01	1.00	1.01	0.069
BMI	282	0.97	0.89	1.04	0.394
BMI Kategorial (ref: normal)					
Untergewicht	302	2.72	0.13	23.28	0.402
Übergewicht	302	0.95	0.40	2.24	0.908
Adipositas	302	1.15	0.45	2.87	0.768
Raucher	460	0.38	0.02	1.86	0.346
Alkohol	461	0.49	0.03	2.46	0.493
Diabetes	460	1.28	0.56	2.68	0.529
Malignom	460	0.39	0.09	1.11	0.123
Gerinnung	459	1.73	0.62	4.11	0.249
weiblich (ref: männlich)	461	0.62	0.33	1.16	0.142
HYDROZEPHALUS					
malresorptivus	461	1.20	0.65	2.24	0.565
occlusivus	461	0.84	0.35	1.79	0.674
Bohrloch neu	448	1.47	0.70	3.49	0.343
Bactiseal/Silverline	420	1.00	0.23	3.00	1
VENTIL (ref: Codman)					
Pro GAV	455	0.59	0.17	1.57	0.343
Delta	455	1.60	0.75	3.23	0.2
Antibiotika	461	1.71	0.89	3.20	0.1
LIQUORMANIPULATIONEN					
EVD	456	1.25	0.60	2.46	0.524
Lumbaldrainage	456	0.59	0.17	1.53	0.33
Lumbalpunktion	456	0.38	0.09	1.08	0.111
Druckmessung	456	1.35	0.39	3.67	0.591
mehrere	456	1.04	0.50	2.03	0.915
Rickham	456	2.03	0.30	8.17	0.376
Tumor_Subdural	456				
Ventrrikulozisternostomie	456	14.23	2.30	110.30	0.004
VP-Shunt	456	3.68	0.52	17.64	0.126

Tab. 32: Infektionen - lineare Regression

Welche der nachstehenden Variablen als Einflussfaktoren betrachtet werden können, wird im folgenden Absatz geklärt.

1. BMI
2. Diabetes
3. Malignom
4. Gerinnungsstörungen
5. Alter
6. Geschlecht
7. Hydrozephalusart
8. Liquormanipulationen präoperativ
9. Neues Bohrloch
10. Verwendung eines beschichteten Katheters
11. AB-Behandlung

#### 4.2.2.5.1 Body Mass Index

<b>Infektion</b>			
<b>BMI</b>		<b>Häufigkeit</b>	<b>Prozent %</b>
Keine Angabe	nein	147	92,5
	ja	12	7,5
	Gesamt	159	100,0
normal	nein	98	89,1
	ja	12	10,9
	Gesamt	110	100,0
Untergewicht	nein	3	75,0
	ja	1	25,0
	Gesamt	4	100,0
Übergewicht	nein	103	89,6
	ja	12	10,4
	Gesamt	115	100,0
Adipositas	nein	64	87,7
	ja	9	12,3
	Gesamt	73	100,0

Tab. 33: Infektion und BMI

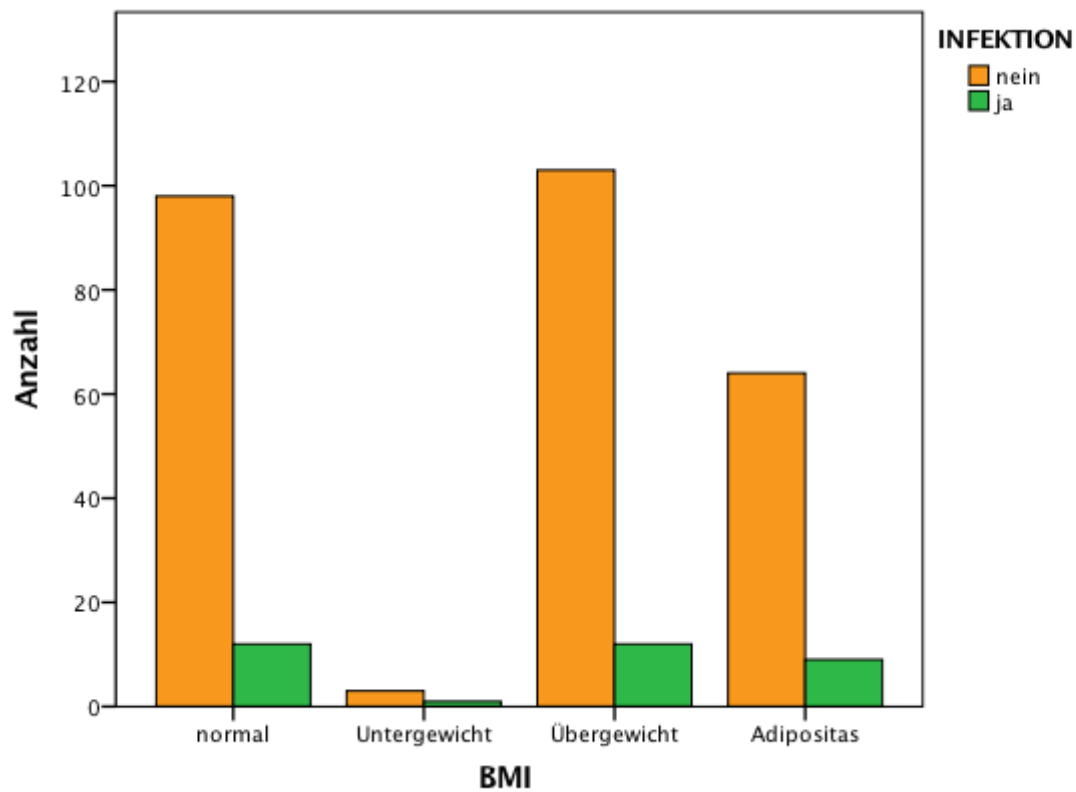


Diagramm 36: Anzahl Infektionen in den Gewichtsgruppen

#### 4.2.2.5.2 Diabetes mellitus

		Infektion	
Diabetes		Häufigkeit	Prozent %
Keine Angabe	nein	1	100,0
	nein	348	90,4
	ja	37	9,6
Gesamt		385	100,0
ja	nein	66	88,0
	ja	9	12,0
	Gesamt	75	100,0

Tab. 34: Infektion und Diabetes

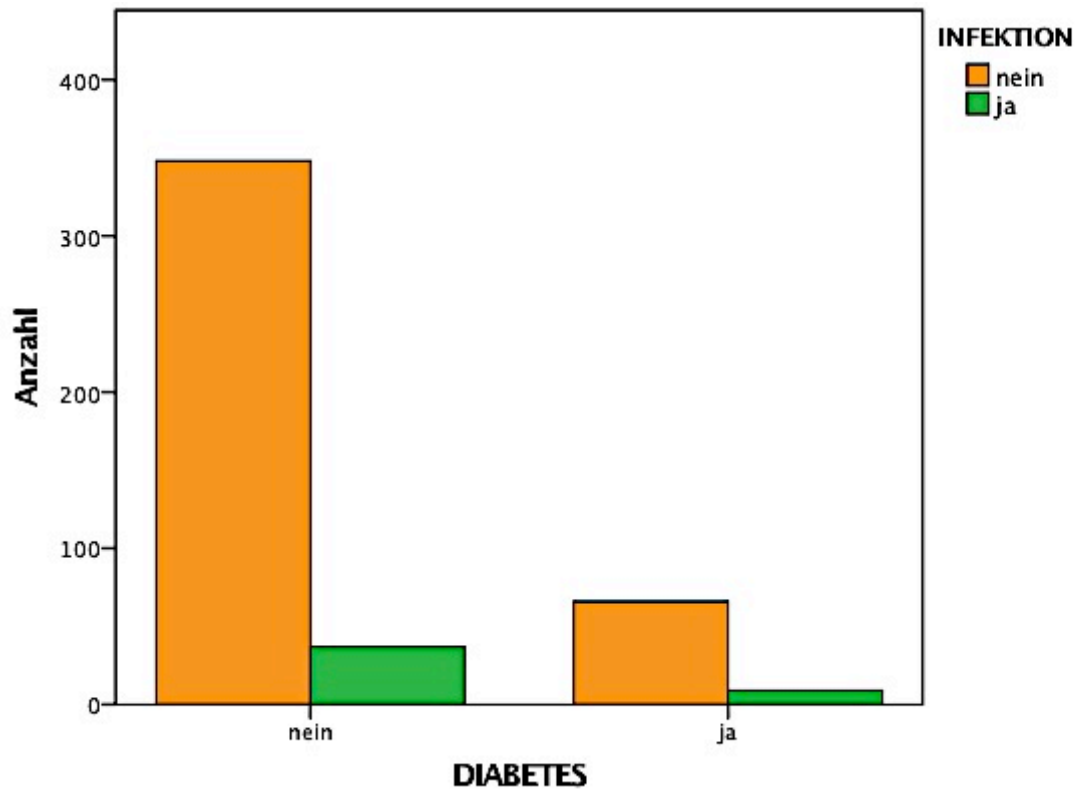


Diagramm 37: Anzahl Infektionen bei Diabetikern und Gesunden

#### 4.2.2.5.3 Malignomerkrankung

Infektion			Häufigkeit	Prozent %
Malignom nein	nein		352	89,1
	ja		43	10,9
	Gesamt		395	100,0
ja	nein		63	95,5
	ja		3	4,5
	Gesamt		66	100,0

Tab. 35: Infektion und Malignom

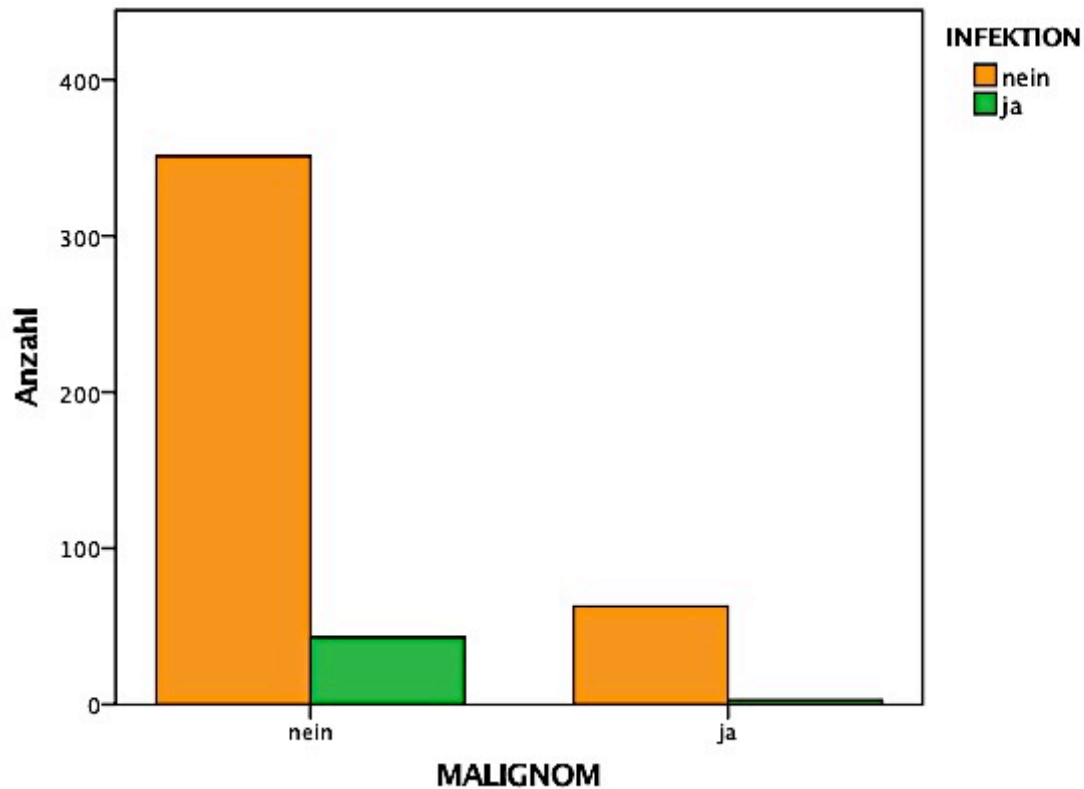


Diagramm 38: Anzahl Infektionen bei Krebskranken und Gesunden

#### 4.2.2.5.4 Pathologische Gerinnung

		Infektion	
Gerinnungsstörung		Häufigkeit	Prozent %
Keine Angabe	nein	2	100,0
	keine	380	90,5
	ja	40	9,5
	Gesamt	420	100,0
ASS/Marcumar	nein	32	84,2
	ja	6	15,8
	Gesamt	38	100,0
idiopathisch	nein	1	100,0

Tab. 36: Infektion und veränderte Gerinnung

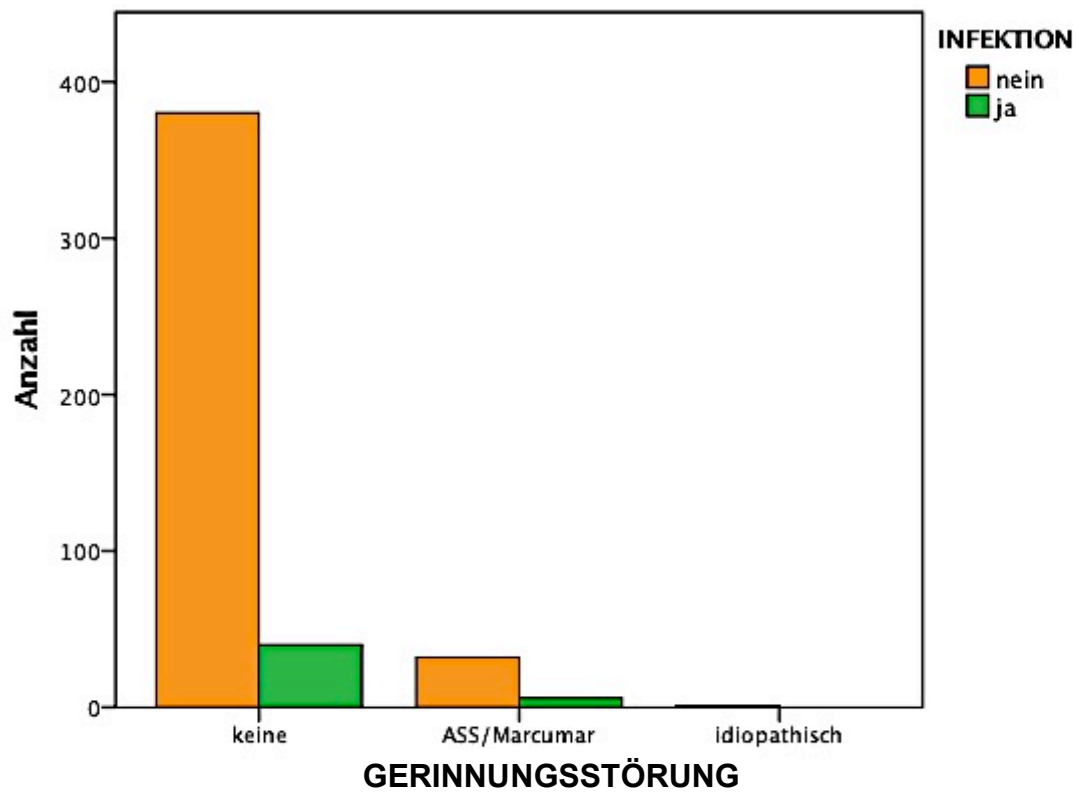


Diagramm 39: Anzahl Infektionen bei Gerinnungsstörung

#### 4.2.2.5.5 Geschlecht

Infektion			
Geschlecht		Häufigkeit	Prozent %
männlich	nein	214	88,1
	ja	29	11,9
	Gesamt	243	100,0
weiblich	nein	201	92,2
	ja	17	7,8
	Gesamt	218	100,0

Tab. 37: Infektion und Geschlechterzugehörigkeit

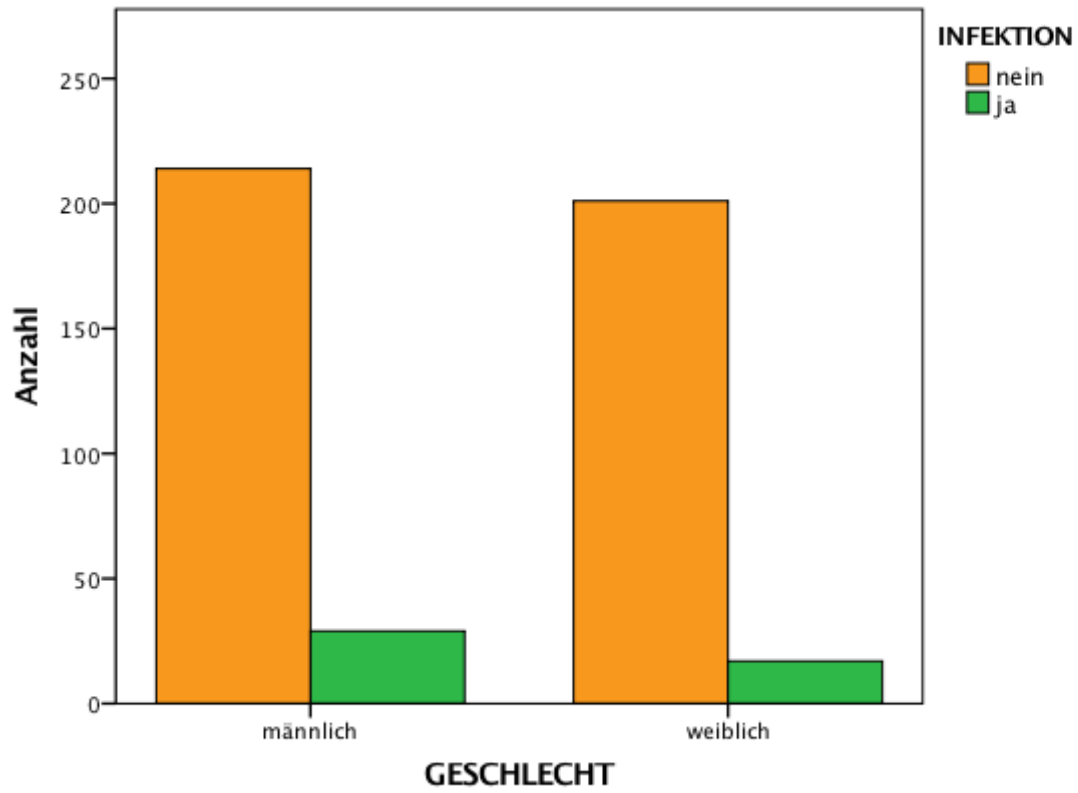


Diagramm 40: Anzahl Infektionen bei Männern und Frauen

#### 4.2.2.5.6 Hydrozephalusätiologie

Infektion			
Hydrozephalus		Häufigkeit	Prozent %
malresorptivus	nein	216	89,3
	ja	26	10,7
	Gesamt	242	100,0
occlusivus	nein	83	91,2
	ja	8	8,8
	Gesamt	91	100,0
NPH	nein	74	92,5
	ja	6	7,5
	Gesamt	80	100,0
Pseudotumor cerebri	nein	4	100,0
Sonstige	nein	38	86,4
	ja	6	13,6
	Gesamt	44	100,0

Tab. 38: Infektion und Hydrozephalusarten

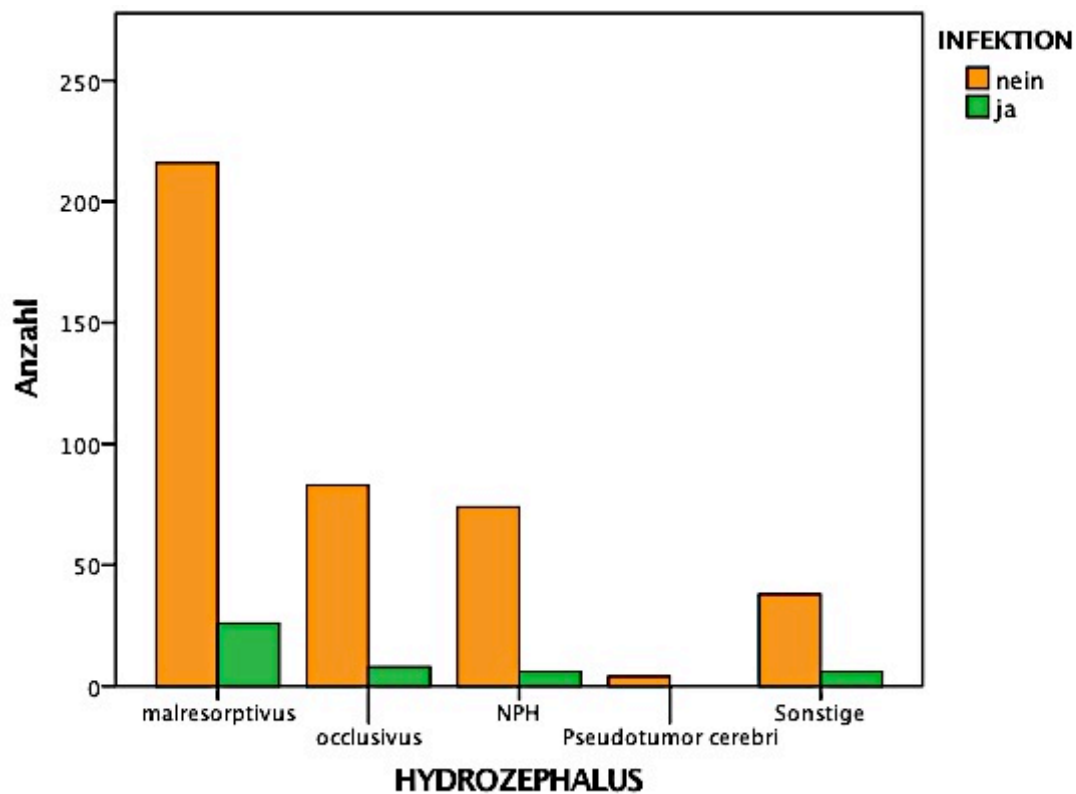


Diagramm 41: Anzahl Infektionen bei den Hydrozephalusarten

#### 4.2.2.5.7 Präoperative Liquormanipulation

Infektion			
Liquormanipulation		Häufigkeit	Prozent %
Keine Angabe	nein	5	100,0
Keine	nein	41	91,1
	ja	4	8,9
	Gesamt	45	100,0
EVD	nein	90	88,2
	ja	12	11,8
	Gesamt	102	100,0
Lumbaldrainage	nein	57	93,4
	ja	4	6,6
	Gesamt	61	100,0
Lumbalpunktion	nein	64	95,5
	ja	3	4,5
	Gesamt	67	100,0
Druckmessung	nein	27	87,1
	ja	4	12,9
	Gesamt	31	100,0
Mehrere Verfahren	nein	104	89,7
	ja	12	10,3
	Gesamt	116	100,0
Rickhamreservoir	nein	9	81,8
	ja	2	18,2
	Gesamt	11	100,0
Tumor, subdurale Drainage	nein	10	100,0
Ventrikulozisternostomie	nein	2	40,0
	ja	3	60,0
	Gesamt	5	100,0
VP-Shunt, LP-Shunt	nein	5	71,4
	ja	2	28,6
	Gesamt	7	100,0
Liquorfistel	nein	1	100,0

Tab. 39: Infektion und präoperative Liquormanipulationen

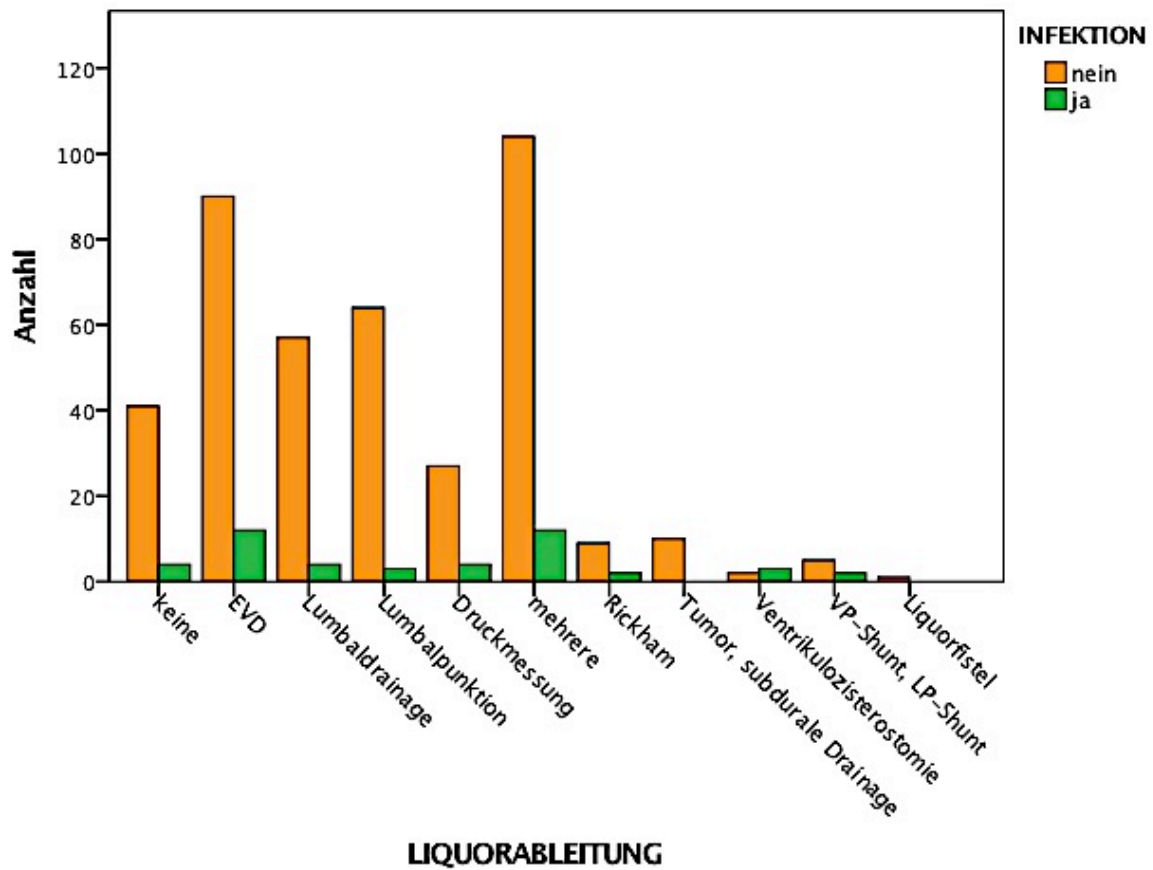


Diagramm 42: Anzahl Infektionen bei präoperativen Liquormanipulationen

#### 4.2.2.5.8 Bohrlochtrepanation

		Infektion	
Bohrloch neu		Häufigkeit	Prozent %
Keine Angabe	nein	13	100,0
	ja	8	7,8
	Gesamt	103	100,0
ja	nein	307	89,0
	ja	38	11,0
	Gesamt	345	100,0

Tab. 40: Infektion und frische Bohrlochtrepanation

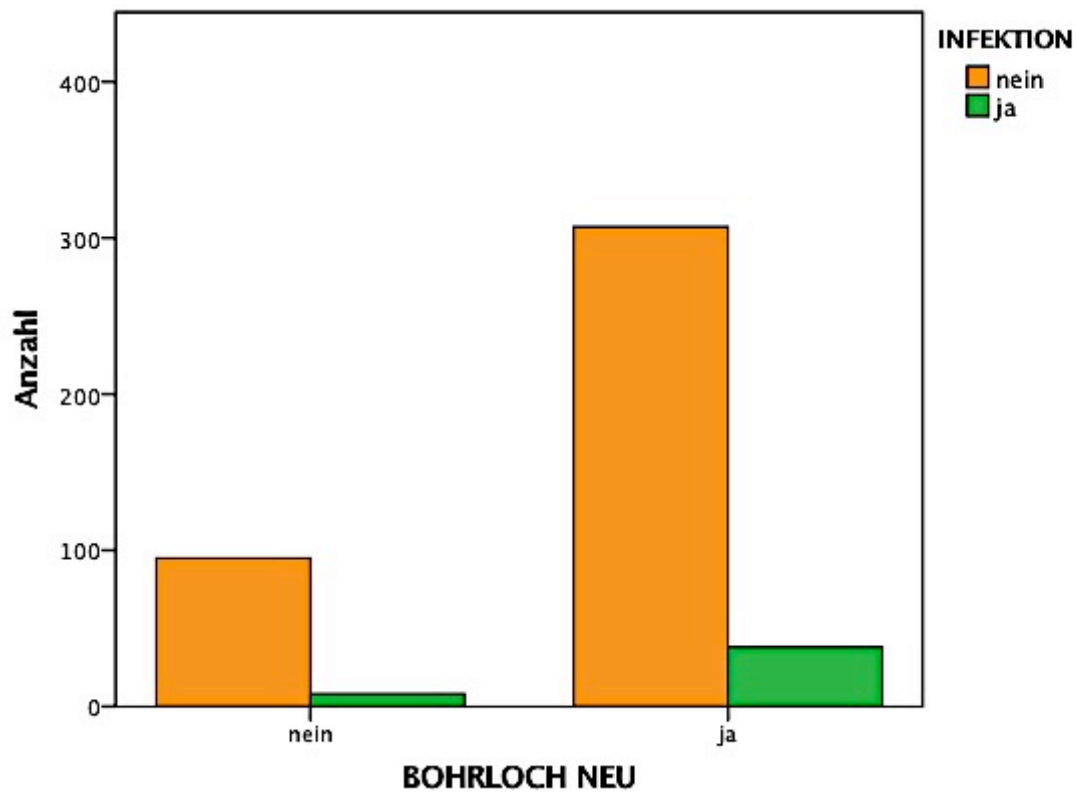


Diagramm 43: Anzahl Infektionen bei neuem und altem Bohrloch

#### 4.2.2.5.9 Beschichteter Katheter

Infektion			
Bactiseal/Silverline		Häufigkeit	Prozent %
Keine Angabe	nein	37	90,2
	ja	4	9,8
	Gesamt	41	100,0
nein	nein	351	90,0
	ja	39	10,0
	Gesamt	390	100,0
ja	nein	27	90,0
	ja	3	10,0
	Gesamt	30	100,0

Tab. 41: Infektion und un-/beschichtete Katheter

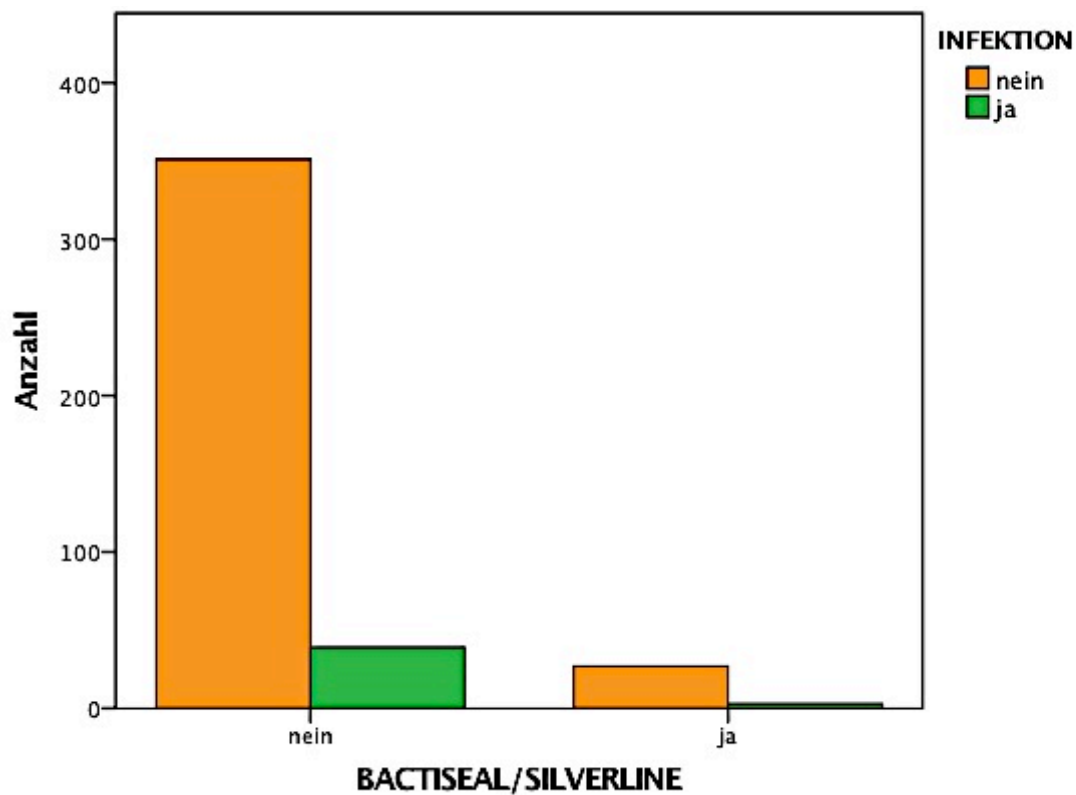


Diagramm 44: Anzahl Infektionen bei un-/beschichtetem Katheter

#### 4.2.2.5.10 Antibiotikabehandlung

Infektion			
Antibiotika		Häufigkeit	Prozent %
nein	nein	309	91,4
	ja	29	8,6
	Gesamt	338	100,0
ja	nein	106	86,2
	ja	17	13,8
	Gesamt	123	100,0

Tab. 42: Infektion und Antibiotikagabe

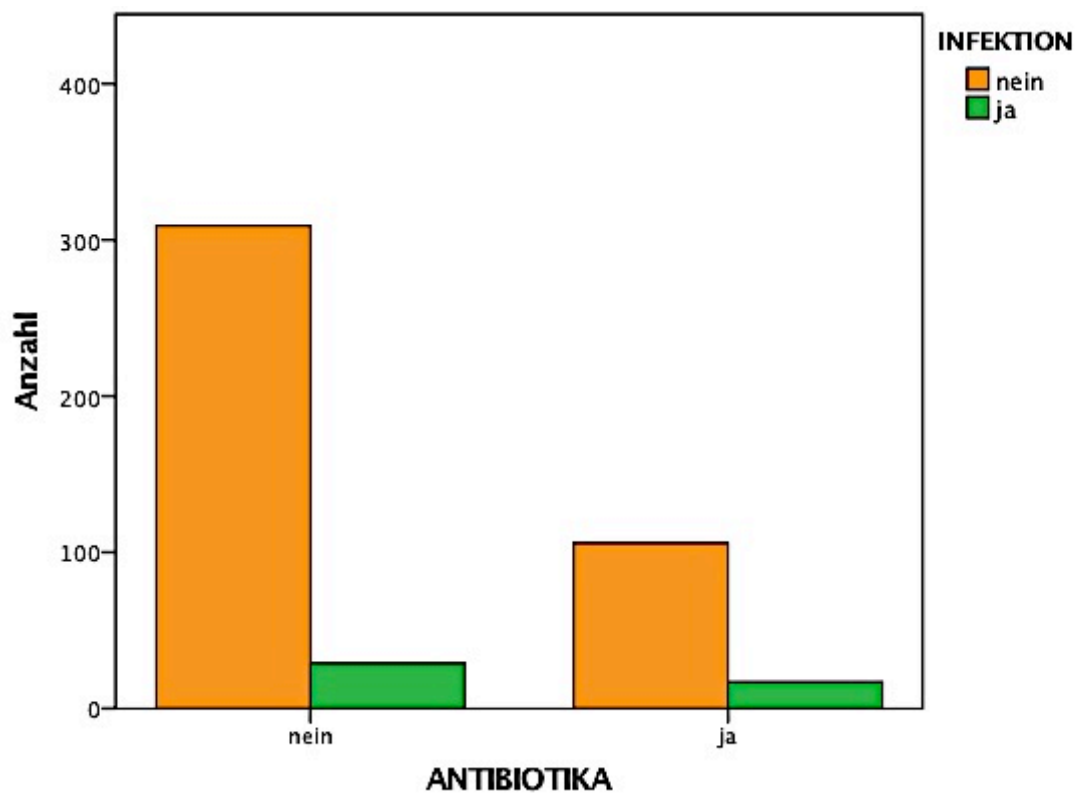


Diagramm 45: Anzahl Infektionen mit/ohne perioperative Antibiotikabehandlung

#### 4.2.2.5.11 Dauer der Operation

Infektion			
Operationsdauer		Häufigkeit	Prozent %
Keine Angabe	nein	49	89,1
	ja	6	10,9
	Gesamt	55	100,0
< 61 min	nein	105	89,7
	ja	12	10,3
	Gesamt	117	100,0
> 60 min	nein	261	90,3
	ja	28	9,7
	Gesamt	289	100,0

Tab. 43: Infektion und Operationsdauer

## 5. Zusammenfassung der Ergebnisse

Im Hinblick auf potentielle Einflussfaktoren wurden im Rahmen der operativen Shuntversorgung des Hydrozephalus am Universitätsklinikum Regensburg verschiedene Komplikationen untersucht. Dabei ließen sich folgende Ergebnisse ermitteln:

1) Das Auftreten einer **Malfunktion des Ventils** wurde vor allem durch die Wahl des Ventils beeinflusst. Im Vergleich zum verstellbaren Ventil der Firma Codman ergab sich ein signifikant erhöhtes Risiko (2,94 OR,  $p=0,01$ ), wenn ein sich selbst regulierendes Delta Ventil von Medtronic verwendet wurde.

2) Eine **Dysfunktion des Kathetersystems** trat vor allem bei Patienten mit Adipositas auf. Demnach trat diese Komplikation bei 9,6% der adipösen Patienten auf, während normalgewichtige Patienten nur in 5,5% der Fälle aus diesem Grund revidiert wurden.

Laut der statistischen Auswertung hatten erstere im Vergleich eine Chance von 1,08 OR, dass der Katheter im Verlauf der Beobachtung insuffizient wurde ( $p=0,015$ ).

Außerdem hatte die Hydrozephalusätiologie einen statistisch signifikanten Einfluss auf die Entwicklung einer Katheter-Dysfunktion. Ein Hydrozephalus malresorptivus verminderte das Risiko, dass eine Dysfunktion des Katheters auftrat (OR= 0,43,  $p=0,05$ ). Ein Hydrozephalus occlusivus hingegen erhöhte das Risiko signifikant (OR= 2,97,  $p=0,01$ ).

3) In Bezug auf die **Fehllage des Ventrikelkatheters** konnte ebenfalls eine vorliegende Adipositas als Risikofaktor für das Auftreten dieser Komplikation ermittelt werden. Auf einem Signifikanzniveau von 5% bestand ein Risiko von 4,39 OR, dass es zur Dislokation des Ventrikelkatheters kam.

4) Auch das Auftreten einer **Dislokation des Peritonealkatheters** wurde maßgeblich durch den Body Mass Index beeinflusst. Die Patienten mit erhöhtem BMI hatten wie bereits bei der Entstehung einer Dysfunktion ein erhöhtes Risiko für eine Migration oder Schlaufenbildung des im Bauchraum positionierten Katheteranteils. Die Chance, dass der Katheter postoperativ dislozierte, lag bei 1,08 OR ( $p=0,021$ ). Zusätzlich fiel ein signifikanter Zusammenhang mit der Hydrozephalusätiologie auf. Bestand ein Hydrozephalus malresorptivus lag das Risiko für die Fehllage eines Peritonealkatheters bei 0,38 OR auf dem 5%-Signifikanzniveau.

5) Eindeutige Prädiktoren für die Entstehung einer **Infektion** ließen sich nicht feststellen. Jedoch ließen sich gewisse Tendenzen beobachten. Patienten, die an Nebenerkrankungen litten, waren häufiger von dieser Komplikation betroffen als gesunde Patienten. So fiel auf, dass Diabetiker öfter eine Infektion entwickelten, jedoch paradoxerweise ein Malignomleiden zu einer halb so hohen Anzahl an Infektionen führte als bei der Vergleichsgruppe. Auffällig ist hierbei, dass sich von 66 Patienten, die an einem malignen Tumor erkrankt waren, nur 29 Patienten nach ihrem stationären Aufenthalt zur Wiedervorstellung in der Klinik und Poliklinik für Neurochirurgie einfanden. Ob die Patienten sich an anderer Stelle wiedervorstellten, ist nicht bekannt. Dies gibt Anlass zu der Vermutung, dass die Patienten in der Zwischenzeit verstorben sein könnten, bevor es zum Auftreten einer Komplikation, wie zum Beispiel einer Infektion, kommen konnte.

Auch Patienten, die regelmäßig Gerinnungshemmer in Form von Marcoumar oder ASS einnahmen, erlitten häufiger eine postoperative Infektion.

Außerdem stellten sich häufiger Männer als Frauen aufgrund einer Shuntinfektion zur Revision vor.

Signifikant größer war die Wahrscheinlichkeit, dass sich das Shuntmaterial infizierte, wenn präoperativ eine Ventrikulozisternostomie vorgenommen worden war. Das Risiko war 14,23 mal höher als bei anderen Patienten ( $p=0,004$ ). Jedoch bestand die Patientengruppe nur aus 5 Personen, weshalb dieses Ergebnis unter Vorbehalt zu bewerten ist.

Bei den anderen Arten von Liquormanipulationen, die im Vorfeld der Shuntimplantation stattfanden, wurde kein signifikant erhöhtes Risiko für die Entstehung einer Infektion beobachtet.

Entgegen der Annahme hatten weder die Verwendung eines Bactiseal- oder Silverline-Katheters noch eine Antibiotikatherapie im Zeitraum um die Operation einen Einfluss auf das Infektionsrisiko.

## 6. Diskussion

### 6.1 Dysfunktion

Der Begriff „Dysfunktion“ oder „Malfunktion“ wird im Zusammenhang mit Komplikationen rund um den ventrikuloperitonealen Shunt sehr vielfältig verwendet.

Zunächst wird „malfunction“ von den meisten Autoren als Überbegriff für alle unterschiedlichen Shuntkomplikationen verwendet. Dies ist durchaus plausibel, da jede Art von Komplikation in einer Fehlfunktion des Shuntsystems resultieren kann.

Infolge dessen sind die Ergebnisse in diesen Studien oder Reviews eher allgemein zur Revisions- oder Komplikationsrate gehalten.

Eine Shunt-dysfunktion kann sowohl im Zusammenhang mit einer Infektion und einer Obstruktion als auch mit einer Fehllage stehen. In unserer Studie wurde Wert darauf gelegt, die drei Komplikationsarten Dysfunktion, Fehllage und Infektion getrennt von einander zu analysieren. Außerdem wurde bei der Dysfunktion zusätzlich genauer betrachtet, ob diese ihre Ursache im Ventilbereich oder im Katheterabschnitt hatte.

Spezifischer betrachtet, lässt sich die Shuntmalfunktion in eine Über- und Unterdrainage einteilen. Diese Unterscheidung wurde in der vorliegenden Studie nicht vorgenommen, das Hauptaugenmerk wurde auf die Lokalisation der Dysfunktion gerichtet.

Laut der DGN<sup>23</sup> ist die häufigste Komplikation, die im Zusammenhang mit den verwendeten Differenzialdruckventilen auftritt, die Liquorüberdrainage. Die Angaben in der Literatur belaufen sich auf 1,5% bis 34%.<sup>14,42,43</sup> In unserer Studie lag die allgemeine Dysfunktionsrate bei 13,7%. Zu einer postoperativen Ventilfehlfunktion kam es in 7,2% der Shuntimplantationen. Als Folgen werden subdurale Hämatome und Hygrome, das Schlitzventrikelsyndrom, Ventilobstruktion und andere genannt.<sup>11,23,44</sup> Die dabei entstehenden Symptome ähneln denen des Hydrozephalus. Es können Kopfschmerzen, Übelkeit und Schwindel auftreten. Im Gegensatz zu den Beschwerden des Hydrozephalus kommt es jedoch zur Agravierung im Stehen und einer Besserung der Symptomatik im Liegen. Dieses Verhalten lässt sich durch eine Verminderung der schwerkraftbedingten Drainage in der waagrechten Körperposition erklären.

Die Problematik der Liquorüberdrainage wurde bis heute in zahlreichen Studien zum Thema gemacht. Seit den Anfängen der Shunttherapie wurden verschiedene Lösungsansätze erprobt um dieser Komplikation beizukommen. Dabei kamen verschiedene Ventilarten und Devices

zum Einsatz; Zu diesen zählen druckverstellbare Ventile, selbstregulierende oder flussgesteuerte Ventile und Antisiphon-Devices. Kiefer et al.<sup>45</sup> beurteilen die bisherigen Ergebnisse der genannten Ventile als „enttäuschend“. Während die Ansätze in der Theorie durchaus erfolgversprechend waren, konnten sie in der klinischen Praxis nicht überzeugen.<sup>46</sup>

Aschoff et al.<sup>47</sup> bewerteten 1995 mithilfe des „Heidelberg Valve Test Inventory“<sup>48</sup> 13 verschiedene Ventildesigns. Keines der getesteten Ventile konnte die Komplikation der Überdrainage suffizient verhindern. Somit bleibt das Problem in den Augen der Autoren ungelöst. In unserer Studie steht die Dysfunktion des Shunts in signifikantem Zusammenhang mit der Ventilwahl. Wenn Patienten ein selbstregulierendes Delta-Ventil implantiert bekommen hatten, lag das Risiko einer Shunt Dysfunktion bei 2,94 OR (p=0,01) im Vergleich zu den verstellbaren Modellen Codman-Hakim und ProGAV. Dies unterstreicht die Angaben der Literatur, dass die heutzutage zur Verfügung stehenden Ventile diese Komplikation nicht vermeiden können.

Das jüngste Modell, das vor dem Hintergrund der Liquorüberdrainage entwickelt wurde, ist das gravitationsgesteuerte Ventil.

Weinzierl et al.<sup>49</sup> haben 2012 in einer Studie die Erfolgsrate dieses Ventils bei Kindern untersucht. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass das Schwerkraftventil durchaus eine Besserung der Symptomatik zur Folge hat. Gleichzeitig räumen sie jedoch ein, dass der Vorteil des Ventils ist, dass dieses verstellbar ist und in einigen Fällen postoperativ der Öffnungsdruck angepasst werden musste. Zudem stellen die Autoren fest, dass es bisher noch keinen geeigneten Algorithmus gibt, der zur Prophylaxe einer Überdrainage führt.

Auch Gölz et al.<sup>50</sup> berichten in einer Studie zu gravitationsgesteuerten Ventilen von einer Adjustierung des Ventildrucks in 89% der Fälle im Verlauf nach Shuntimplantation. Der optimale Öffnungsdruck lag hierbei in den meisten Fällen (36%) bei 50mmH<sub>2</sub>O.

Den beiden Studien zur Folge sind vor allem eine adäquate Nachsorge mit engmaschigen Kontrolluntersuchungen und bei Auftreten von Symptomen der Überdrainage die Anpassung des Öffnungsdruckes postoperativ von großer Bedeutung.<sup>23,49</sup>

Auch bei unseren Patienten kam in 14,8% der Fälle ein gravitationsgesteuertes Ventil, das ProGAV-Ventil der Firma Miethke GmbH und Co., zum Einsatz. Hierbei konnte kein erhöhtes Risiko für eine Shunt Dysfunktion ermittelt werden. Wobei die Ventildysfunktions-Rate im Vergleich zum „Standardventil“ Codman Hakim doppelt so hoch war (10,3% zu 4,9%).

Ein weiteres Kriterium, dem in diesem Zusammenhang Beachtung geschenkt werden sollte, ist laut Kiefer et al.<sup>45</sup> der intraabdominelle Druck (IAP). Dieser sollte richtig eingeschätzt

bzw. gemessen werden, um die passende Einstellung des Ventilöffnungsdrucks vornehmen zu können.

Mithilfe dieser Ansätze lässt sich das Risiko eine Liquorüberdrainage durch das Shuntsystem senken, jedoch nicht vollständig verhindern. Laut einer Studie von Sahuquillo et al.<sup>51</sup> steht der IAP in signifikantem Zusammenhang mit dem BMI der Patienten. In unserer Studie konnte kein Zusammenhang zwischen dem BMI und der Ventildysfunktion beobachtet werden. Jedoch konnte ein signifikanter Zusammenhang mit dem Auftreten einer Dysfunktion des Katheterabschnitts beobachtet werden. Diese Korrelation könnte in Zusammenhang mit dem beobachteten erhöhten Fehllage-Risiko stehen. Sowohl die Fehllage des Ventrikel- als auch des Peritonealkatheters wurde signifikant durch einen erhöhten BMI beeinflusst. Das Risiko lag jeweils bei 4,39 und 1,08 (Signifikanzniveau jeweils bei 5%) bei erhöhtem BMI, eine Fehllage zu erleiden.

Die Problematik liegt darin, dass es sich schwierig gestaltet mithilfe eines mechanischen Systems fein abgestimmte physiologische Verhältnisse nachzuahmen.<sup>42,43,47,52,53</sup> Das Liquorsystem des Menschen unterliegt täglich mehrmals feinen sowie ausgeprägten Druckschwankungen. Bereits Niesen und Lachen führen zu einer kurzzeitigen Druckerhöhung. Ebenso steigt der Druck bei REM-Schlaf an. Am größten sind die Druckveränderungen bei dem Wechsel zwischen aufrechter und liegender Körperposition. Zudem verändern sich die grundsätzlichen Bedingungen auch im Laufe des Lebens durch verschiedene Umstände wie u.a. Lebensstil, Alterungsprozesse und Körpergewicht. Dementsprechend müsste das Ventil jede kleinste Veränderung wahrnehmen und in kürzester Zeit ausgleichen bzw. immer wieder an individuelle Bedingungen angepasst werden. Bisher ist es nicht gelungen ein solches Ventil zu konstruieren, das den sekundlichen bis über die Jahre verlaufenden Druckänderungen des Körpers gerecht werden kann.

## **6.2 Fehllage**

In unserer Studie ließ sich ein signifikant positiver Zusammenhang zwischen der Fehllage des peritonealen Katheterabschnitts und dem Body Mass Index ermitteln. Patienten mit einem erhöhten Körpergewicht hatten ein höheres Risiko, dass diese Komplikation auftrat.

In der Literatur finden sich nur wenige Daten zur Shuntfehl­lage und wenn, dann handelt es sich vor allem um Case Reports. In den meisten Artikeln ist von einer Shuntmigration die Rede.<sup>54-56</sup>

Eine solche „Einwanderung“ des Shunts in umliegendes Gewebe kann in verschiedene Nachbarorgane geschehen. Berichtet wird von Migrationen in die lateralen Ventrikel, das Mediastinum, den Gastrointestinaltrakt, die Bauchwand, die Harnblase, die Vagina, das Skrotum sowie Fehllagen im Bereich des Bauchraums.

Diese Migration ist laut Kaplan et al.<sup>55</sup> und anderen Autoren bei Kindern eine Folge des Größenwachstums. Es kommt zu einer Zugkraft, die auf die distalen Shuntanteile zwischen dem Ventil und dem abdominalen Ende des Katheters wirken. Dies kann zu einer Diskonnektion der Verbindung zwischen Ventil und Peritonealkatheter führen.<sup>57</sup> Infolge der Körperbewegung disloziert das unbefestigte Ende in oben genannte Organe.

Abode-Iyamah et al.<sup>58</sup> haben 2015 eine Studie veröffentlicht, in der Risikofaktoren für die Migration des Peritonealkatheters bei Erwachsenen untersucht wurden.

Hierbei decken sich die Ergebnisse mit denen unserer Studie. Auf einem Signifikanzniveau von 5% erhöhte ein zunehmender BMI das Risiko einer Fehllage des Peritonealkatheters. Demnach hat der BMI einen signifikanten Einfluss auf distale Shuntkomplikationen im Sinne einer falschen Katheterposition. Ab einem BMI von  $>30 \text{ kg/m}^2$  stellten Abode-Iyamah et al. ein erhöhtes Risiko fest.

Zusätzlich erachteten sie bereits vorangegangene Shuntoperationen als prädisponierende Faktoren und brachten diese mit Adhäsionen durch die frühere Manipulation im Abdominalbereich in Verbindung.

Eine weitere Erklärung für die Katheterfehl­lage liefern Sahuquillo et al.<sup>51</sup> In einer Studie mit 60 Patienten wurde besonderes Augenmerk auf den IAP gelegt. Sie ermittelten einen starken linearen Zusammenhang zwischen dem IAP und dem BMI der Patienten.

Grundsätzlich wird bei der Implantation eines ventrikuloperitonealen Shunts ein IAP von 0 mmHg angenommen. Sahuquillo et al. ermittelten bei übergewichtigen Patienten einen IAP von bis zu 4 mmHg. Dieser Unterschied von nur 4 mmHg scheint sehr gering, doch konnten die Autoren anhand eines Beispielfalls zeigen, dass dieser Unterschied durchaus Auswirkungen auf die Funktion des Shunts hatte. Wichtig erscheint hierbei vor allem die Wahl des richtigen Ventils.

Die Theorie Sahuquillos bestätigen auch Nakahara et al.<sup>54</sup> Sie beschrieben in einem Case Report die Migration des peritonealen Shuntanteils bei einer adipösen Patientin (BMI 27,14).

Dieser wanderte in die Bauchwand ein. Aus Sicht der Autoren war die Komplikation u.a. auf den erhöhten intraabdominellen Druck zurückzuführen.

Die positive Korrelation zwischen einem erhöhten BMI und damit einhergehendem erhöhtem IAP und der Dislokation des Peritonealkatheters könnte dadurch zu erklären sein, dass der Druck sich auf den intraabdominal liegenden Katheter auswirkt und ihn somit verschiebt bzw. „aus dem Abdomen hinausschiebt“. <sup>59</sup>

Gleichzeitig könnte der erhöhte IAP auch zu einem Rückstau in Richtung des Ventrikels oder zu einem langsameren Fluss des Liquors in Richtung Peritonealraum und so zu einer insuffizienten Funktion des Shunts führen, wenn es aufgrund dessen zu einer Verschiebung des Druckgradienten kommt. Die Funktionsstörung des Katheters würde dann einer Liquorunterdrainage gleichkommen. Diese Annahme wird durch unsere Beobachtung hinsichtlich der Katheterdysfunktion unterstrichen. Ein erhöhter BMI (und anzunehmender erhöhter IAP) hatte einen statistisch signifikanten Einfluss auf die Entstehung einer Dysfunktion des Katheteranteils des Shunts. Dieser lag bei 1,08 OR (p=0,012). Deshalb sollte der IAP eine stärkere Berücksichtigung bei der Shuntimplantation finden. Dies würde sich als potenzieller Gegenstand weiterer Nachforschungen anbieten.

### **6.3 Infektion**

Die Inzidenz der Shuntinfektionen wird in der Literatur - abhängig vom beobachteten Patientenkollektiv, der Region und anderer Faktoren - zwischen 1% und 38% Prozent beziffert. <sup>60-62</sup>

Sie geht meist mit einem unspezifischen Beschwerdebild einher oder bleibt symptomfrei und ist deshalb nur schwer zu diagnostizieren. Erst, wenn es in der Folge zu einer insuffizienten Liquordrainage im Rahmen einer Shuntobstruktion bzw. -dysfunktion kommt und der intrakranielle Druck wieder ansteigt, machen sich typische neurologische Beschwerden, wie Kopfschmerzen, Übelkeit, Erbrechen oder Wesensveränderungen, bemerkbar. <sup>63,64</sup>

Infektassoziierte Symptome, wie Fieber oder lokale Entzündungszeichen, fehlen laut Literatur in vielen Fällen, genauso wie sich typische neurologische Infektionszeichen nicht bei allen Patienten zeigen. <sup>64</sup>

Auch labormedizinische Werte, wie die Leukozytenzahl oder der Laktatwert, sind oft nicht aussagekräftig, da sie je nach Abnahmestelle variieren bzw. nicht immer positiv sind. <sup>64</sup>

Aus diesen Gründen werden shuntbedingte Infektionen selten frühzeitig erkannt und viele Autoren kritisieren, dass es an diagnostischen Leitlinien und einer eindeutigen Definition für die „Shuntassoziierte Infektion“ fehlt.

Aus diesem Grund hat Overturf<sup>65</sup> 2005 einen Versuch gestartet, die diagnostisch relevanten Faktoren zusammenzufassen:

**Table 3: Overturf's<sup>11</sup> Diagnostic Criteria for Ventriculoperitoneal Shunt Infection<sup>a</sup>**

<b>Definite Shunt Infection</b>	<b>Probable Shunt Infection</b>
Compatible clinical signs and symptoms	Compatible signs and symptoms
PLUS	CSF consistent with bacterial infection
Isolation of bacterial pathogen from device puncture, lumbar puncture, or other significant site (overlying shunt wound, cellulitis, or shunt tubing)	Negative blood, CSF, and device cultures for bacteria

Abbreviation: CSF, cerebrospinal fluid.

Abb. 9: Diagnostisch relevante Faktoren hinsichtlich Shuntinfektionen nach Overturf<sup>63</sup>

In bisherigen Studien wurden vor allem residente Hautkeime für Infektionen verantwortlich gemacht.<sup>66-69</sup> In einer retrospektiven Beobachtung von Conen et al.<sup>64</sup> wurden in 66% der Fälle koagulasenegative und Staph. Aureus in Bakterien Kulturen sowie Propioni acnes Bakterien identifiziert.

Den Großteil der Infektionen machen frühe Infektionen innerhalb des ersten Monats bzw. innerhalb des ersten Jahres nach Shunteinbringung aus, weshalb es naheliegend ist, dass die Hautbakterien intra- oder perioperativ in das Katheter- und Liquorsystem gelangen.<sup>63,64,70-73</sup>

Diese Feststellung deckt sich mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie. Von 44 Infektionen, die als Ursache für eine Revision auszumachen waren, wurden 21 innerhalb des ersten Monats und 40 innerhalb des ersten Jahres durchgeführt.

Korinek et al.<sup>74</sup> und Kulkarni et al.<sup>68</sup> identifizierten eine Reihe von intraoperativen Risikofaktoren als Auslöser von Infektionen. Dazu gehören eine lange Operationsdauer, geringe Erfahrung des Operateurs, zerissene Handschuhe sowie eine postoperative Liquorleckage, die mit dem Auftreten einer Infektion korrelierten.

Bei der Untersuchung der Fälle an der Klinik und Poliklinik für Neurochirurgie am Universitätsklinikum Regensburg konnte kein Zusammenhang zwischen Operationsdauer und Infektionsrisiko festgestellt werden. Im Vergleich zu Kulkarni et al. und Korinek et al., die durchschnittliche Operationszeiten von 43min bzw. 47min ermittelten, lag die durchschnittliche Operationsdauer am Uniklinikum Regensburg mit 78min deutlich höher. Jedoch hatte dies keinen statistischen Einfluss auf die Entwicklung einer postoperativen Infektion.

Entsprechend ihrer Ergebnisse empfehlen Kulkarni et al.<sup>68</sup>, dass der Operateur möglichst wenig manuellen Kontakt zum Katheter hat und/oder doppelte Handschuhe verwenden sollte. Außerdem solle intraoperativ große Vorsicht geboten sein, damit es postoperativ zu keinem Liquorleck komme, welches eine Eintrittspforte für Keime bildet.

Neben den intraoperativen Risikofaktoren werden auch patientenbezogene und präoperative Prädiktoren für das Risiko einer Infektion in der Literatur angeführt.

Ritz et al.<sup>70</sup> nennen u.a. Frühgeburtlichkeit, eine präoperativ liegende EVD, eine vorangegangene Radiochemotherapie und vorherige Infektionen als potentielle Risikofaktoren, wobei sich nur bei letzteren ein signifikanter Zusammenhang abzeichnete.

Prusseit et al.<sup>75</sup> bezeichnen die Hydrozephalusart, das Alter bei Shuntimplantation, ein bestehendes Malignom und eine stattgehabte Chemotherapie und weitere Faktoren als eindeutige Prädiktoren für eine Shuntinfektion.<sup>68</sup>

Das Alter und ein vorbestehendes Malignom konnten in unserer Studie nicht als Einflussfaktoren für das Auftreten einer postoperativen Infektion bestätigt werden. Tatsächlich konnten prozentual (13,6% zu 4,5%) mehr Infektionen bei Patienten ohne Malignom beobachtet werden. Ob die malignomkranken Patienten eine Chemotherapie erhielten, ging nicht in die Untersuchungen mit ein. Auch die Hydrozephalusart stand in keinem Zusammenhang mit einer Infektion.

Auch Pattavilakom et al.<sup>77</sup> untersuchten mögliche Faktoren, wie u.a. die Hydrozephalusart, einen verlängerten Krankenhausaufenthalt und eine bestehende EVD.<sup>52,68</sup>

Korinek et al.<sup>74</sup> kamen zu dem Ergebnis, dass die Hydrozephalusart keine Auswirkung auf das Infektionsrisiko hat, jedoch eine Kraniotomie oder EVD (Risiko verdoppelt) sowie eine steigende Anzahl an Eingriffen das Risiko für die Entwicklung einer Infektion erhöhen.<sup>50</sup>

In der vorliegenden Studie fand sich ebenfalls keine Korrelation zwischen der Entität des Hydrozephalus und dem Auftreten einer Infektion. Unter den präoperativen Liquormanipulationen hatte lediglich die Ventrikulostomie einen signifikant negativen Einfluss auf die Entstehung einer Infektion. Wurde letztere vor der Shuntimplantation durchgeführt, so war das Risiko um das 14-fache erhöht, eine Infektion zu erleiden. Dieses Ergebnis ist jedoch vor dem Hintergrund einer sehr kleinen Fallzahl zu betrachten. Die Anzahl von Patienten mit vorausgegangener Ventrikulostomie beträgt 5. Dieses Patientenkollektiv ist verhältnismäßig klein und deshalb fraglich repräsentativ. Außerdem decken sich die Ergebnisse nicht mit den Ergebnissen größerer Studien in der Literatur.

Tatsächlich wird die Ventrikulostomie, sofern sie korrekt ausgeführt wird, in der Literatur als äußert sicheres Verfahren bezeichnet.<sup>14,17,30,78,79</sup>

In mehreren Studien wird von einer Erfolgsrate um die 70% berichtet. Diese wird durch eine Verbesserung der Hydrozephalus-Symptomatik oder dem Ausbleiben einer Revision definiert. Vogel et al.<sup>80</sup> konnten in einer Studie mit 100 Patienten eine Erfolgsrate von 75% ermitteln. Die Infektionsrate betrug dabei nur 2%. In einem Fall kam es zu einer bakteriellen Meningitis, in einem zweiten Fall zu einer lokalen Wundinfektion. Es gab keine letalen Verläufe postoperativ. Eine etwa gleich niedrige Infektionsrate stellten Bouras et al.<sup>81</sup> mit 1,81% in einem Bericht über etwa 3000 ETV-Prozeduren fest.

Und eine ähnlich hohe Rate von 72,8% an erfolgreichen ETVs beschrieben Grand et al.<sup>79</sup> in einer Studie mit 250 Patienten bei einer Komplikationsrate von 3,8%. Sie bewerteten die Ventrikulostomie als sicheres Verfahren.

Auch Gangemi et al.<sup>82</sup> konnten eine postoperative klinische Verbesserung bei 69,1% von 110 Patienten in einer multizentrischen Studie beobachten. Die Komplikationsrate lag bei 6,8%. Darunter kam es zur Entwicklung einer Meningitis bei einem Patienten. Andere beobachtete Komplikationen bestanden aus Liquorleckagen und Hämatomen. Auch in dieser Studie kam man zu dem Ergebnis, dass die Ventrikulostomie als sicheres Verfahren einzuordnen ist.

Diesen positiven Berichten gegenüber steht eine großangelegte Studie von Chan et al.<sup>83</sup> mithilfe einer landesweiten Datenbank in den USA. Sie verglichen von 2008 bis 2010 durchgeführte ETVs und Shuntimplantationen bei Patienten mit Normaldruckhydrozephalus (iNPH) in Hinsicht auf Mortalität und Morbidität. Dabei kamen sie zum Ergebnis, dass die Ventriku-

lostomie mit einer deutlich höheren perioperativen Mortalität und postoperativen Komplikationsrate verbunden ist.

Auch Schroeder et al.<sup>30</sup> stellten im Rahmen einer prospektiven Studie eine höhere Komplikationsrate von 9% fest. In 4 Fällen trat eine Meningitis auf. Davon waren zwei Patienten zuvor mit einer EVD versorgt gewesen. In einem der Fälle entwickelte der Patient eine Sepsis und verstarb. Die Autoren bewerten die Langzeitkomplikationsrate des Verfahrens als niedrig, kritisieren jedoch, dass die Komplikationsraten bei diesem Verfahren bisher unvollkommen erfasst werden. Dementsprechend variieren die bisher dokumentierten Komplikationsraten verschiedener Studien in einem weiten Feld zwischen 0% und 31,2%<sup>15,16,81,84</sup>

Zudem stufen sie das perioperative chirurgische Risiko bei einer ETV als hoch ein.

Eine Komplikation, die bei der Durchführung einer ETV schwerer wiegt als die Infektion, ist die intrakranielle Blutung bzw. die Verletzung der A. basilaris und ihrer Äste, die durch das Operationsgebiet verlaufen. Die daraus resultierenden Hämorrhagien können häufig einen letalen Ausgang nehmen.

Bouras et al.<sup>81</sup>, Vogel et al.<sup>80</sup> und Schroeder et al.<sup>30</sup> sind sich deshalb einig, dass die Erfahrung des Operateurs eine wichtige Rolle bei dieser Operation spielt. Im zeitlichen Verlauf der Beobachtungen und zunehmender Praxis der Operateure in dem Verfahren, konnten in allen drei Studien bessere Ergebnisse und eine Abnahme der Komplikationsrate und perioperativen Mortalität verzeichnet werden.

Eine weitere in unserer Studie betrachtete präoperative Liquorbehandlung stellte das Rickhamreservoir dar. Im Vergleich zu anderen der Shuntimplantation vorausgehenden Behandlungen des Liquors war die Infektionsrate mit 20% hierbei relativ hoch. Die Patientengruppe war mit 10 Personen ebenfalls klein. Jedoch deckt sich diese Prozentzahl mit den Angaben in der Literatur, wonach das Rickhamreservoir ein relativ hohes Infektionsrisiko von 10-20% aufweist. Es handelt sich dabei um ein Kathetersystem, das vor allem in der lokalen Chemotherapie des Gehirns Einsatz findet. Zusätzlich kann es alternativ zu häufigen Lumbalpunktionen genutzt werden, um dem Patienten die mit einer Lumbalpunktion verbundenen Schmerzen zu ersparen. Durch häufiges Anstechen des subgaleal gelegenen Reservoirs, das Anschluss zum Ventrikelsystem hat, steigt das Risiko einer Keimverschleppung und somit einer Infektion entlang des Kathetersystems. In Anbetracht dessen, dass das Rickhamreservoir vorwiegend bei Kindern verwendet wird, erscheint diese Komplikationsrate zusätzlich dadurch plausibel, dass laut Untersuchungen anderer Autoren das Infektionsrisiko bei Kindern sehr viel höher als bei Erwachsenen eingeschätzt wird.<sup>63,85</sup>

Bei Gutiérrez-González et al.<sup>86</sup> wird ein Alter unter 6 Monaten als Risikofaktor für das Auftreten einer Shuntinfektion erachtet.<sup>69</sup>

Grundsätzlich wird in der Literatur die Revisions- bzw. Komplikationsrate bei Kindern im Vergleich zu Erwachsenen als höher beziffert.<sup>71,87</sup>

Um das Infektionsrisiko zu senken, wurden besondere Katheterformen, wie der antibiotikabeschichtete Bactiseal- oder der silberbeschichtete Silverlinekatheter, entwickelt.

Diese geben laut Hersteller in den ersten 28 Tagen nach Implantation kontinuierlich antimikrobielle Substanzen in das umliegende Gewebe sowie das Katheterlumen ab.

Der Nutzen der genannten Kathetersysteme wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Einige Autoren berichten über eine signifikant verminderte Infektionswahrscheinlichkeit.<sup>69,77,88,89</sup>

Laut einer Metaanalyse von Klimo et al.<sup>76</sup> konnte die Infektionsrate durch einen Antibiotika-impregnierten Shunt halbiert werden. Das Risiko für eine Infektion war mit einem herkömmlichen Shunt 2,18-fach höher.

Eine weitere Metaanalyse von Konstantelias et al.<sup>69</sup> kommt zu demselben Ergebnis, dass ein antimikrobiell beschichteter Katheter das Infektionsrisiko nach einer Shuntimplantation vermindert, wobei auch in diesem Fall nicht alle integrierten Studien zu diesem Resultat kommen.

Währenddessen konnten andere Autoren keinen eindeutigen Vorteil durch die Verwendung beschichteter Katheter ermitteln.<sup>70</sup> Auch in unserer Studie wurde kein statistischer Unterschied zwischen den Gruppen mit und ohne Bactiseal/Silverline-Katheter beobachtet. In beiden Gruppen wurde eine Infektionsrate von etwa 10% ermittelt.

Ähnlich verhält es sich mit der perioperativen Antibiotikaabschirmung. Die perioperative Behandlung mit Antibiotika hatte keinen statistisch auffälligen Einfluss auf das postoperative Auftreten einer Infektion. Patienten, die zusätzlich zur intraoperativen Single-Shot-Antibiose Antibiotika aufgrund einer vorbestehenden bakteriellen Infektion z.B. des Urogenitaltrakts bekamen, entwickelten zwar relativ häufiger eine Infektion (13,8% zu 8,6%), jedoch konnte dies nicht in statistisch signifikanten Zusammenhang gebracht werden.

Nach einer Cochrane Studie von Ratilal et al.<sup>90</sup> wird die perioperative antibiotische Abschirmung durchaus empfohlen, zugleich wird jedoch in dieser Metaanalyse die mangelhafte Datenlage kritisiert.<sup>50,52</sup>

Ragel et al.<sup>91</sup> beschreiben eine Kombinationstherapie aus Gentamycin/Vancomycin intraventrikulär und systemischer Antibiotikagabe als effektivste Variante zur Infektionsprophylaxe. Sie begründen dies mit der Unterbindung einer bakteriellen Streuung.<sup>50,68</sup>

## 7. Schlussfolgerung und Ausblick

In dem Zeitraum von 2002 bis 2012 wurden in der Klinik und Poliklinik für Neurochirurgie 471 Patienten aufgrund eines Hydrozephalus mit einem ventrikuloperitonealen Shunt versorgt. 10 Patienten mussten aufgrund mangelnder Informationslage aus der vorliegenden Studie ausgeschlossen werden.

Im Rahmen einer retrospektiven Untersuchung sollten potentielle Einflussfaktoren und Zusammenhänge bezüglich verschiedener postoperativer Komplikationen ermittelt werden. Die hierfür benötigten Daten wurden der Kliniksoftware für elektronische Patientenakten SAP entnommen.

Die Revisions-/Komplikationsrate lag insgesamt bei 31,7%, wovon 44,1% auf Dysfunktionen, 25,2% auf Fehllagen und 30,7% auf Infektionen entfielen.

Als mögliche Risikofaktoren wurden sowohl individuelle als auch patientenunspezifische Parameter betrachtet. Hierzu zählten u.a. der Body Mass Index, Komorbiditäten, die Hydrozephalusentität als auch präoperative Manipulationen am Liquorsystem sowie das verwendete Shuntmaterial.

Die folgenden statistisch signifikanten Zusammenhänge konnten mithilfe eines bivariaten Regressionstests ermittelt werden:

- Die Wahl des **Ventils** und der **Body Mass Index** hatten Einfluss auf die Entstehung einer Shunt Dysfunktion. Während die Verwendung eines Delta Ventils das Risiko im Vergleich zum Medos Hakim Ventil um den Faktor 2,94 erhöhte, führte eine vorbestehende Adipositas zu einer 1,08-mal so hohen Chance, dass eine Fehlfunktion des Shuntsystems auftrat.
- Der **Body Mass Index** beeinflusste darüber hinaus auch signifikant das Risiko einer Dislokation des peritonealen Katheteranteils. Hierbei stieg die Wahrscheinlichkeit für eine Fehllage um das 1,08-fache.

- Eine Infektion des Shuntmaterials und des umgebenden Gewebes im postoperativen Verlauf begünstigte vor allem eine präoperativ stattgehabte **Ventrikulozisternostomie**. Infolge dieser Liquormanipulation lag die Chance einer Infektion bei 14,23 OR.

In unserer Studie hat sich vor allem der Body Mass Index als korrelierender Parameter mit der Entstehung von postoperativen Komplikationen präsentiert. Ein erhöhter Body Mass Index über 30 ist ein bestätigter Einflussfaktor für viele Krankheitsbilder, allen voran Diabetes mellitus, Kardiovaskuläre Erkrankungen und Tumorerkrankungen. Zusätzlich stellt er ein Risiko für chirurgische Eingriffe dar, in Folge derer es zu Wundheilungsstörungen und Wundinfektionen kommen kann. Dieser Parameter wurde in bisherigen Studien eher randständig betrachtet. Es würde sich deshalb anbieten diesen Faktor in den Fokus weiterer Studien zu rücken.

## 8. Anhang

### 8.1 Abkürzungen

<b>ASS</b>	Acetylsalicylsäure
<b>BMI</b>	Body Mass Index
<b>CT</b>	Computertomographie
<b>DGN</b>	Deutsche Gesellschaft für Neurologie
<b>EVD</b>	Externe Ventrikeldrainage
<b>IAP</b>	Intraabdominaler Druck
<b>ICP</b>	Intrakranieller Druck
<b>IIH</b>	Idiopathische intrakranielle Hypertension
<b>MRT</b>	Magnetresonanz-/Kernspintomographie
<b>NPH</b>	Normaldruckhydrozephalus
<b>NPSS</b>	Neurological Performance Status Scale
<b>Op</b>	Operation
<b>OR</b>	Odds Ratio
<b>UKR</b>	Universitätsklinikum Regensburg
<b>VP</b>	Ventrikuloperitoneal
<b>WHO</b>	World Health Organisation

## 8.2 Abbildungen

Abb. 1: Endoskop – Blick in den 3. Ventrikel (nach Passage des Foramen Monroi)

(zur Verfügung gestellt von PD Dr. Karl-Michael Schebesch)

Abb. 2: Implantation eines ventrikuloperitonealen Shunts

(zur Verfügung gestellt von Dr. Petra Schödel)

Abb. 3: Einstellbares Codman-Hakim Ventil

([www.kiefer.ws/antisiphon-shunts.htm](http://www.kiefer.ws/antisiphon-shunts.htm))

Abb. 4: PS-Medical Delta Ventil (Membranventil mit SCD)

([www.kiefer.ws/antisiphon-shunts.htm](http://www.kiefer.ws/antisiphon-shunts.htm))

Abb. 5: ProGAV Ventil in horizontaler und vertikaler Körperposition

([www.miethke.com](http://www.miethke.com))

Abb. 6: Polyurethankatheter mit Material zum Einführen, Spiegelberg, Hamburg

(<http://www.klinikprodukte.com/schaedl/csfdrainage.php>)

Abb. 7: Bactiseal Katheter von Codman Neuro, Johnson&Johnson, Norderstedt

(<https://www.depuysynthes.com/hcp/codman-neuro/products/qs/BACTISEAL-EVD-Catheter>)

Abb. 8: Silverline Katheter von Spiegelberg, Hamburg

([http://img.medicaexpo.de/images\\_me/photo-g/71102-162265.jpg](http://img.medicaexpo.de/images_me/photo-g/71102-162265.jpg))

Abb. 9: Diagnostisch relevante Faktoren hinsichtlich Shuntinfektionen nach Overturf

(<https://pdfs.semanticscholar.org/6c10/7acc9b2ab6b7ccfec056a5d3d3ae749ca55a.pdf>)

## 8.3 Tabellen

Tab. 1: BMI-Tabelle für Männer und Frauen

Tab. 2: Individuelle Patientendaten

Tab. 3: Technische Daten

Tab. 4: Stationärer Aufenthalt der Patienten in Tagen

Tab. 5: Revisionshäufigkeit nach Geschlechterzugehörigkeit

Tab. 6: Altersverteilung

Tab. 7: Revisionshäufigkeit in den verschiedenen Altersgruppen

Tab. 8: Revisionshäufigkeit pro Gewichtsgruppe

Tab. 9: Vergleich Revisionshäufigkeit Diabetiker und Gesunde

Tab. 10: Vergleich Malignom-Erkrankte und Gesunde

Tab. 11: Vergleich der Revisionshäufigkeit bzgl. Funktion der Gerinnung

Tab. 12: Revisionshäufigkeit in den Hydrozephalusgruppen

Tab. 13: Revisionshäufigkeit bei den verschiedenen Ventilarten

Tab. 14: Revisionshäufigkeit bei verschiedenen Arten der Liquormanipulation

Tab. 15: Dysfunktion Ventil - lineare Regression

Tab. 16: Dysfunktion Ventil und Hydrozephalusarten

Tab. 17: Dysfunktion Ventil und Ventilart

Tab. 18: Dysfunktion Ventil und un-/beschichteter Katheter

Tab. 19: Dysfunktion Katheter - lineare Regression

Tab. 20: Dysfunktion Kathetersystem und BMI

Tab. 21: Dysfunktion Kathetersystem und Hydrozephalusarten

Tab. 22: Dysfunktion Kathetersystem und präoperative Liquormanipulation

Tab. 23: Dysfunktion Kathetersystem und un-/beschichtete Katheter

Tab. 24: Dysfunktion Kathetersystem und Ventilart

Tab. 25: Fehllage Ventrikelkatheter - lineare Regression

Tab. 26: Fehllage Ventrikelkatheter und Hydrozephalusarten

Tab. 27: Fehllage Ventrikelkatheter und frische Bohrlochtrepation

Tab. 28: Fehllage Ventrikelkatheter und un-/beschichtete Katheter

Tab. 29: Fehllage Peritonealkatheter - lineare Regression

Tab. 30: Fehllage Peritonealkatheter und BMI

Tab. 31: Fehllage Peritonealkatheter und un-/beschichteter Katheter

Tab. 32: Infektionen - lineare Regression

Tab. 33: Infektion und BMI

Tab. 34: Infektion und Diabetes

Tab. 35: Infektion und Malignom

Tab. 36: Infektion und veränderte Gerinnung

Tab. 37: Infektion und Geschlechterzugehörigkeit

Tab. 38: Infektion und Hydrozephalusarten

Tab. 39: Infektion und präoperative Liquormanipulationen

Tab. 40: Infektion und frische Bohrlochtrepanation

Tab. 41: Infektion und un-/beschichtete Katheter

Tab. 42: Infektion und Antibiotikagabe

Tab. 43: Infektion und Operationsdauer

## 8.4 Diagramme

Diagramm 1: Alter der Patienten in Monaten und Jahren

Diagramm 2: Altersverteilung der Männer und Frauen

Diagramm 3: Geschlechterverteilung in den Hydrozephalusgruppen

Diagramm 4: Prozentuale Verteilung der Hydrozephalusarten

Diagramm 5: Altersverteilung der Hydrozephalusarten

Diagramm 6: Prozentuale Verteilung der Gewichtsklassen

Diagramm 7: Prozentuale Verteilung der präoperativen Liquormanipulationen

Diagramm 8: Prozentuale Häufigkeit der verschiedenen Ventilarten

Diagramm 9: Anzahl der Revisionen pro Patient

Diagramm 10: Zeitabstand zwischen Shuntimplantation und Revision in Tagen und Monaten

Diagramm 11: Neurologischer Status prä-, postoperativ und bei Wiedervorstellung

Diagramm 12: Veränderung des neurologischen Status

Diagramm 13: Ursache der Revision

Diagramm 14: Gegenstand der Revision

Diagramm 15: Anzahl der Revisionen bei Männern und Frauen

Diagramm 16: Anzahl der Revisionen in den verschiedenen Gewichtsklassen

Diagramm 17: Anzahl der Revisionen bei Diabetikern und Gesunden

Diagramm 18: Anzahl der Revisionen bei Krebskranken und Gesunden

Diagramm 19: Anzahl der Revisionen bei Patienten mit und ohne Gerinnungsstörung

Diagramm 20: Anzahl der Revisionen in den Hydrozephalusgruppen

Diagramm 21: Anzahl der Revisionen bei den verschiedenen Ventilarten

Diagramm 22: Anzahl der Revisionen bei den präoperativen Liquormanipulationen

Diagramm 23: Anzahl der Ventildysfunktionen in den Hydrozephalusgruppen

Diagramm 24: Anzahl Ventildysfunktionen bei den verschiedenen Ventilarten

Diagramm 25: Anzahl Ventildysfunktionen bei un-/beschichtetem Katheter

Diagramm 26: Anzahl Katheterdysfunktionen in den Gewichtsklassen

Diagramm 27: Anzahl Katheterdysfunktionen bei den Hydrozephalusarten

Diagramm 28: Anzahl Katheterdysfunktionen bei den präoperativen Liquormanipulationen

Diagramm 29: Anzahl Katheterdysfunktionen bei un-/beschichtetem Katheter

Diagramm 30: Anzahl Katheterdysfunktionen bei den verschiedenen Ventilarten

Diagramm 31: Anzahl Ventrikelkatheter-Fehllagen bei den Hydrozephalusarten

Diagramm 32: Anzahl Ventrikelkatheter-Fehllagen bei neuem/altem Bohrloch

Diagramm 33: Anzahl Ventrikelkatheter-Fehllagen bei un-/beschichtetem Katheter  
Diagramm 34: Anzahl Peritonealkatheter-Fehllagen in den Gewichtsgruppen  
Diagramm 35: Anzahl Peritonealkatheter-Fehllagen bei un-/beschichtetem Katheter  
Diagramm 36: Anzahl Infektionen in den Gewichtsgruppen  
Diagramm 37: Anzahl Infektionen bei Diabetikern und Gesunden  
Diagramm 38: Anzahl Infektionen bei Krebskranken und Gesunden  
Diagramm 39: Anzahl Infektionen bei Gerinnungsstörung  
Diagramm 40: Anzahl Infektionen bei Männern und Frauen  
Diagramm 41: Anzahl Infektionen bei den Hydrozephalusarten  
Diagramm 42: Anzahl Infektionen bei präoperativen Liquormanipulationen  
Diagramm 43: Anzahl Infektionen bei neuem und altem Bohrloch  
Diagramm 44: Anzahl Infektionen bei un-/beschichtetem Katheter  
Diagramm 45: Anzahl Infektionen mit/ohne perioperative Antibiotikabehandlung

## 9. Literaturverzeichnis

1. Schirmer M. *Neurochirurgie*. 10. (Schirmer M, Hrsg.). München: Elsevier GmbH, Urban & Fisher Verlag; 2004.
2. Aschoff A, Kremer A, Hashemi B, Kunze S. The scientific history of hydrocephalus and its treatment. *Neurosurg Rev*. 1999;22:67–93.
3. Lyons AE. Hydrocephalus first illustrated. *Neurosurgery*. 1995;37(3):511–513. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7501118>.
4. Lifshutz JI, Johnson WD. History of hydrocephalus and its treatments. *Neurosurg Focus*. 2001;11(2):E1. doi:10.3171/foc.2001.11.2.2.
5. Matson DD. Current Treatment of Infantile Hydrocephalus. Matson, Donald D. <http://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJM195611152552002>. Published 1956.
6. McCullough DC. History of the treatment of hydrocephalus. *Concepts Neurosurg*. 1990;3:1–10.
7. Jia L, Zhao Z-X, You C, u. a. Minimally-invasive treatment of communicating hydrocephalus using a percutaneous lumboperitoneal shunt. *J Zhejiang Univ Sci B*. 2011;12(4):293–297. doi:10.1631/jzus.B1000248.
8. Matson DD. A New Operation for the Treatment of Communicating Hydrocephalus. *J Neurosurg*. 1949;6(3):238–247. doi:10.3171/jns.1949.6.3.0238.
9. Drake JM, Sainte Rose C. *The Shunt Book.*; 1995.
10. Trepel M. *Neuroanatomie: Struktur und Funktion*. 5. Aufl. Urban&Fischer Verlag/Elsevier GmbH; 2012.
11. Kiefer M. Hydrozephalus. <http://www.kiefer.ws/index.htm>. Published 2006.
12. Kunz U, Mathieu R, Mauer UM. Hydrozephalus im Erwachsenenalter. In: Moskopp D, Wassmann H, Hrsg. *Moskopp, Wassmann: Neurochirurgie*. 1. Berlin, Münster: Schattauer GmbH; 2014:675–691.
13. Jeng S, Gupta N, Wrensch M, u. a. Prevalence of congenital hydrocephalus in California, 1991-2000. *Pediatr Neurol*. 2011;45(2):67–71. doi:10.1016/j.pediatrneurol.2011.03.009.
14. Reddy GK, Shi R, Nanda A, Guthikonda B. Obstructive hydrocephalus in adult patients: the Louisiana State University Health Sciences Center-Shreveport experience with ventriculoperitoneal shunts. *World Neurosurg*. 2011;76(1–2):176–182. doi:10.1016/j.wneu.2011.01.032.
15. de Ribaupierre S, Rilliet B, Vernet O, Regli L, Villemure J-G. Third ventriculostomy vs ventriculoperitoneal shunt in pediatric obstructive hydrocephalus: results from a Swiss series and literature review. *Childs Nerv Syst*. 2007;23(5):527–533. doi:10.1007/s00381-006-0283-4.
16. Drake J., Kulkarni A., Kestle J. Endoscopic third ventriculostomy versus ventriculoperitoneal shunt in pediatric patients: a decision analysis. *Child's nervous system : ChNS : official journal of the International Society for Pediatric Neurosurgery*. [http://www.ispneurosurgery.org/assets/260/Kulkarni\\_ETV.pdf](http://www.ispneurosurgery.org/assets/260/Kulkarni_ETV.pdf). Published 2009.
17. Gliemroth J, Käsbeck E, Kehler U, u. a. Ventriculocisternostomy versus ventriculoperitoneal shunt in the treatment of hydrocephalus: a retrospective, long-term observational study. *Clin Neurol Neurosurg*. 2014;122:92–96. doi:10.1016/j.clineuro.2014.03.022.
18. Adams R, Fisher C, Hakim S, et al. Symptomatic Occult Hydrocephalus with Normal Cerebrospinal-Fluid Pressure — A Treatable Syndrome — *NEJM*. *N Engl J Med*. 1965;273:117–126. <http://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJM196507152730301>.

19. Boon A, Tans J, Delwel E, et al. Dutch normal pressure hydrocephalus study: the role of cerebrovascular disease. *J Neurosurg.* 1999;90:221–226.
20. Greitz D. Radiological assessment of hydrocephalus: new theories and implications for therapy. *Neurosurgical Rev.* 2004;27:145–165.
21. Haberl H, Michael T, Thomale U-W. Hydrozephalus. *Pädiatrie up2date.* 2007;2(1):25–44. doi:10.1055/s.2007-966249.
22. Kiefer M, Unterberg A. Differenzialdiagnose und Therapie des Normaldruckhydrozephalus. *Dtsch Arztebl.* 2012:15–26. <http://www.aerzteblatt.de/archiv/118067/Differenzialdiagnose-und-Therapie-des-Normaldruckhydrozephalus>.
23. Deutsche Gesellschaft für Neurologie. Leitlinie Normaldruckhydrozephalus - Deutsche Gesellschaft für Neurologie. AWMF. [http://www.awmf.org/uploads/tx\\_szleitlinien/030-0631\\_S1\\_Normaldruckhydrozephalus\\_2012\\_1.pdf](http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/030-0631_S1_Normaldruckhydrozephalus_2012_1.pdf). Published 2012.
24. Hakim CA, Hakim R, Hakim S. Normal-pressure hydrocephalus. *Neurosurg Clin N Am.* 2001;12(4):761–73, ix. <http://europepmc.org/abstract/med/11524297>.
25. Esmonde T, Cooke S. Shunting for normal pressure hydrocephalus (NPH). *Cochrane database Syst Rev.* 2009;(3):CD003157. doi:10.1002/14651858.CD003157.
26. Kim MJ, Chung SJ, Sung YH, Lee MC, Im J-H. Levodopa-responsive parkinsonism associated with hydrocephalus. *Mov Disord.* 2006;21(8):1279–1281. doi:10.1002/mds.20901.
27. Marmarou A, Black P, Bergsneider M, Klinge P, Relkin N. Guidelines for management of idiopathic normal pressure hydrocephalus: progress to date. *Acta Neurochir (Wien).* 2005;95:237–240. [http://eknygos.lsmuni.lt/springer/233/Part 5/8 Item.pdf](http://eknygos.lsmuni.lt/springer/233/Part%205/8%20Item.pdf).
28. Biousse V, Bruce BB, Newman NJ. Update on the pathophysiology and management of idiopathic intracranial hypertension. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2012;83(5):488–494. doi:10.1136/jnnp-2011-302029.
29. Hufschmidt A, Lücking CH, Rauer S. *Neurologie compact: Für Klinik und Praxis.* (Hufschmidt A, Lücking CH, Rauer S, Hrsg.). Stuttgart/New York: Georg Thieme Verlag; 2013. <https://books.google.com/books?id=zRSNAAAQBAJ&pgis=1>.
30. Schroeder HWS, Niendorf W-R, Gaab MR. Complications of endoscopic third ventriculostomy. *J Neurosurg.* 2002;96(6):1032–1040. doi:10.3171/jns.2002.96.6.1032.
31. Schulz R. Ventilsysteme im Vergleich. [http://www.leben-mit-hydrozephalus.de/Roland\\_Schulz\\_Shunttechnologie.pdf](http://www.leben-mit-hydrozephalus.de/Roland_Schulz_Shunttechnologie.pdf).
32. Bugalho P, Alves L, Ribeiro O. Normal pressure hydrocephalus: a qualitative study on outcome. *Arq Neuropsiquiatr.* 2013;71(11):890–895. doi:10.1590/0004-282X20130173.
33. McDermott B, Enslin R, Kleinemeier M, u. a. SAP Deutschland SE & Co. KG. 1972.
34. WHO Europe. Body mass index - BMI.
35. Dr. Wulf H. BMI Tabelle (Body Mass Index) Frau & Mann. <http://www.gewichtstabellen.com/bmi-tabelle-frau-mann-alter/>. Published 2014.
36. Codman Hakim Programmable Valve. *DePuy Synth Co.* 2016. <http://www.depuysynthes.com/hcp/codman-neuro/products/qs/CODMAN-HAKIM-Programmable-Valve>.
37. Medtronic. Medtronic: Delta Valves Hydrocephalus. <http://www.medtronic.com/us-en/patients/treatments-therapies/hydrocephalus-shunt/delta-valves.html>. Published 2016.
38. Miethke GmbH. Miethke ProGAV Ventil. <https://www.miethke.com/produkte/ventile/progav/>.

39. Bleehen NM, Stenning S P. A Medical Research Council trial of two radiotherapy doses in the treatment of grades 3 and 4 astrocytoma Stenning on behalf of the Medical Research Council Brain Tumour Working Party\*. *Br J Cancer*. 1991;64:769–774.
40. Silverline® Ventricular Shunt Catheter. 2016. [http://www.spiegelberg.de/products/silverline\\_ventricular\\_shunt\\_catheter.html](http://www.spiegelberg.de/products/silverline_ventricular_shunt_catheter.html).
41. BACTISEAL-EVD-Catheter | DePuy Synthes Companies. 2016. <https://www.depuyssynthes.com/hcp/codman-neuro/products/qs/BACTISEAL-EVD-Catheter>.
42. Arriada N, Sotelo J. Continuous-flow shunt for treatment of hydrocephalus due to lesions of the posterior fossa. *J Neurosurg*. 2004;101(5):762–766. doi:10.3171/jns.2004.101.5.0762.
43. Drake JM, Kestle JR, Milner R, u. a. Randomized trial of cerebrospinal fluid shunt valve design in pediatric hydrocephalus. *Neurosurgery*. 1998;43(2):294-303-5. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9696082>.
44. Poca MA, Mataró M, Matarín MDM, Arikan F, Junqué C, Sahuquillo J. Is the placement of shunts in patients with idiopathic normal pressure hydrocephalus worth the risk? Results of a study based on continuous monitoring of intracranial pressure. *J Neurosurg*. 2004;100(5):855–866. doi:10.3171/jns.2004.100.5.0855.
45. Kiefer M, Eymann R, Meier U. Five Years Experience with Gravitational Shunts in Chronic Hydrocephalus of Adults. *Acta Neurochir (Wien)*. 2002;144(8):755–767. doi:10.1007/s00701-002-0977-7.
46. Aschoff A, Benesch C, Kremer P, u. a. The Solved and Unsolved Problems of Hydrocephalus Valves: A Critical Comment. In: Springer Berlin Heidelberg; 1993:103–114. doi:10.1007/978-3-642-77997-8\_19.
47. Aschoff A, Kremer P, Benesch C, Fruh K, Klank A, Kunze S. Overdrainage and shunt technology. A critical comparison of programmable, hydrostatic and variable-resistance valves and flow-reducing devices. *Childs Nerv Syst*. 1995;11(4):193–202. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7621479>.
48. Aschoff A. *The Heidelberg Valve Test Inventory. Lecture for Solomon Hakim and technical experts of Medos*. LeLocle; 1991.
49. Weinzierl MR, Hans F-J, Stoffel M, Oertel MF, Korinth MC. Experience with a gravitational valve in the management of symptomatic overdrainage in children with shunts. *J Neurosurg Pediatr*. 2012;9(5):468–472. doi:10.3171/2012.1.PEDS11110.
50. Gölz L, Lemcke J, Meier U. Indications for valve-pressure adjustments of gravitational assisted valves in patients with idiopathic normal pressure hydrocephalus. *Surg Neurol Int*. 2013;4:140. doi:10.4103/2152-7806.119879.
51. Sahuquillo J, Arikan F, Poca MA, Noguera M, Martinez-Ricarte F. Intra-abdominal pressure: The neglected variable in selecting the ventriculoperitoneal shunt for treating hydrocephalus. *Neurosurgery*. 2008;62(1):143–149. doi:10.1227/01.NEU.0000311071.33615.E1.
52. Frim DM, Lathrop D. Telemetric assessment of intracranial pressure changes consequent to manipulations of the Codman-Medos programmable shunt valve. *Pediatr Neurosurg*. 2000;33(5):237–242. doi:55961.
53. Kondageski C, Thompson D, Reynolds M, Hayward RD. Experience with the Strata valve in the management of shunt overdrainage. *J Neurosurg Pediatr*. 2007;106(2):95–102. doi:10.3171/ped.2007.106.2.95.
54. Nakahara K, Shimizu S, Oka H, Utsuki S, Iida H, Fujii K. Migration of the distal end of a ventriculoperitoneal shunt into the abdominal wall in an obese patient: case report. *Neurol Med Chir (Tokyo)*. 2009;49(10):490–492. doi:JST.JSTAGE/nmc/49.490 [pii].

55. Kaplan M, Ozel SK, Dönmez O, Kazez A. Treatment approaches for abdominal migration of peritoneal catheter of ventriculoperitoneal shunt. *Turk Neurosurg.* 2007;17(2):158–162. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17935037>.
56. Popa F, Grigorean VT, Onose G, Popescu M, Strambu V, Sandu AM. Laparoscopic treatment of abdominal complications following ventriculoperitoneal shunt. *J Med Life.* 2009;2(4):426–436.
57. Morishita A, Nagashima T, Kurata H, Eguchi T, Tamaki N. [Clinical analysis of pediatric shunt catheter fracture]. *No Shinkei Geka.* 2002;30(8):839–845. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12187729>.
58. Abode-Iyamah KO, Khanna R, Rasmussen ZD, et al. Risk factors associated with distal catheter migration following ventriculoperitoneal shunt placement. *J Clin Neurosci.* 2016;25:46–49. doi:10.1016/j.jocn.2015.07.022.
59. Sanchez NC, Tenofsky PL, Dort JM, Shen LY, Helmer SD, Smith RS. What is normal intra-abdominal pressure? *Am Surg.* 2001;67(3):243–248. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11270882>.
60. Sarguna P, Lakshmi V. Ventriculoperitoneal shunt infections. *Indian J Med Microbiol.* 2006;24(1):52–54. doi:10.4103/0255-0857.19896.
61. Kanev PM, Sheehan JM. Reflections on shunt infection. *Pediatr Neurosurg.* 2003;39(6):285–290. doi:75255.
62. Claus B. Shunt infection. *Youmans Neurol Surg.* 2004;3:3419–3425.
63. Wells DL, Allen JM. Ventriculoperitoneal Shunt Infections in Adult Patients. *Complex Rhythm AACN Adv Crit Care.* 2013;24(1):6–12. doi:10.1097/NCI.0b013e31827be1d1.
64. Conen A, Walti LN, Merlo A, Fluckiger U, Battegay M, Trampuz A. Characteristics and Treatment Outcome of Cerebrospinal Fluid Shunt–Associated Infections in Adults: A Retrospective Analysis over an 11-Year Period. *Clin Infect Dis.* 2008;47(1):73–82. doi:10.1086/588298.
65. Overturf GD. Defining bacterial meningitis and other infections of the central nervous system. *Pediatr Crit Care Med.* 2005;6(3 Suppl):S14-8. doi:10.1097/01.PCC.0000161933.42822.86.
66. Spanu G, Karussos G, Adinolfi D, Bonfanti N. An analysis of cerebrospinal fluid shunt infections in adults. A clinical experience of twelve years. *Acta Neurochir (Wien).* 1986;80(3–4):79–82. doi:10.1007/BF01812278.
67. Sacar S, Turgut H, Toprak S, et al. A retrospective study of central nervous system shunt infections diagnosed in a university hospital during a 4-year period. *BMC Infect Dis.* 2006;6(1):43. doi:10.1186/1471-2334-6-43.
68. Kulkarni a V, Drake JM, Lamberti-Pasculli M. Cerebrospinal fluid shunt infection: a prospective study of risk factors. *J Neurosurg.* 2001;94(2):195–201. doi:10.3171/jns.2001.94.2.0195.
69. Konstantelias AA, Vardakas KZ, Polyzos KA, Tansarli GS, Falagas ME. Antimicrobial-impregnated and -coated shunt catheters for prevention of infections in patients with hydrocephalus: a systematic review and meta-analysis. *J Neurosurg.* 2015;122(5):1096–1112. doi:10.3171/2014.12.JNS14908.
70. Ritz R, Roser F, Morgalla M, Dietz K, Tatagiba M, Will BE. Do antibiotic-impregnated shunts in hydrocephalus therapy reduce the risk of infection? An observational study in 258 patients. *BMC Infect Dis.* 2007;7(38). doi:10.1186/1471-2334-7-38.
71. Wu Y, Green NL, Wrensch M, Zhao S, Gupta N. Ventriculoperitoneal Shunt Complications in California : 1990 To 2000. *Neurosurgery.* 2007;61(3):557–563. doi:10.1227/01.NEU.0000280021.61888.C8.

72. George R, Leibrock L, Epstein M. Long-term analysis of cerebrospinal fluid shunt infections. *J Neurosurg.* 1979;51(6):804–811. doi:10.3171/jns.1979.51.6.0804.
73. McGirt MJ, Leveque J-C, Wellons JC, u. a. Cerebrospinal fluid shunt survival and etiology of failures: a seven-year institutional experience. *Pediatr Neurosurg.* 2002;36(5):248–255. doi:58428.
74. Korinek A-M, Fulla-Oller L, Boch A-L, Golmard J-L, Hadiji B, Puybasset L. Morbidity of ventricular cerebrospinal fluid shunt surgery in adults: an 8-year study. *Neurosurgery.* 2011;68(4):985-94-5. doi:10.1227/NEU.0b013e318208f360.
75. Prusseit J, Simon M, von der Brellie C, u. a. Epidemiology, Prevention and Management of Ventriculoperitoneal Shunt Infections in Children. *Pediatr Neurosurg.* 2009;45(5):325–336. doi:10.1159/000257520.
76. Klimo P, Thompson CJ, Ragel BT, Boop FA. Antibiotic-impregnated shunt systems versus standard shunt systems: a meta- and cost-savings analysis. *J Neurosurg Pediatr.* 2014;14(6):53–59. doi:10.3171/2011.8.PEDS11346.
77. Pattavilakom A, Xenos C, Bradfield O, Danks RA. Reduction in shunt infection using antibiotic impregnated CSF shunt catheters: An Australian prospective study. *J Clin Neurosci.* 2007;14:526–531. doi:10.1016/j.jocn.2006.11.003.
78. Salvador SF, Oliveira J, Pereira J, u. a. Endoscopic third ventriculostomy in the management of hydrocephalus: Outcome analysis of 168 consecutive procedures. *Clin Neurol Neurosurg.* 2014;126:130–136. doi:10.1016/j.clineuro.2014.08.037.
79. Grand W, Leonardo J, Chamczuk AJ, Korus AJ. Endoscopic Third Ventriculostomy in 250 Adults With Hydrocephalus. *Neurosurgery.* 2016;78(1):109–119. doi:10.1227/NEU.0000000000000994.
80. Vogel TW, Bahuleyan B, Robinson S, Cohen AR. The role of endoscopic third ventriculostomy in the treatment of hydrocephalus. *J Neurosurg Pediatr.* 2013;12(1):54–61. doi:10.3171/2013.4.PEDS12481.
81. Bouras T, Sgouros S. Complications of endoscopic third ventriculostomy. *J Neurosurg Pediatr.* 2011;7(6):643–649. doi:10.3171/2011.4.PEDS10503.
82. Gangemi ichelangelo, Maiuri F, Naddeo M, u. a. Endoscopic Third Ventriculostomy in Idiopathic Normal Pressure Hydrocephalus: An Italian Multicenter Study. *Neurosurgery.* 2008;63(1):62–69. doi:10.1227/01.NEU.0000335071.37943.40.
83. Chan AK, McGovern RA, Zacharia BE, u. a. Inferior Short-term Safety Profile of Endoscopic Third Ventriculostomy Compared With Ventriculoperitoneal Shunt Placement for Idiopathic Normal-Pressure Hydrocephalus. *Neurosurgery.* 2013;73(6):951–961. doi:10.1227/NEU.0000000000000129.
84. Dusick JR, McArthur DL, Bergsneider M. Success and complication rates of endoscopic third ventriculostomy for adult hydrocephalus: a series of 108 patients. *Surg Neurol.* 2008;69(1):5–15. doi:10.1016/j.surneu.2007.08.024.
85. Kumar R, Singh V, Kumar MVK. Shunt revision in hydrocephalus. *Indian J Pediatr.* 2005;72(10):843–847. doi:10.1007/BF02731111.
86. Gutiérrez-González R, Boto GR, Pérez-Zamarrón A. Cerebrospinal fluid diversion devices and infection. A comprehensive review. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis.* 2012;31(6):889–897. doi:10.1007/s10096-011-1420-x.
87. Reddy GK, Bollam P, Caldito G. Long-term outcomes of ventriculoperitoneal shunt surgery in patients with hydrocephalus. *World Neurosurg.* 2014;81(2):404–410. doi:10.1016/j.wneu.2013.01.096.
88. Farber SH, Parker SL, Adogwa O, McGirt MJ, Rigamonti D. Effect of Antibiotic-Impregnated Shunts on Infection Rate in Adult Hydrocephalus: A Single Institution’s Experience. *Neurosurgery.* 2011;69(3):625–629. doi:10.1227/NEU.0b013e31821bc435.

89. 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):259–265. doi:10.3171/2011.6.PEDS11257.
90. Ratilal B, Costa J, Sampaio C. Antibiotic prophylaxis for surgical introduction of intracranial ventricular shunts: a systematic review. *J Neurosurg Pediatr.* 2006;(3):1–49. doi:10.3171/PED-08/01/048.
91. Ragel BT, Browd SR, Schmidt RH. Surgical shunt infection: significant reduction when using intraventricular and systemic antibiotic agents. *J Neurosurg.* 2006;105(2):242–247. doi:10.3171/jns.2006.105.2.242.

## **Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen bedanken, die mir mit Rat und Tat bei der Anfertigung dieser Dissertation zur Seite gestanden haben.

Mein Dank gilt zunächst meinem Doktorvater PD Dr. Karl-Michael Schebesch für die freundliche Überlassung des Dissertationsthemas, die hervorragende Betreuung durch die schnelle Korrektur und zeitnahe Rückmeldung bei Fragen, sowie konkreten Lösungsvorschlägen.

In diesem Zuge möchte ich mich auch sehr herzlich bei meiner Betreuerin Dr. Petra Schödel für die persönliche Betreuung, die Hilfe bei der Datenerhebung und Literaturrecherche, kritische Anregungen und viele produktive Treffen bedanken.

Ferner möchte ich Herrn Florian Zeman aus der Abteilung Biometrie/Statistik des Zentrums für klinische Studien des Universitätsklinikums Regensburg für die fachliche Betreuung bezüglich der Statistischen Auswertung und Interpretation danken.

Außerdem danke ich meinen Kommilitonen, Freunden und Mitbewohnern, die das Studium zu einer unvergesslichen Zeit gemacht haben und auch für den nötigen Ausgleich zu langen Lernzeiten und Praktikumstagen gesorgt haben; allen voran meinem Freund Andreas, der mir in jeder Situation unterstützend zur Seite stand.

Zu guter Letzt gilt mein Dank jedoch vor allem meinen Eltern, die mir überhaupt erst das Medizinstudium und damit diese Dissertation ermöglicht haben, die in schweren Phasen immer ein offenes Ohr hatten und mich mit allen ihnen zur Verfügung stehenden Mitteln unterstützt haben.



## **Eidesstattliche Erklärung**

### **ERKLÄRUNG ZUM PROMOTIONSVERFAHREN**

nach § 3 Abs. 3 und 4 der Promotionsordnung  
der Fakultät für Medizin der Universität Regensburg

Ich erkläre,

- dass ich den Doktorgrad der Medizin nicht schon an einer Hochschule der Bundesrepublik Deutschland erworben habe
- dass ich nicht an anderer Stelle zu einem Promotionsverfahren zum Erwerb des medizinischen Doktorgrades zugelassen bin
- dass ich die medizinische Doktorprüfung nicht schon an einer Hochschule der Bundesrepublik Deutschland endgültig nicht bestanden habe

Außerdem erkläre ich,

- dass mir keine Tatsachen bekannt sind, die mich zur Führung eines akademischen Grades im Sinne des Gesetzes über die Führung akademischer Grade unwürdig erscheinen lassen
- dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus anderen Quellen direkt oder indirekt übernommenen Daten und Konzepte sind unter Angabe der Quelle gekennzeichnet. Insbesondere habe ich nicht die entgeltliche Hilfe von Vermittlungs- bzw. Beratungsdiensten (Promotionsberater oder andere Personen) in Anspruch genommen. Niemand hat von mir unmittelbar oder mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeit erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen. Die Arbeit wurde bisher weder im In- noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Regensburg, den 18.04.2017