

Bundeswehrkrankenhaus Ulm

Abteilung Neurochirurgie

Prof. Dr. Uwe Max Mauer

Ventrikuloperitoneale Shunts in Kombination mit der perkutanen endoskopischen Gastrostomie: Eine Überprüfung des Infektionsrisikos sowie vorhandener Risikofaktoren für das Auftreten von Shuntinfektionen.

Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin der Medizinischen Fakultät der Universität Ulm

Stefanie Baier

Räckelwitz

2017

Amtierender Dekan: Prof. Dr. Thomas Wirth

1. Berichterstatter: Prof. Dr. U.M. Mauer

2. Berichterstatter: Prof. Dr. M.-A. Geibel

Tag der Promotion: 18.10.2018

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| Abkürzungsverzeichnis | IV |
| 1 Einführung..... | 1 |
| Hintergrund | 1 |
| Indikationen und Durchführung der Anlage eines zerebralen Shunts..... | 2 |
| Erläuterungen des Krankheitsbildes Hydrocephalus..... | 11 |
| Indikationen für die Implantation einer perkutanen endoskopischen Gastrostomie (PEG) und Durchführung dieser Methode..... | 19 |
| Zielsetzung..... | 28 |
| 2 Materialien und Methode..... | 29 |
| 3 Ergebnisse | 33 |
| Falldarstellungen | 51 |
| Patient a | 51 |
| Patient b..... | 54 |
| Patient c | 54 |
| Patient d..... | 55 |
| 4 Diskussion | 58 |
| Grenzen und Fehler..... | 84 |
| 5 Zusammenfassung | 86 |
| 6 Literaturverzeichnis | 88 |
| Tabellen- und Abbildungsverzeichnis..... | 104 |
| Danksagung..... | 108 |
| Wissenschaftlicher Lebenslauf..... | 109 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|---------|--|
| bzw. | beziehungsweise |
| CT | Computertomographie |
| E. coli | Escherichia coli |
| ggf. | gegebenenfalls |
| ICD | International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems |
| INR | International Normalized Ratio |
| ISO | International Organization for Standardization |
| M. | Musculus |
| MRT | Magentresonanztomographie |
| NPH | Normalpressurehydrocephalus (Normaldruckhydrocephalus) |
| OP | Operation |
| pTT | partielle Thromboplastinzeit |
| SAB | Subarachnoidalblutung |
| SHT | Schädel-Hirn-Trauma |
| spp. | species pluralis |
| Staph. | Staphylococcus |
| VP | Ventrikuloperitoneal |
| vs. | versus |
| z.B. | zum Beispiel |

1 Einführung

Hintergrund

Bereits seit vielen Jahren hat sich die Implantation eines Ventrikuloperitonealen-Shunts (VP-Shunt) zur Normalisierung des intrakraniellen Drucks bei bestehendem Hydrocephalus aufgrund verschiedener Ursachen etabliert. Die Shuntimplantation stellt eine Möglichkeit dar, den intrakraniellen Druck rasch durch Ableitung von überschüssigem Liquor zu senken und somit einer fortschreitenden neuronalen Zerstörung und anderen schädlichen Folgeerkrankungen vorzubeugen (Aoyama, et al. 2006) (Del Bigio 2004).

Patienten, bei denen ein Hydrocephalus diagnostiziert wurde, weisen oft auch einen reduzierten neurologischen Status bzw. parallel bestehende Schädigungen oder Lähmungen der unteren Hirnnerven auf. Dies führt zu einer Beeinträchtigung des Schluckaktes bis hin zu einem kompletten Ausfall dessen. Folglich ist bei diesen Patienten häufig eine zusätzliche Versorgung mittels Perkutaner endoskopischer Gastrostomie (PEG) zur Sicherstellung einer ausreichenden Nahrungsmittel- und Nährstoffzufuhr über einen längeren Zeitraum erforderlich (Kim, et al. 2009) (Kubiak, et al. 2012) (Nabika, et al. 2006) (Taylor, et al. 2001).

Trotz der darüber hinaus bestehenden Gefahr der Infektion beim gleichzeitigen Platzieren des distalen Katheterendes des VP-Shunts in der Peritonealhöhle und dem zusätzlichen Durchkreuzen dieser Höhle aufgrund einer PEG-Anlage ist solch eine gemeinsame Platzierung gängige Praxis.

Ein bestehender VP-Shunt stellt prinzipiell keine absolute, sondern vielmehr eine relative Kontraindikation für eine PEG-Anlage dar (Itkin, et al. 2011). Aufgrund dessen ist man diesbezüglich sehr zurückhaltend aus Angst vor schwerwiegenden Infektionen.

Indikationen und Durchführung der Anlage eines zerebralen

Shunts

Gemäß der Internationalen Organisation für Normung (ISO – International Organization for Standardization) wird ein Shunt wie folgt beschrieben: „Ein Shunt ist definiert als eine künstliche Verbindung zwischen zwei Kompartimenten im Körper.“

Für die Behandlung des Hydrocephalus wurde anfänglich der ventrikuloatriale Shunt eingeführt, um den intraventrikulären Druck im Gehirn des Patienten zu kontrollieren. Heutzutage wird der ventrikuloperitoneale Shunt bevorzugt eingesetzt (ISO 7197) und ist mittlerweile das etablierte Mittel der Wahl beim Hydrocephalus (Bhasin, et al. 2007).

Beim unbehandelten Hydrocephalus kann der vermehrte Liquor zu einem Anstieg des intrakraniellen Drucks führen, was wiederum intrakranielle Blutungen, Zerebralödeme, Kompression von Hirngewebe oder Herniation hervorrufen kann (Hlatky, et al. 2003). Ein Shunt dient in solchen Fällen dazu, eine weitere Erhöhung des Hirndrucks zu vermeiden oder einen bereits bestehenden erhöhten Hirndruck zu senken und oben genannte Komplikationen/Folgeerscheinungen bei Patienten mit Hydrocephalus oder anderen damit zusammenhängenden Erkrankungen zu verhindern (Aoyama, et al. 2006).

Es gibt verschiedene Möglichkeiten der Liquorableitung. Genutzt werden können ventrikuloperitoneale Shunts, ventrikulopleurale Shunts oder ventrikuloatriale Shunts (Taylor, et al. 2001). Allen gemeinsam ist, dass das überschüssige Hirnwasser abgeleitet und anschließend an anderer Stelle resorbiert wird.

Tabelle 1 Übersicht der Indikationen für eine Shuntanlage, auf Grundlage verschiedener vorangegangener internationaler Studien (Khan, et al. 2015) (Stone, et al. 2013) (Wu, et al. 2007).

| Indikationen Shuntimplantation |
|--|
| Hydrocephalus (verschiedene Ursachen) <ul style="list-style-type: none"> - Normaldruckhydrocephalus - Kongenitaler Hydrocephalus - Spina bifida - Blutung - Infektion (Meningitis, Peritonitis) - Trauma - Dandy-Walker/Chiari-Malformation - Postoperativ - Arachnoidalzysten und Andere |
| Hirnblutungen <ul style="list-style-type: none"> - Auf Grund Frühgeburtlichkeit - Aneurysmablutung - Trauma - Intraventrikuläre Blutung - Stammganglienblutung - Arachnoidalblutung - Epiduralblutung - Subduralblutung |
| Tumore |
| Aqueductstenosen |

Das distale Ende eines Katheters kann prinzipiell überall dort platziert werden, wo genug Gewebe mit Epithelzellen vorhanden ist, welche den abgeleiteten Liquor absorbieren können. Benannt sind die jeweiligen Shunts nach ihrer Verlaufsrichtung. Eine Platzierung im Ventrikel und Ableitung in das Peritoneum entspricht einem Ventrikulo-peritonealen Shunt. Welche Art von Shunt angelegt und wo genau dieser lokalisiert wird, hängt vom Neurochirurgen und der zugrundeliegenden Erkrankung oder Blockade ab. In Tabelle 1 ist eine Übersicht der verschiedenen Indikationen für eine VP-Shuntanlage dargestellt.

Eine frühzeitige Diagnose eines eventuell erhöhten Hirndrucks und eine entsprechend zügige Behandlung können mögliche Folgeerkrankungen abwenden, bevor diese weitere irreversible Hirnschäden verursachen (Del Bigio 2004).

Das Ausmaß der Reversibilität der zellulären Schäden hängt von der Dauer des bestehenden erhöhten Hirndrucks ab (Jones, et al. 2000).

Insbesondere nach Schädel-Hirn-Traumata (SHT) können ein erhöhter Hirndruck und eine zerebrale Ischämie auftreten, die demnach im Rahmen des intensivstationären Aufenthaltes besonders überwacht und behandelt werden müssen (Hlatky, et al. 2003). Darüber hinaus wurde eine Hirndruckerhöhung bei mehr als 50 % der Patienten beschrieben, bei denen bereits eine operative Hämatomausräumung durchgeführt worden war. Diese postoperative Hirndruckerhöhung kann unter anderem durch diffuse Ödeme, zunehmende Vergrößerung und Schwellung fokaler Kontusionen, postoperative Hämatome auf der Operationsseite oder an anderer Stelle sowie verschiedene systemische Komplikationen bedingt sein (Miller, et al. 1977) (Gouello, et al. 2014) (Nirula, et al. 2014).

Es ist mittlerweile bekannt, dass ein Zusammenhang zwischen dem Grad der Hirndruckerhöhung und einem schlechten Outcome besteht.

Demnach haben 77 % der Patienten mit einem Hirndruck <15 mmHg ein günstigeres Outcome im Vergleich zu 43 % der Patienten mit einem Hirndruck von >15 mmHg. Bei Patienten im Alter von Eins bis 18 Jahren konnte nachgewiesen werden, dass das beste Outcome nach traumatischen Gehirnverletzungen erreicht werden konnte, wenn der initiale Hirndruck kleiner 20mmHg war (Marshall, et al. 1979)(Català-Temprano, et al. 2007).

Darüber hinaus steigt die Sterblichkeit von 18 % auf 92 % und die Häufigkeit eines günstigen Outcome sinkt von 74 % auf 3 %, wenn man Fälle mit normalen Hirndruck vergleicht mit Fällen, bei denen der Hirndruck nicht unter 20 mmHg gesenkt werden kann (Miller, Butterworth, et al. 1981).

Nicht in jedem Fall stehen die beschriebenen Hirndruckerhöhungen im Zusammenhang mit einem Hydrocephalus. Für viele der Patienten, bei denen ein Hydrocephalus damit einhergeht, stellt ein Shunt die lebensrettende Maßnahme dar. Aus diesem Grund und aus Mangel an effektiven Alternativen werden relativ hohe Komplikations- und Revisionsraten akzeptiert (Owler 2009).

Mögliche Komplikationen nach Shuntimplantation sind: Shuntinfektionen mit nachfolgender Peritonitis oder Meningitis, Shunt-Fehlfunktionen im Sinne von Dislokation, Obstruktion oder Überdrainage (Kim, et al. 2009).

Tabelle 2 Mögliche Komplikationen nach Ventrikuloperitonealer-Shunt-Anlage, erhoben in verschiedenen Studien. Hier exemplarisch die Ergebnisse aus zwei Studien dargestellt (Kim, et al. 2009) (Wu, et al. 2007).

| Komplikationen nach Shunt-Implantationen |
|---|
| Infektionen <ul style="list-style-type: none"> - Meningitis - Peritonitis |
| Obstruktion |
| Dislokation |
| Überdrainage |

Die auftretenden Symptome, verursacht durch eine Shuntfehlfunktion, gleichen den Symptomen eines Hydrocephalus. So kommt es oft zu Kopfschmerzen, Übelkeit, Erbrechen, Doppelbilder und verschiedene Stadien der Bewusstseinsintrübung. Als einer der besten Vorhersagewerte für Shuntfehlfunktion wurde das Auftreten von Trägheit beschrieben (Barnes, et al. 2002).

Ähnliche Symptome können auch bei Shuntinfektionen auftreten, häufig begleitet von hohem Fieber und erhöhten Infektionsparametern.

Die Infektionsrate im Rahmen aller neurochirurgischen Operationen beträgt 7 % (Blomstedt 1985). Dem gegenüber wird die Infektionsrate nach Shunt-Anlage in Studien mit 1,6-11 % angegeben. Eine detaillierte Aufstellung der Studien kann der Tabelle 3 entnommen werden.

Anfänglich wurden die meisten Studien zur Ermittlung des Infektionsrisikos an Kindern durchgeführt, erst im weiteren Verlauf wurde die Patientenklientel um Erwachsene erweitert.

Tabelle 3 Übersicht über die bislang dokumentierten Infektionsraten eines Ventrikuloperitonealen-Shunt.

| Studie | Infektionsraten in % | Patientenklintel |
|---------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Renier (Renier, et al. 1984) | 7,9 | Kinder |
| Odio (Odio, et al. 1984) | 11,0 | Kinder |
| Kontny (Kontny, et al. 1993) | 8,0 | Kinder und Erwachsene |
| Dallacasa (Dallacasa, et al. 1995) | 7,8 | Kinder |
| Borgbjerg (Borgbjerg, et al. 1995) | 7,4 | Kinder und Erwachsene |
| Davis (Davis, et al. 1999) | 3,2 | Kinder und Erwachsene |
| Kulkarni (Kulkarni, et al. 2001) | 10,4 | Kinder |
| McGirt (McGirt, Zaas, et al. 2003) | 11,0 | Kinder |
| Wang (Wang, et al. 2004) | 2,1 | Kinder und Erwachsene |
| Tuli (Tuli, et al. 2004) | 10,9 | Kinder |
| McClelland (McClelland und Hall 2007) | 1,6 | Kinder und Erwachsene |
| Mauer (Mauer, et al. 2008) | 2,2 | Kinder |
| Korinek (Korinek, et al. 2011) | 6,1 | Erwachsene |
| Simon (Simon, et al. 2014) | 11,066 | Kinder |
| Khan (Khan, et al. 2015) | 3,5 | Erwachsene |

Renier ermittelte 1984 eine Infektionsrate von 7,9 % nach Shuntimplantation bei Kindern (Renier, et al. 1984).

In einer im Zeitraum von 1985-1994 an 1193 Patienten durchgeführten Studie konnte ein Infektionsrisiko nach VP-Shunt Implantation von 3,2 % ermittelt werden. Bei dieser Studie wurde insbesondere darauf geachtet, ob das Patientenalter ein erhöhtes

Risiko darstellt. Es konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Kinder unter einem Monat hatten demnach ein vergleichbares Risiko wie ältere Kinder und Patienten (Davis, et al. 1999).

Dahingegen wurde bei einer in Italien durchgeführten Studie im Zeitraum 1981-1992 ein Infektionsrisiko von 7,8 % ermittelt. Dabei schien das Patientenalter durchaus eine Rolle zu spielen, denn Kinder unter sechs Monaten wiesen in dieser Studie ein höheres Infektionsrisiko auf (Dallacasa, et al. 1995).

Mehrere Studien kamen zu den gleichen Ergebnissen und ermittelten ebenfalls das Patientenalter als eines der Risikofaktoren (Mancao, et al. 1998) (Pople, et al. 1992).

Mauer und Kollegen untersuchten den Einfluss der Operationsmethode auf das sich ergebende Infektionsrisiko. Sie implementierten an ihrer Klinik auf Grund von Personalmangel eine Methode der Shuntanlage, in der der Operateur alleine agiert, ohne Assistenz durch eine OP-Pflegekraft. Sie ermittelten ein Infektionsrisiko von 2,2 % und schlussfolgerten, dass auch bei Hochrisikopatienten, wie zum Beispiel Neugeborene und Kinder bis sechs Monaten, standardisierte neurochirurgische Verfahren durchgeführt werden können, ohne zu einem Anstieg der Operationsdauer oder Rate der Komplikationen zu führen (Mauer, et al. 2008).

Ein Infektionsrisiko von 11 % wurde bereits 1984 durch *Odio et al.* publiziert (Odio, et al. 1984).

Ein Infektionsrisiko von 11% ermittelte später auch *McGirt et al.* in seiner 2003 veröffentlichten Studie. Er identifizierte dabei die folgenden Risikofaktoren als Ursache für den Hydrocephalus: Frühgeborene Kinder, bereits vorhergehende Shunts und intraventrikuläre Blutungen (McGirt, Zaas, et al. 2003).

Außerdem scheint die Ätiologie des Hydrocephalus ebenfalls einen Einfluss auf das sich ergebende Infektionsrisiko zu haben (Serlo, et al. 1990) (Ammirati und Raimondi 1987).

Borgbjerg hingegen veröffentlichte 1995 eine Studie, in welcher er eine Infektionsrate von 7,4 % beschreibt. Laut seinen Erkenntnissen sind die Infektionsraten in den letzten Dekaden nicht gesunken und eindeutige Risikofaktoren konnten seinen Erkenntnissen nach ebenfalls nicht detektiert werden (Borgbjerg, et al. 1995).

Die dennoch publizierte Erkenntnis, nämlich dass vor allem Neugeborene und Kinder ein erhöhtes Infektionsrisiko aufweisen, wurde damit begründet, dass diese noch keine ausreichende Immunabwehr gegenüber verschiedensten Keimen entwickelt haben (Enger, et al. 2003) (Renier, et al. 1984) (Bruinsma, et al. 2000) (McGirt, Zaas, et al. 2003) (Simon, et al. 2012) (Vinchon und Dhellemmes 2006).

In Ergänzung der oben genannten älteren Studien finden sich in der neueren Literatur folgende Erkenntnisse:

Khan et al. veröffentlichte 2015 eine Studie mit Ergebnissen aus Untersuchungen im Zeitraum von 2001-2011, welche ausschließlich an erwachsenen Patienten durchgeführt wurden. Er ermittelte ein Infektionsrisiko von gerade mal 3,5 % und eine Rate an Shuntfehlfunktionen von 15,4 %.

Er kam zu der Erkenntnis, dass die Infektionsraten mittlerweile zwar sinkend, aber immer noch beachtlich sind (Khan, et al. 2015).

Die Revisionsrate eines VP-Shunts binnen eines Jahres wird in der pädiatrischen Population mit bis zu 30 – 40 % angegeben (Piatt und Carlson 1993) (McGirt, Zaas, et al. 2003), (Stein und Guo 2008), innerhalb von zwei Jahren mit 40 – 50 % (Drake, et al. 1998). Insgesamt liegt die Revisionsrate nach Shuntanlage innerhalb von 15 Jahren bei bis zu 85 % (Borgbjerg, Gjerris, et al. 1995) (Sells, et al. 1977) (Farahmand, et al. 2009) (Sainte-Rose, et al. 1991) (Khan, et al. 2015) (Reddy, et al. 2011) (Stone, et al. 2013).

Bei 5 – 28,2 % aller implantierten Shunts ist aufgrund einer Infektion eine Revision notwendig (Piatt und Carlson 1993) (McGirt, et al. 2002) (Renier, et al. 1984) (Kontny, et al. 1993) (Farahmand, et al. 2009) (Stone, et al. 2013).

Die Risikofaktoren betreffend herrscht Uneinigkeit. Verschiedene Studien haben jeweils verschiedene Risikofaktoren ermittelt. Untersucht wurden dabei das Patientenalter, die Anzahl der Revisionen, die zu Grunde liegende Ursache für die Shuntanlage, die Operationsdauer, Vorhandensein einer PEG und andere mögliche Faktoren (McGirt, Zaas, et al. 2003) (Farahmand, et al. 2009) (Reddy, Bollam und Caldito, et al. 2014) (Tuli, Drake, et al. 2000) (Simon, et al. 2014).

Betrachtet man die in der Tabelle 3 aufgeführten Ergebnisse, so ist insgesamt kein eindeutiger Rückgang der Infektionsraten zu erkennen. Viel eher kann festgestellt werden, dass die Zahlen stabil und nicht steigend sind.

Dies kann unter Umständen auch an den Ergebnissen zahlreicher Studien liegen, die einen positiven Nutzen in der Antibiotikagabe im Rahmen der Shuntanlage sehen und dementsprechende Empfehlungen aussprechen (Langley, et al. 1993) (Walters, et al. 1992) (Blomstedt 1985) (Lee, et al. 2012) (Klimo Jr, et al. 2014).

Im Folgenden wird beispielhaft die Anlage eines VP-Shuntes beschrieben. Grundlage für die Beschreibung des operativen Verlaufs waren die vorliegenden OP-Protokolle. Durchgeführt wurde in allen Fällen eine Tunnelung von kranial nach kaudal:

Patient in Allgemeinnarkose befindet sich in Rückenlage. Drehung des Kopfes zur Seite bzw. Positionierung dessen in einer Kopfschale, anschließend Rasur der Kopfhaut und desinfizierendes Abwaschen von Kopf, Hals, Thorax und Umbilicalregion mit darauf folgendem sterilem Abdecken.

Vor dem ersten Schnitt Zusammensetzen des Shuntsystems und Anbringen von Sicherungsknoten mit Seide.

Es erfolgte primär ein bogenförmiger Hautschnitt, meist frontoparietal oder anders gesagt, parasagittal rechts kurz vor der Sutura coronaris. Bei Säuglingen häufig entlang des Vorderrandes der großen Fontanelle im Bereich der Mediopupillarlinie.

Nach erneuter Desinfektion der Hautränder dann Inzision der Dura und Koagulation der Zipfel sowie der Kortexoberfläche.

Untertunneln der Haut nach parietooccipital, wo ein Zwischenschnitt angelegt und das kurze Tunnelinstrument ausgeleitet wird. Von dort aus weitere Untertunnelung nach retroaurikulär, dort erneuter Entlastungsschnitt und Ausleiten des Tunnelinstrumentes.

Im nächsten Schritt vom primären Hautschnitt ausgehende Untertunnelung der Haut mittels Präparierschere und Durchzugshilfe nach zervikal, thorakal und abdominal bis kurz oberhalb des Bauchnabels. Dort Anlegen einer Querinzision und Ausleiten der Durchzugshilfe und über diese Durchzugshilfe Ausleiten des Peritonealkatheters. Der freiliegende Teil des Katheters wird steril bedeckt, um eine Kontamination zu vermeiden.

Nun wieder im Bereich des Kopfes Vorschieben der Durchzugshilfe nach retroaurikulär und Durchzug der Katheterkomponenten vom frontalen Schnitt nach parietooccipital und weiter nach retroaurikulär.

Darstellung der Dura und Abschieben dieser, gefolgt von einem Einkerbten des Knochens mit der Stanze. Koagulation der Arachnoidea und der Hirnoberfläche. Anschließende stumpfe Punktion des Vorderhorn des Seitenventrikels und Einführen des Ventrikelkatheters und anschließen eines Winkelkonnektors an das liegende System.

Die Wahl der Druckstufe liegt beim jeweiligen Operateur. Zurück zum peritonealen Anteil des Shunts. Es folgt die Präparation der Bauchwandmuskulatur und das Auseinanderdrängen der Muskelfasern, Darstellen des hinteren Blattes der Rektusscheide und Anheben des M. rectus abdominis mit anschließender Punktion des Peritoneums mittels Throkar. Nach dem Spülen mit Nebacetinlösung Einführen des distalen Peritonealkatheterendes in die Bauchhöhle unter Sicht.

Spülen aller Wunden mit Nebacetin und anschließender schichtweiser Wundverschluss. Abschließende Desinfektion der Hautränder und Anlegen von sterilen Verbänden.

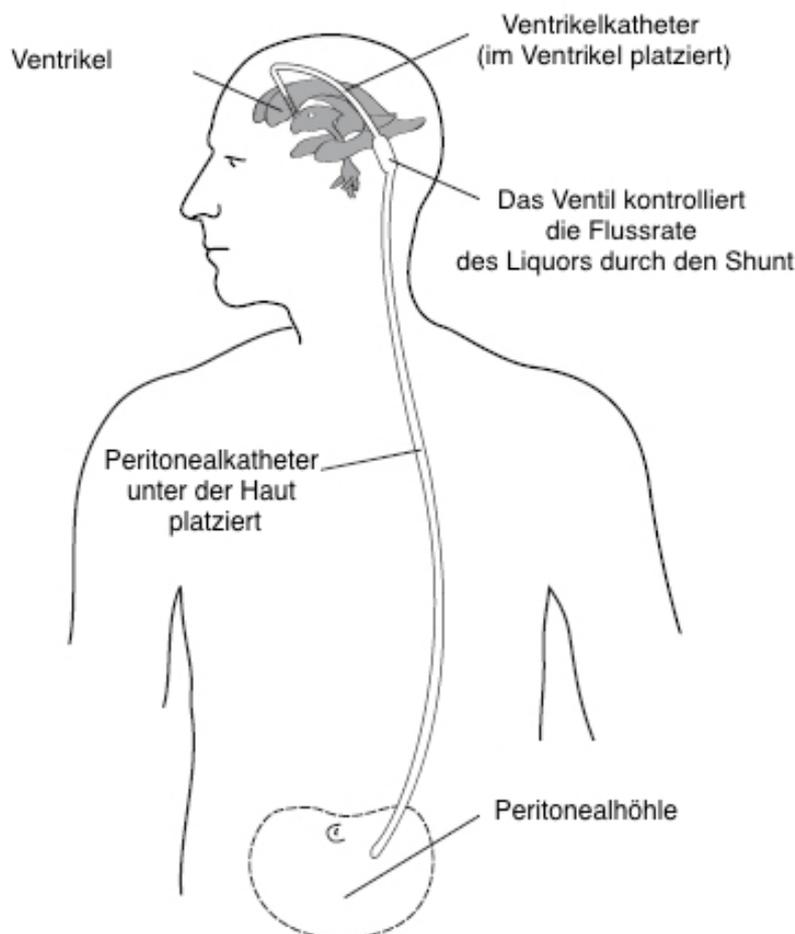


Abbildung 1 Bildhafte Darstellung eines Ventrikulo-peritonealen Shunts beim Erwachsenen ©D. Sinclair, Abdruck mit freundlicher Genehmigung von Dr. David Sinclair (Miller und Steinmetz 2002).

Erläuterungen des Krankheitsbildes Hydrocephalus

Der Hydrocephalus ist das häufigste neurochirurgische Krankheitsbild bei Kindern mit einer Inzidenz von 1:2000 Geburten (Drake und Iantosca 2001).

Die Inzidenz des symptomatischen posttraumatischen Hydrocephalus reicht von 0,7–29 %. Betrachtet man jedoch die computertomographischen Kriterien wie zum Beispiel Ventrikulomegalie, wird die Inzidenz mit 30 – 86 % beschrieben. Diese großen Diskrepanzen der einzelnen Ergebnisse liegen an der Uneinheitlichkeit bzgl. der diagnostischen Kriterien (Guyot und Michael 2000).

Das Krankheitsbild des Hydrocephalus hat einen schädlichen Effekt auf das Gehirn und hängt in seiner Ausprägung von der Größe und der Dauer des Bestehens des Hydrocephalus ab (Del Bigio 2004) (Jones, et al. 2000).

Allgemein lässt sich sagen, dass die Prognose des Hydrocephalus mehr von der Ursache abhängt als von der Ventrikulomegalie selbst. Das heißt, das Ausmaß der Ventrikelgrößenzunahme ist nicht ausschlaggebend für die Prognose des Hydrocephalus.

Die unterschiedlichen Ursachen für das Auftreten eines Hydrocephalus wurden bereits in Tabelle 1 dargestellt.

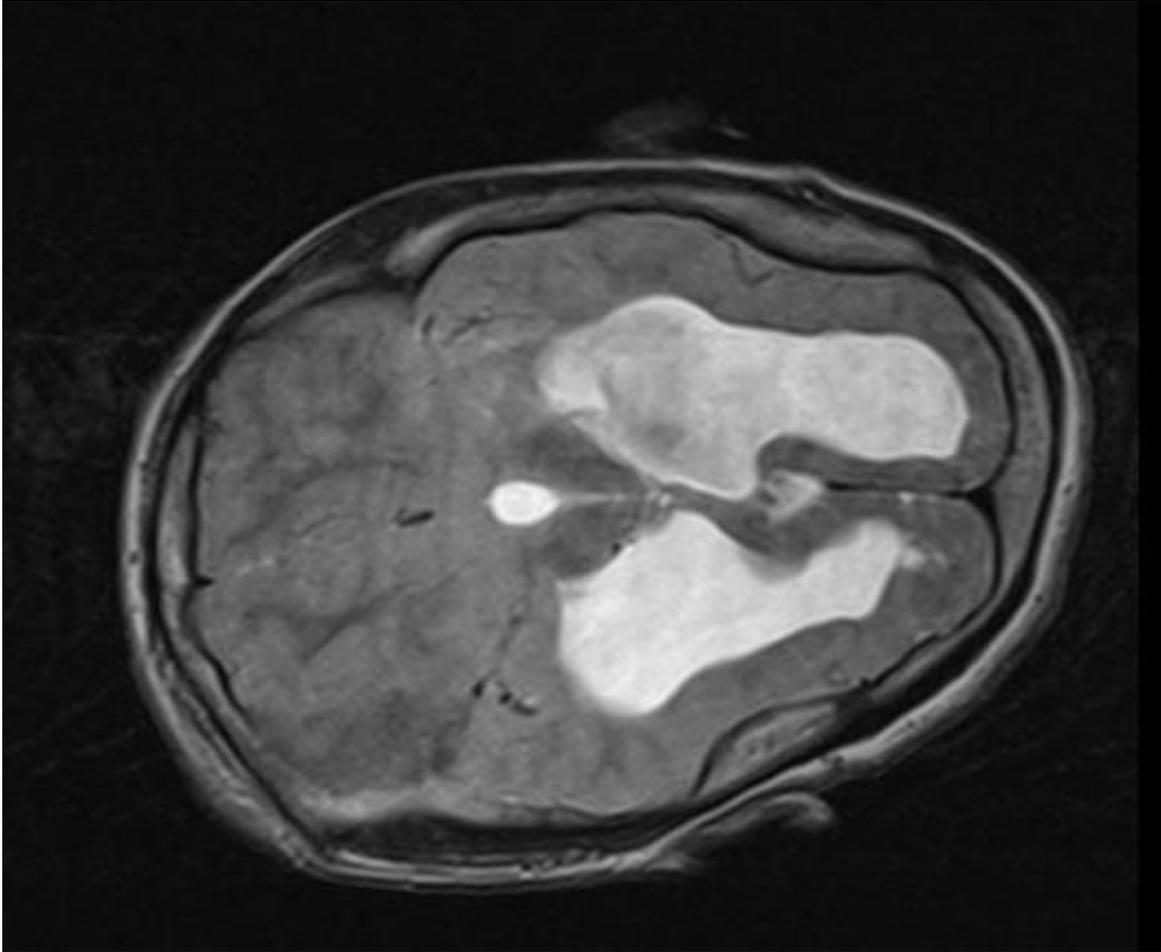


Abbildung 2 Magnetresonanztomographie-Darstellung eines Hydrozephalus bei einem Kind, 10 Jahre alt. Es sind deutlich erweiterte Liquorräume erkennbar (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, Radiologie, 2010).

Seit man sich darüber im Klaren ist, dass der Hydrozephalus nicht einfach nur eine Krankheit ist, sondern vielmehr das pathophysiologische Resultat einer Störung des Liquorflusses aufgrund einer Vielzahl von Ursachen, herrscht Uneinigkeit bzgl. der Klassifikation und Einteilung des Hydrozephalus.

Bis heute existiert keine einheitliche Einteilung des Hydrozephalus. Vielmehr gibt es eine Vielzahl an Kategorien, in welche eingeteilt werden kann, ebenso existieren zahlreiche Kriterien und Begriffe zur Definition und Einteilung.

Es wäre allerdings von großem Vorteil, eine einheitliche Einteilung zu erlangen, um durchgeführte Studien und vorhandene Ergebnisse adäquat miteinander vergleichen zu können und die richtigen Schlussfolgerungen daraus zu ziehen.

Wie bereits erwähnt, ist der Hydrozephalus kein einheitlicher Zustand. Vielmehr ist er das Resultat einer Vielzahl von Pathologien in einem gut abgestimmten System.

Eine bisher oft genutzte Klassifikation des Hydrocephalus war die Unterscheidung in kommunizierenden vs. obstruktiven Hydrocephalus, die über den beschreibenden Aspekt hinaus auch noch die Alternativen der Behandlung beinhaltet. Shunt-Operationen werden demnach häufig für die kommunizierenden Hydrocephali angewendet, wohingegen bei obstruktiven Hydrocephali, wie z.B. bei bestehender Aqueductstenose, endoskopische Prozeduren im Sinne von Ventrikulostomien ebenso möglich sind (Goumnerova und Frim 1997) (Hopf, et al. 1999).

Oi und DiRocco versuchten sich an einer Definition des Hydrocephalus, dabei unterschieden sie verschiedene Subtypen des fetalen Hydrocephalus im Hinblick auf die Mechanismen der Obstruktion des Liquorflusses. Diese Definition beinhaltete die primären und einfachen Hydrocephali mit einem einzelnen Punkt der Obstruktion genauso wie angeborene Hydrocephali in Folge von komplexen Abnormitäten des zentralen Nervensystems (ZNS) wie zum Beispiel Chiari Anomalien, aber auch sekundäre Hydrocephali nach Tumor oder Blutung (Oi und Di Rocco 2006).

Beni-Adani unterschied bzgl. der Einteilung des Hydrocephalus zwischen Kindern/Jugendlichen und Erwachsenen. Begründung dafür war die Verschiedenheit der Ursachen und die daraus resultierende Differenz bzgl. der Prognose und Behandlung (Beni-Adani, et al. 2006).

2008 beschrieb *Herold L. Rekate* den Hydrocephalus wie folgt:

Ein Hydrocephalus ist eine wirksame Überdehnung des Ventrikelsystems des Gehirns, resultierend aus einer inadäquaten Passage von Liquor vom Ort der Bildung im Inneren der Ventrikel bis zum Ort der Absorption in die systemische Zirkulation (Rekate 2008).

Diese Definition beschreibt einen aktiven Zustand und schließt somit Zustände wie Gehirnatrophie und Hydrocephalus ex vacuo aus. Außerdem werden mit seiner Definition Befunde eines Pseudotumores cerebri ausgeschlossen.

Allen Definitionen zu Grunde liegt jedoch die Erkenntnis, dass ein Missverhältnis zwischen der Liquorproduktion und Absorption vorliegt. Es kann eine Abfluss- oder Resorptionsstörung vorliegen.

Herold L. Rekate schlussfolgerte in einer weiteren Studie, dass, damit sich die Ventrikel vergrößern können, in einem geschlossenem Raum wie der Schädelhöhle, sich das Volumen der anderen Kompartimente mit Flüssigkeit oder Gehirnvolumen verringern muss, um diese Veränderung zu kompensieren (Rekate 2009).

Diese Erkenntnis wurde allerdings schon viele Jahre zuvor 1973 von *Prof. Marmarou* implementiert, der mit der Entwicklung der Gleichung bzgl. der Liquordynamik einen Meilenstein in der neurologischen Wissenschaft legte. In seiner Gleichung berücksichtigt er alle vier Komponenten der Liquordynamik, nämlich die Produktion, Zirkulation, Absorption und Aufbewahrung. Seitdem können der Hydrocephalus und andere Störungen der Liquorzirkulation anhand verschiedener Parameter besser charakterisiert werden (Marmarou, et al. 1978) (Czosnyka, et al. 2012).

Mit Hilfe der bildgebenden Verfahren Computertomographie (CT) und Magnet-Resonanz-Tomographie (MRT) kann der Ursprung der Obstruktion im Ventrikelsystem lokalisiert werden. Anhand der gewonnenen Ergebnisse ergibt sich die in Tabelle 4 aufgeführte Einteilung.

Tabelle 4 Einteilung des Hydrocephalus nach Lokalisation der Obstruktion, gemäß Erläuterungen in der Arbeit von *Rekate* (Rekate 2008).

| Lokalisation der Obstruktion | Pathologie |
|-------------------------------------|--|
| Keine | Plexus Papillom |
| Foramen Monroi | Tumor, kongenitale Anomalie, Postshunt ventrikuläre Anomalie |
| Aqueductus mesencephalie | Kongenitale Läsion, Tumor, in Folge extraventrikulärer Obstruktion |
| Abflussstellen des 4. Ventrikels | Chronische Meningitis, Chiari-Malformation Typ II, Überdrainage |
| Cisterna basalis | Meningitis, post subarachnoidaler Blutung |
| Arachnoidale Granulationen | Blutung oder Infektionen im Kindesalter |
| Venöser Abfluss | Anomalien im Bereich der Schädelbasis, angeborene Herzfehler |

Eine in Deutschland übliche und auch für die Verschlüsselung von Diagnosen mittels ICD-10 verwendete Einteilung, ist die Unterteilung in angeborener Hydrocephalus, Zervikale Spina bifida mit Hydrocephalus, erworbener Hydrocephalus, Hydrocephalus communicans, Normaldruckhydrocephalus (NPH), Hydrocephalus occlusus (z.B. durch Tumore) und posttraumatischer Hydrocephalus. Zu den erworbenen Formen zählen unter anderem auch der posthämorrhagische, sowie der postinfektiöse Hydrocephalus.

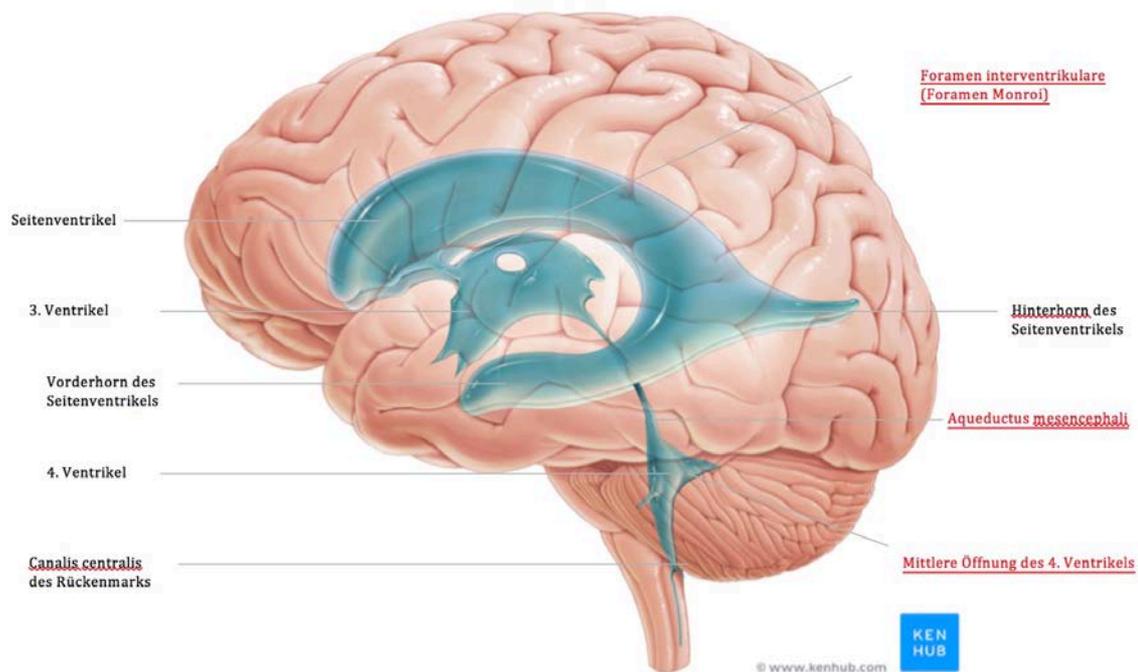


Abbildung 3 Bildhafte Darstellung des Ventrikelsystem (rot beschriftet sind mögliche Engstellen als Ursachen für einen Hydrocephalus) ©KENHUB www.kenhub.com (Kim 2015).

Symptome eines Hydrocephalus sind: Kopfschmerzen, Nackenschmerzen, Übelkeit, Erbrechen, Nachlassen der geistigen Fähigkeiten, verschwommen Sehen, Doppelbilder, Gangunsicherheiten, Schläfrigkeit.

Bei Kindern kann außerdem ein Minderwuchs auftreten und geschlechtliche Reife, bedingt durch eine Dilatation des 3. Ventrikels.

Erwachsene klagen oft über Übelkeit, welche jedoch nicht durch Kopfbewegung verschlechtert bzw. ausgelöst wird.

Der Normaldruckhydrocephalus fällt häufig frühzeitig durch Gangstörungen auf, welche meist über einen langen Zeitraum vor Diagnosestellung ohne weitere Symptome existent sein können. Darüber hinaus bestehen Demenz, Harninkontinenz, Persönlichkeitsveränderungen und Parkinson. Kopfschmerzen sind hierbei eher selten, ebenso wie Krampfanfälle.

Im Rahmen von körperlichen Untersuchungen können bei Kindern folgende Phänomene auftreten: Vergrößerung des Kopfumfanges, Klaffen der Schädelnähte, erweiterte Schädelvenen, eine gespannte Fontanelle oder das sogenannte Setting-Sun Zeichen (abwärts gerichtete Pupillen und Augäpfel, zurückgezogenes Oberlid, sichtbare Skleren oberhalb der Iris). Zusätzlich zum Sonnenuntergangsphänomen kann bei Kleinkindern als Zeichen einer Hirndruckerhöhung das sog. Parinaud-

Syndrom in Erscheinung treten. Dieses Syndrom, welches auch als dorsales Mittelhirnsyndrom bezeichnet wird, ist gekennzeichnet durch das Auftreten einer vertikalen Blicklähmung und weiterer neurologischer Symptome wie Nystagmus, Dissoziation der Pupillenreaktion und Akkommodation sowie einem Fehlen der Konvergenzreaktion der Augen (Goldenberg-Cohen, et al. 2010) (Rabadi 2013).

Diese Ausfälle werden evoziert durch eine Schädigung der Hirnnervenkerne im Bereich des Mittelhirns. Bedingt durch die vertikale Blicklähmung ist das betroffene Auge nicht in der Lage, Folge- und Kommandobewegungen nach oben durchzuführen. Die Augenbewegung nach unten ist dahingegen oft erhalten.

Bei den etwas größeren Kindern und den Erwachsenen kann man ein Papillenödem beobachten sowie eine Störung des aufwärts gerichteten Blickes, wackeligen Gang, großen Kopf und ein- oder beidseitige Parese des VI. Hirnnervens (Nelson 2014).

Die Diagnosestellung erfolgt mittels Bildgebung. Dabei stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung. Mittels CT kann eine Erweiterung der Ventrikel erkannt und die Größe ausgemessen werden. Außerdem können weitere relevante Strukturen detektiert werden. Mit Hilfe des MRT erfolgt die Abschätzung von zum Beispiel vorhandenen Chiari-Malformationen, ebenso wie die Darstellung von zerebralen oder periaqueductalen Tumoren. Bei Neugeborenen und Kleinkindern wird sehr gerne Ultraschall angewendet, weil bei ihnen noch die Möglichkeit besteht, durch die vordere Fontanelle hindurch subependymale und intraventrikuläre Blutungen zu diagnostizieren.

Mittels Röntgen des Schädelknochens können Erosionen im Bereich der Sella turcica dargestellt werden oder Veränderungen am Knochen im Sinne „beaten copper Cranium“ erkannt werden.

Darüber hinaus stehen weitere speziellere Diagnostikverfahren zur Verfügung.

Zur Ausmessung des Liquor-Flussvolumens im zerebralen Aqueduct kommt das Cine-MRT zur Anwendung. Damit können dynamische Abläufe, wie der Liquorfluss dargestellt und gemessen werden. Durch Diffusions-Tender Bildgebung können Unterschiede in der fraktionierten Anisotropie und Diffusionsfähigkeit des die Ventrikel umgebenden zerebralen Gewebes erkannt werden.

Zur Abschätzung der Prognose des NPH in Bezug auf die Anlage eines Shunts wurde früher vermehrt die Radionukleotid-Zysternographie angewendet. Auf Grund der geringen Sensitivität ist diese mittlerweile jedoch nicht mehr üblich (Nelson 2014).

Die bei Frühgeborenen auftretenden Hirnblutungen und damit auch Indikation für die Anlage eines VP-Shuntes werden auch noch heute gemäß folgender Tabelle klassifiziert:

Tabelle 5 Tabellarische Darstellung der Klassifikation einer Hirnblutung bei Frühgeborenen (Papile, et al. 1978).

| Gradeinteilung | Beschreibung |
|-----------------------|--|
| Grad I | Blutungen sind subependymale Blutungen |
| Grad II | Blutungen sind Ventrikeleinbruchsblutungen ohne Ventrikelerweiterung |
| Grad III | Blutungen sind Ventrikeleinbruchsblutungen mit Ventrikelerweiterung |
| Grad IV | Blutungen sind Ventrikeleinbruchsblutungen mit Blutungen ins Hirnparenchym |

Indikationen für die Implantation einer perkutanen endoskopischen Gastrostomie (PEG) und Durchführung dieser Methode

Patienten, die auf Grund verschiedener Erkrankungen ihre Schluckfähigkeit verloren haben oder bei denen aus sonstigen Gründen die langfristige Nahrungsaufnahme und Zufuhr beeinträchtigt sind, müssen dennoch adäquat mit Nährstoffen versorgt werden. Verfügen sie über ein funktionierendes Magen-Darm-System, so kann bei diesen Patienten als bevorzugtes Mittel zur Sicherstellung der langfristigen Nahrungszufuhr eine Perkutane endoskopische Gastrostomie durchgeführt werden (Rahnemai-Azar, et al. 2014).

Die enterale Ernährung ist allgemein die bevorzugte Methode gegenüber der parenteralen Ernährung bei Patienten mit funktionierendem Magen-Darm-Trakt. Gründe hierfür sind insbesondere das assoziierte Infektionsrisiko bei der intravenösen Ernährung, die höheren Kosten und die fehlende enterale Stimulation im Rahmen der parenteralen Nahrungszufuhr. Letzteres kann die Stabilität der Magen-Darm-Barriere deutlich gefährden (Yang, et al. 2009) (Deitch, et al. 1987).

Zurzeit ist die PEG die Methode der Wahl für die Sicherstellung der mittel- und langfristigen Ernährung.

Die außerdem sonst übliche nasogastrale Sonde hat den Nachteil, dass Irritationen im Nasen-Rachen-Raum auftreten können, es zu häufigen Dislokationen kommt und sie insbesondere bei ambulanten Patienten oft als kosmetisch störend empfunden wird. Als Alternative steht diesen Patienten die PEG zur Verfügung.

Überdies ist die nasogastrale Ernährung im Allgemeinen vorgesehen für die kurzfristige Sicherstellung der Ernährung (<30Tage) bei Patienten mit intakten Atemschutzreflexen.

Verglichen mit der PEG-Anlage birgt die Anlage einer nasogastralen Sonde mehr Komplikationen (Irritationen, Ulzerationen, Blutung, ösophagealer Reflux und Aspirationspneumonie) und eine geringere Ernährungseffizienz (Rahnemai-Azar, et al. 2014). Die Anlage einer perkutanen endoskopischen Gastrostomie bietet eine einfache und effektive Maßnahme zur Sicherung eines enteralen Zugangs für Patienten, welche aus gesundheitlichen Gründen langfristig einer enteralen Ernährung zugeführt werden müssen. Die Gründe für die Notwendigkeit einer längerfristigen Ernährung

sind verschieden (Tabelle 6). Eine der häufigsten Indikationen für die Anlage einer PEG ist eine neurologische Schluckstörung. So treten zum Beispiel nach stattgehabten Apoplex Schluckstörungen bei bis zu 45% der Patienten auf (Gordon, et al. 1987). Bei herabgesetztem Bewusstseinslevel in Folge von Traumata und damit Verlust der Schluckfähigkeit sollte die Indikation der PEG-Anlage ebenfalls geprüft werden, insofern die Patienten sich nicht innerhalb von 14 Tagen wieder erholen (Akkersdijk, et al. 1998). Im Rahmen von Tumorerkrankungen kann die Anlage einer PEG aus prophylaktischen, aber auch aus therapeutischen Gründen erfolgen.

Tabelle 6 Übersicht der Indikationen für eine Perkutane endoskopische Gastrostomie-(PEG)-Implantation auf Grundlage verschiedener Studien. Hier exemplarisch die Ergebnisse aus zwei Studien dargestellt (Rahnamai-Azar, et al. 2014) (Keymling M, 1987).

| Indikationen zur PEG-Anlage |
|---|
| <p>Neurologische Erkrankungen und psychomotorische Retardierung (häufig einhergehend mit Schluckstörungen)</p> <ul style="list-style-type: none"> - zerebrovaskuläre Erkrankungen - Motoneuronerkrankungen (z. Bsp. Amyotrophe Lateralsklerose) - Multiple Sklerose - Parkinson - Zerebralparese - Demenz - Psychomotorische Retardierung |
| <p>Bewusstseinsstörungen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Schädel-Hirn-Trauma - Intensiv-Patienten - Langanhaltendes Koma |
| <p>Krebserkrankungen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tumore im Hals-Nasen-Ohren Bereich - Tumorkachexie |
| <p>Sonstiges</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verbrennungen - Kongenitale Anomalien - Fisteln - Zystische Fibrose - Kurzdarmsyndrom - Gesichts-Operationen - Polytraumatisierte Patienten - Chronische Nierendefekte - HIV / AIDS |
| <p>Gastrale Dekompression</p> |
| <p>Maligne abdominelle Erkrankungen</p> |

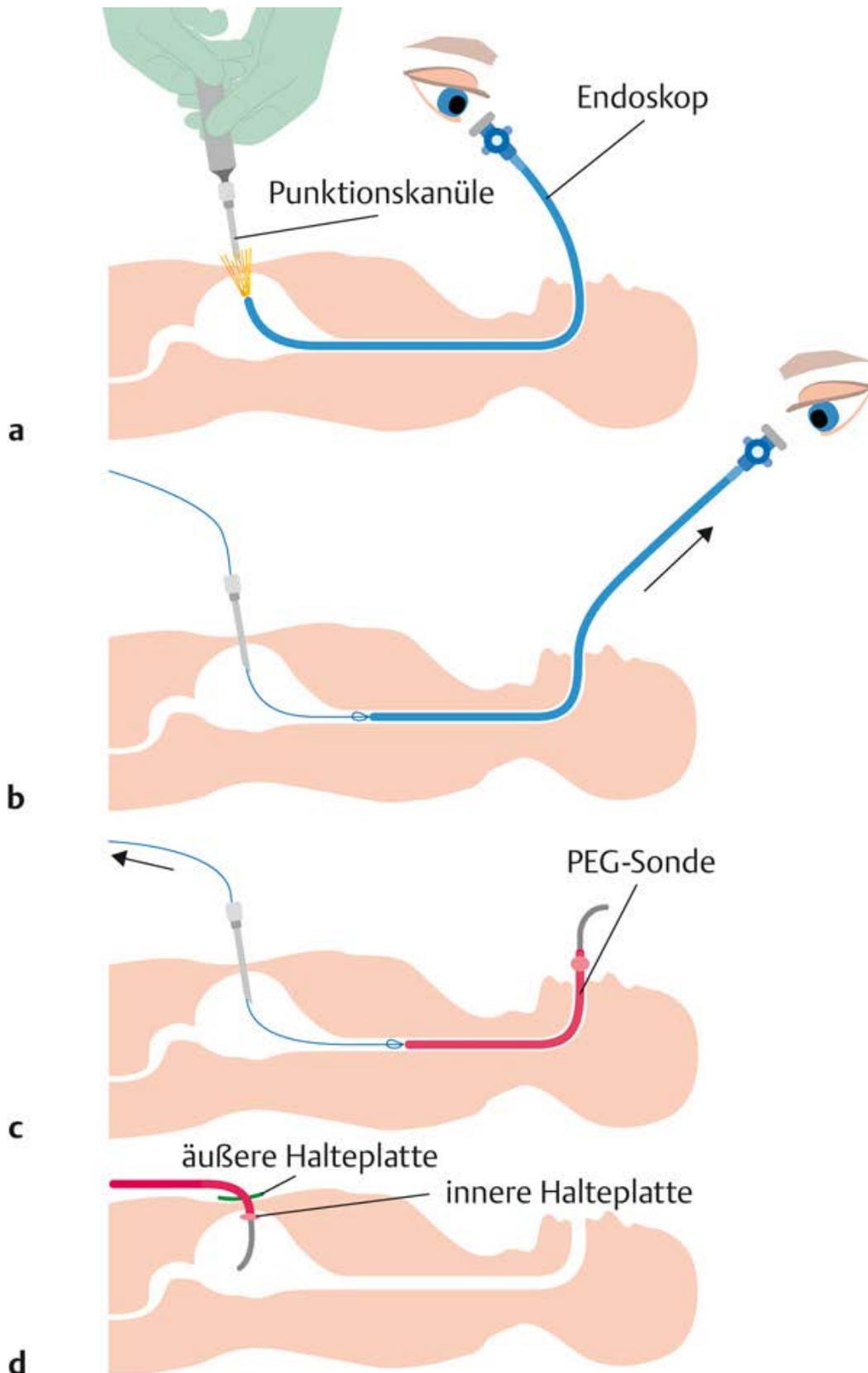
Natürlich gibt es jedoch auch Krankheitsbilder, die gegen eine PEG-Anlage sprechen (Tabelle 7).

Tabelle 7 Übersicht möglicher Kontraindikationen für eine Perkutane endoskopische Gastrostomie-(PEG)-Anlage gemäß verschiedener Studienergebnisse. Hier exemplarisch die Ergebnisse von drei Studien dargestellt (Rahnemai-Azar, et al. 2014) (Schrag, et al. 2007) (Stute, et al. 2010).

| Kontraindikationen PEG-Anlage (absolute und relative) |
|--|
| Peritoneale Dialyse |
| Pharyngeale und Ösophageale Obstruktionen |
| Magenausgangsstenosen |
| Portale Hypertension mit gastralen Varizen |
| Gerinnungsstörungen (INR < 1,5; PTT >50s) |
| Hämodynamische Instabilität |
| Sepsis |
| Aszites |
| Peritonitis |
| Abdominelle Wandinfektion insbesondere im Bereich der Anlagestelle |
| Ausgeprägte peritoneale Karzinose |
| Hepato- oder Splenomegalie |
| Fehlende Diaphonoskopie |
| Ventrikuloperitonealer Shunt |
| Z.n. totaler Gastrektomie |
| Gastroparesis |
| Lebenserwartung < vier Wochen |
| Fehlende Einsicht und Einverständnis des Patienten |

Nach erfolgter PEG-Anlage sollte eine regelmäßige Überprüfung der Patienten stattfinden, um ggf. bei Wiedererlangen der Schluckfähigkeit die PEG wieder zu entfernen. Dies ist prinzipiell jederzeit möglich.

Die Methode der PEG-Anlage wurde 1980 erstmals beschrieben (Gauderer, et al. 1980). Dieses Vorgehen ist mittlerweile gut etabliert und durch eine einfache Anlagetechnik und relative Komplikationsarmut gekennzeichnet (Keymling M., et al. 1985).



Georg Thieme Verlag, Stuttgart · New York
I care Pflege · 2015

Abbildung 4 Bildhafte Darstellung der Durchführung einer Percutanen endoskopischen Gastrostomie (PEG)-Anlage, „Pull Technik“ ©Thieme, „I care Pflege“ [E-Book], Abb. 25.04, 2015.

Die Standardmethode zur Anlage einer PEG ist die bereits von *Ponsky* und *Gauderer* (Gauderer, et al. 1980) (Ponsky und Gauderer 1981) beschriebene „Pull“-Technik.

Nach vorheriger Antibiotikagabe, Vorbereitung des Abdomens und Sedierung des Patienten erfolgt die PEG-Anlage. Dabei wird im Rahmen einer Gastroskopie in Rückenlage in einem entsprechend abgedunkelten Raum eine Diaphonoskopie hergestellt. An dem durch die Bauchdecke sichtbaren Lichtpunkt wird von außen der Finger aufgesetzt und durch die Bauchdecke palpirt, so dass nun mit dem Gastroskop eine Vorwölbung der Magenschleimhaut sichtbar wird. An der detektierten und von größeren Gefäßen freien Stelle wird eine Lokalanästhesie aller Schichten vorgenommen, dabei wird mit der Nadel soweit durch alle Bauchschichten vorgedrungen, bis diese im Magenlumen sichtbar wird. Nachfolgend wird die Bauchdecke einschließlich Faszie eingeschnitten und eine Punktionsnadel eingeführt, durch welche dann ein Führungsfaden in den Magen geschoben wird. Der Faden wird mit Hilfe einer Biopsiezange erfasst. Gastroskop und Faden werden anschließend aus dem Mund des Patienten herausgezogen.

An dem aus dem Mund ragenden Ende wird ein Führungskegel auf den Faden gezogen und anschließend der Gastrostomiekatheter, welcher mit einer Halteplatte versehen ist, festgeknotet. Dieses Konstrukt wird durch Zug am extraabdominellen Ende des Fadens zurück in den Magen und von dort durch die Magen- und Bauchwand gezogen. Es wird soweit gezogen, bis die Halteplatte an der Mageninnenwand anliegt. Sobald dies geschehen ist, wird von außen eine weitere Platte aufgelegt, die ein Verrutschen des Katheters in den Magen hinein verhindern soll. Es erfolgt die Fixierung und Abdeckung mittels Wundverband (Schrag, et al. 2007).

Als Alternativen gibt es noch die „Push“-Technik und die „Introducer“-Methode, auf welche hier jedoch nicht näher eingegangen wird.

Allen Techniken gemeinsam ist die Insufflation des Magens mit Luft, um diesen mit der Bauchdecke in Kontakt zu bringen, sowie die perkutane Anlage einer Kanüle in den Magen und die Platzierung einer Naht oder eines Führungsdrahtes in den Magen.

Die Platzierung des Gastrostomieschlauches und die abschließende Verifikation der richtigen PEG-Lage wird ebenfalls bei allen Techniken auf die gleiche Art und Weise durchgeführt (Gauderer, et al. 1980) (Ponsky und Gauderer 1981) (Russel, et al. 1984) (Willis und Oglesby 1985).

Bei der oben beschriebenen normalen Durchzugsmethode besteht immer die Gefahr, dass das Gastrostoma durch die oropharyngeale Flora kontaminiert wird. Außerdem kann sich mit einer Inzidenz von bis zu 56 % ein Pneumoperitoneum im Rahmen der PEG-Platzierungen entwickeln (Pidala, et al. 1992) (Wojtowycz, et al. 1988) (Schrag, et al. 2007).

Das Vorhandensein eines Pneumoperitoneums ist häufig ein Zufallsbefund, da die meisten Patienten diesbezüglich keine Symptome zeigen. Oft ist dieser Befund klinisch nicht relevant.

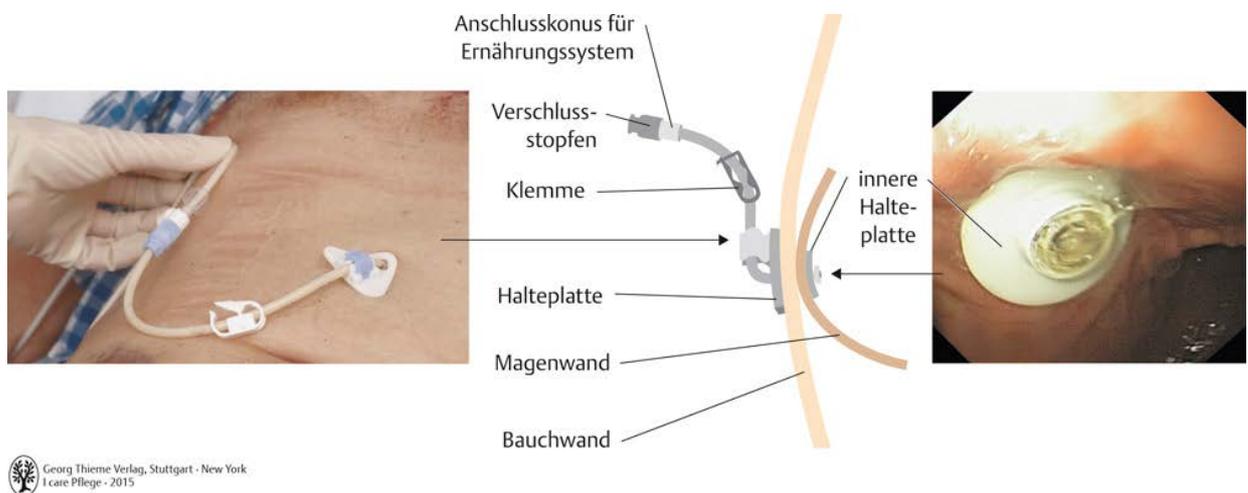


Abbildung 5 Bildhafte Darstellung und Übersicht einer liegenden Perkutanen endoskopischen Gastrostomie (PEG) . © Thieme, „I care Pflege“ [E-Book], Abb. 25.05, 2015.

Die Rate der Infektionen nach PEG-Platzierungen beinhaltet mit 2,9 – 8,8 % Infektionen im Bereich der Körperoberfläche/Stomaregion (Petersen und Kruse 1997) (Pien, et al. 1996) (Ponsky, Gauderer und Stellato, et al. 1985) und mit 0,5 – 6,6 % Entzündungen des Bauchfells (Peritonitis) (Pien, et al. 1996) (Wollmann, et al. 1995) (Duckworth, et al. 1994) (Kimber, et al. 1998).

Bisherige Studien beschreiben eine allgemeine Komplikationsrate von 4 – 23,8 % nach PEG-Anlage (Larson, et al. 1987) (Rabeneck, et al. 1996) (Löser, et al. 1998) (Lockett, et al. 2002).

Bei Komplikationen kann zwischen leichten und schweren Komplikationen unterscheiden werden (Lynch und Fang 2004). Schwere Komplikationen sind nicht häufig, aber durchaus möglich nach Anlage einer PEG.

Unter anderen zählen zu diesen Komplikationen schwere Blutungen, ausgelöst durch Verletzungen der Aa.gastricae, der Mesenterialvenen, der Leber oder Milz.

Darüber hinaus stellt die Aspirationspneumonie eine ernsthafte und potentielle Gefahr dar.

Häufig vorkommend, aber eher zu den leichteren Komplikationen zählend, sind Schmerzen im Peristoma-Bereich, welche vor allem direkt nach Anlage der PEG oft vertreten sind. Diese können vermieden werden, indem man vor Anlage der PEG eine Single-Dosis Antibiotikum gibt und das Eingriffsfeld frei von jeglicher Kontamination hält. So können lokale kleine Infekte und der peristomale Schmerz vermieden werden (Larson, et al. 1987). Außerdem sollte die peristomale Region durch antiseptische Maßnahmen und zweimal täglichen Verbandswechsel sauber und trocken gehalten und ein übermäßiger Zug an der PEG-Sonde vermieden werden (Dormann, Wiggingshaus, et al. 2000). Mit letzterem beugt man außerdem einem Burried-bumper Syndrom vor (Schrag, et al. 2007) (Davis, et al. 2004) (Klein, et al. 1990) (Dormann, et al. 2001).

Lokale Wundinfektionen werden in Studien mit einem Infektionsrisiko 5,2 % - 30 % beschrieben, insofern vorher kein Antibiotikum gegeben wurde (Akkersdijk, van Bergeijk, et al. 1995) (Gossner, et al. 1999) (Rabast, et al. 2008). Aus diesem Grund ist die Gabe dessen mittlerweile schon fast obligat (Ahmad , et al. 2003). Die Gabe eines Antibiotikums reduziert die Rate der Infektionen auf bis zu 3 % (Jain, et al. 1987) (Preclik, et al. 1999) (Dormann, Wiggingshaus, et al. 2000).

Tabelle 8 Übersicht möglicher Komplikationen im Rahmen der Anlage einer Perkutanen endoskopischen Gastrostomie (PEG) auf Grundlage von Studienergebnissen. Hier die Ergebnisse von drei Studien dargestellt (Rahnamai-Azar, et al. 2014) (Schrag, et al. 2007) (Stute, et al. 2010).

| Komplikationen im Rahmen PEG-Anlage |
|---|
| <p>leichte Komplikationen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wundinfektionen - Schlauchundichtigkeit in die abdominale Höhle (Peritonitis) - Undichtigkeit auf Ebene der Bauchdecke - Unbeabsichtigte PEG-Entfernung - Obstruktion des Schlauches - Pneumoperitoneum - Magenausgangsobstruktion - Peritonitis - Fistelbildung - Wundschmerz |
| <p>Schwere Komplikationen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aspirationspneumonie - Blutung - Burried-bumper-Syndrom - Magen-Darm-Perforation, Perforation Ösophagus - Nekrotisierende Faszitis - Metastasen Aussaat |

Die Entscheidung, ob und inwiefern eine künstliche Ernährung des Patienten mittels nasogastraler Sonde oder PEG erfolgen soll, sollte individuell getroffen werden. Notwendigkeit, Vorzüge der jeweiligen Methode, Diagnose und Lebenserwartung sollten dabei in die Entscheidungsfindung mit einbezogen werden. Es sollte nicht immer das Ziel sein, die Lebenserwartung zu verlängern, sondern auch die Lebensqualität aufrecht zu erhalten und diese ist nicht notwendigerweise an eine Verbesserung der Nahrungszufuhr geknüpft (Banner mann, et al. 2000).

Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist es, eine Einschätzung über das tatsächlich vorhandene Infektionsrisiko zu ermitteln und zu bewerten.

Darüber hinaus sollen mögliche Risiko- und Einflussfaktoren überprüft werden:

Kommt es zu einer Erhöhung der Infektionsrate bei Patienten mit VP-Shunt und PEG im Vergleich zu Patienten, bei denen nur ein VP-Shunt vorhanden ist? Welchen Einfluss hat der peritoneale Abstand beider Systeme zueinander auf die Infektionsrate?

2 Materialien und Methode

Am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, einem akademischen Krankenhaus der Universität Ulm, einem Krankenhaus der Schwerpunktversorgung mit Kompetenzzentren im Bereich der Traumatologie, Chirurgie, Gefäßchirurgie und einer speziellen Kopfklinik werden regelmäßig VP-Shunt-Anlagen und PEG-Anlagen sowohl bei Kindern als auch bei Erwachsenen durchgeführt.

Im Rahmen einer retrospektiven Betrachtung innerhalb dieser Klinik wurde ein Patientenkollektiv erstellt, welches mittels Abfrage der klinikinternen Datenbank gefunden wurde. Gesucht wurde nach Patienten, welche sowohl einen VP-Shunt als auch eine PEG erhalten hatten. Dabei wurden in die Betrachtung sowohl Kinder als auch erwachsene Patienten mit einbezogen. Wichtig war, dass es einen Zeitraum gab, in dem sowohl PEG als auch VP-Shunt vorhanden waren, dabei waren die Reihenfolge der Anlage und der Zeitraum zwischen beiden Anlageprozeduren nicht relevant. Die initiale Suche nach Patienten mit vorhandener PEG und VP-Shunt ergab ein Patientenkollektiv von 148 Patienten. Es war jedoch eine Großzahl an Patienten vorhanden, welche PEG und VP nicht zeitgleich besaßen oder gar an Stelle des VP-Shuntes eine externe Ventrikeldrainage. Diese Patienten wurden aus der weiteren Betrachtung ausgeschlossen.

Eine weitere Selektion nach oben genannten Kriterien erbrachte ein Patientenkollektiv, bestehend aus 57 Patienten, welche anschließend genauer untersucht wurden. Diese 57 Patienten bekamen in einem Zeitraum von 1989 bis 2013 einen VP-Shunt angelegt sowie im Zeitraum von 1996 bis 2013 zusätzlich auch eine PEG. Der Gesamtbetrachtungszeitraum erstreckt sich von 1989 bis 2015. Bis auf drei VP-Shunts wurden alle Shunt-Anlagen im Bundeswehrkrankenhaus Ulm durchgeführt. Die PEG-Anlagen erfolgten ebenfalls nicht ausschließlich im Bundeswehrkrankenhaus. Im Bundeswehrkrankenhaus wird standardmäßig präinterventionell bei PEG-Anlage eine einmalige intravenöse Antibiotikagabe durchgeführt.

Es wurde eine retrospektive Betrachtung und Auswertung aller zur Verfügung stehenden Aufzeichnungen vorgenommen. Dabei standen sowohl Printmedien als

auch online in der Datenbank abrufbare Informationen zur Verfügung. Es wurden alle Informationen in die Betrachtung mit einbezogen, welche bis Ende Juni 2015 vorlagen. Betrachtet wurden Patientenalter, Geschlecht, zu Grunde liegende Erkrankung und Indikation sowie für VP-Shunt, als auch für die PEG, Zeitraum zwischen Anlage Shunt und PEG, Zeitdauer, in welcher beide Systeme zeitgleich am Patienten vorhanden waren und das Auftreten eines Infektes, sowohl allgemein als auch mit zeitlicher Korrelation zum zuletzt erfolgten Eingriff. Ebenso wurden die Anzahl der Shuntfehlfunktionen mit notwendigen Revisionen sowie die Frage nach der Gabe eines Antibiotikums im Rahmen VP-Anlage mitbetrachtet.

Darüber hinaus wurde der lokale Abstand des peritonealen Schenkels des VP-Shuntes zu dem Anteil der PEG, der das Peritoneum durchkreuzt, bestimmt und ausgewertet. Die Abstandsmessung erfolgte anhand vorliegender CT- und Röntgen-Bilder.

Als erwachsene Patienten wurden solche betrachtet, welche das 18. Lebensjahr vollendet haben. Im Rahmen der detaillierten Betrachtung wurde die Patientenklientel nochmals nach Alter unterteilt. Dabei wurden vier Gruppen unterschieden, die 0-1-Jährigen, 2-18-Jährigen, 19-60-Jährigen und Patienten über 60 Jahre.

Die Arten des Hydrozephalus wurden identifiziert und gegliedert in Normaldruck-Hydrozephalus, posttraumatischer Hydrozephalus, posthaemorrhagischer Hydrozephalus (SAB, Aneurysmablutung oder Gefäßmalformation, intrakranielle Blutungen), postinfektiöser Hydrozephalus, konnataler Hydrozephalus, Hydrozephalus malresorptivus und Sonstige.

Grundlage für diese Unterteilung war die in den Patientenberichten bereits getroffene Einteilung, welche auf Basis von Bildgebung und bekannter Pathogenese erfolgte.

Erfassungsgrößen waren das Auftreten von Shuntinfektionen, Peritonitis und Meningitis. Darüber hinaus wurden Shuntdefekte mit erfasst, dazu zählten nochmals Infektionen, Dislokationen, Überdrainage und sonstige Störungen, die zu einer Revision des Shunts führten.

Lagen keine genauen Datumsangaben bzgl. der jeweiligen Anlage vor, so wurde immer die Mitte des Monats bzw. die Mitte des Jahres als Zeitpunkt festgelegt.

Für die PEG-Anlage wurde bei allen Patienten, welche vor Ort operiert wurden, die im Bundeswehrkrankenhaus Ulm standardmäßig angewandte Durchzugsmethode („Pull“-Technik) durchgeführt.

Die VP-Shunt-Anlage erfolgte mittels Tunnelung von kranial nach kaudal durch die Neurochirurgen, Lokalisation des ventrikulären und peritonealen Schenkels wurden individuell abgestimmt. Die Gabe eines Antibiotikums wurde im Rahmen der Anlage festgelegt und im OP-Protokoll für das weitere Procedere vermerkt.

Die gewonnenen Daten wurden ausgewertet und im Kontext mit früheren Studien zur gleichen oder ähnlichen Thematik bewertet und verglichen.

Im Rahmen der Betrachtung wurde eine Vielzahl von Daten erhoben, welche im weiteren Verlauf explorativ ausgewertet wurden. Es erfolgte anschließend eine deskriptive Analyse der Ergebnisse. Angegeben wurden Mittelwert/Median mit den dazu gehörigen Minimal- und Maximalwerten sowie die dazugehörige Standardabweichung.

Die Voraussetzungen für die Anwendung des Chi-Quadrat Tests sind nicht erfüllt, da zu wenige Daten für den Vergleich zwischen beiden Gruppen (Pat. mit Infekt und ohne) vorliegen.

Außerdem sind die Gruppen nicht homogen verteilt bzw. enthält die Gruppe der Patienten mit Infekt nur sehr wenige Personen. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Eigenschaften nicht normalverteilt sind. Daher wurde zur weiteren Auswertung ein nicht-parametrischer Test verwendet (Mann-Whitney-Test).

Mit dem Mann-Whitney-Test werden zwei Gruppen nach Mittelwerten verglichen. Wenn der p-Wert $<0,05$ ist, dann ist es signifikant und es bestehen Unterschiede zwischen den Gruppen. Wenn der p-Wert $>0,05$ ist, dann ist es nicht signifikant und es bestehen keine Unterschiede zwischen den Gruppen.

Der p-Wert spiegelt wieder, wie wahrscheinlich es ist, dass dieser Risikofaktor und nicht der Zufall das Ergebnis beeinflusst hat. Ein p-Wert kleiner/gleich 0,05 wurde dabei als signifikant betrachtet. Das heißt, dass mit einer Wahrscheinlichkeit, die kleiner/gleich 5 % ist, dieser betrachtete Faktor den jeweils beschriebenen Einfluss auf das Infektionsrisiko hat. Ist der p-Wert größer 0,05 ist davon auszugehen, dass der Einfluss nicht durch den fraglichen Risikofaktor bestimmt ist, sondern genauso gut auch zufällig entstanden sein kann.

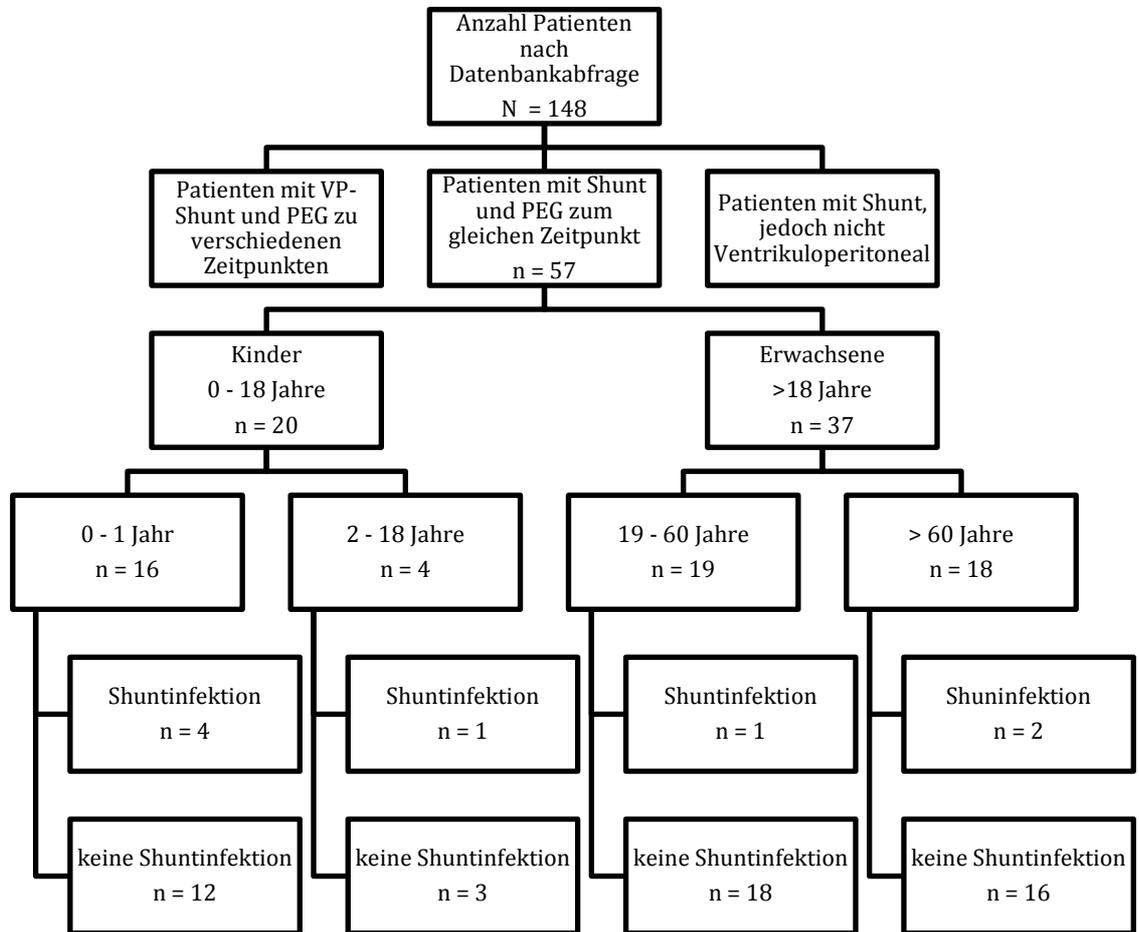


Abbildung 6: Untersuchungsspezifische Patientenverteilung im Betrachtungszeitraum (1989 bis 2015). Einbezogen wurden alle Patienten des Bundeswehrkrankenhauses Ulm die zum Zeitpunkt der Abfrage 2013 erfasst wurden.

Das Promotionsprojekt wurde von Seiten der Ethikkommission der Universität Ulm positiv votiert (Zeichen: FSt/Sta).

3 Ergebnisse

Es wurden im Rahmen der Studie insgesamt 57 Patienten betrachtet. Davon waren 32 männlichen und 25 weiblichen Geschlechts (Abbildung 6 und Abbildung 7).

Das Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der Betrachtung lag bei 48 Jahren (Minimum fünf Jahre, Maximum 94 Jahre). Zwei Patienten sind im Verlauf verstorben.

Das Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der VP-Shuntanlage lag bei 38 Jahren, wobei der jüngste Patient zu diesem Zeitpunkt zwei Tage und der älteste Patient 89 Jahre alt waren. Betrachtet man den Median der Altersverteilung für diesen Zeitpunkt, so erhält man ein Alter von 43 Jahren.

Zur Anlage der PEG lag das Durchschnittsalter bei 39,8 Jahren (Mindestalter 11 Monate; Maximalalter 89 Jahre). Das Durchschnittsalter der Patienten mit Shuntinfekt lag zum Zeitpunkt der Betrachtung bei 22,5 Jahren, im Median bei 10,5 Jahren. Das übrige Patientenkollektiv ohne Shuntinfekt war im Durchschnitt 40,5 Jahre alt.

Die Verteilung der Indikationen für die Shunt-Anlage ist der Abbildung 8 zu entnehmen. Neben dem posthämorrhagischen Hydrocephalus stellte der posttraumatische Hydrocephalus die zweithäufigste Indikation für eine VP-Shuntimplantation dar.

Hauptsächliche Ursache für die Notwendigkeit einer PEG-Anlage waren vor allem Schluckstörungen sowie eine komplett fehlende Schluckreaktion (Abbildung 9).

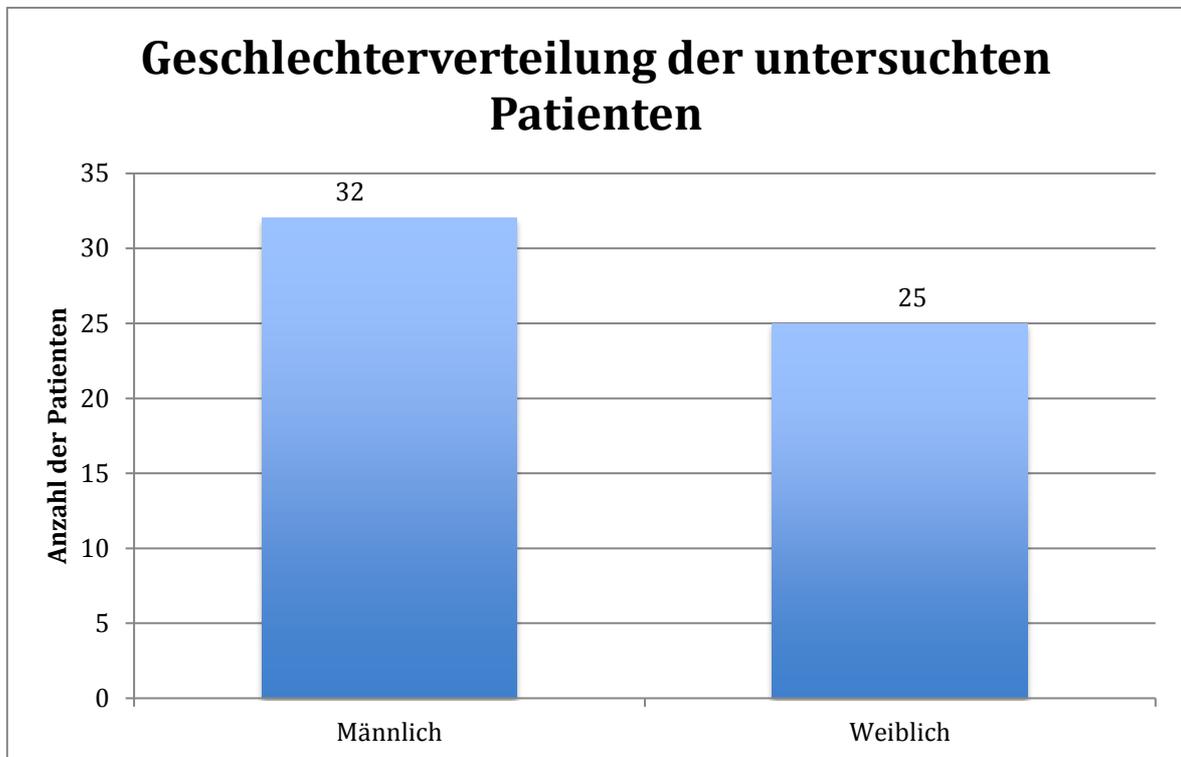


Abbildung 7 Anzahlmäßige Verteilung der Geschlechter innerhalb des betrachteten Gesamtkollektivs der Patienten mit Ventrikuloperitonealen Shunt und Perkutaner endoskopischer Gastrostomie (n=57) im Bundeswehrkrankenhaus Ulm zum Zeitpunkt der Abfrage 2013.

In 35 Fällen erfolgte die Anlage des VP-Shunt vor PEG-Anlagen, in 19 Fällen wurde die PEG-Anlage zuerst durchgeführt, bei drei Patienten wurden beide Systeme am gleichen Tag implantiert. Der zeitliche Abstand zw. beiden Prozeduren betrug durchschnittlich 833 Tage (Minimum 0 Tage, Maximum 11319 Tage). Der Median lag hingegen lag bei 30 Tagen.

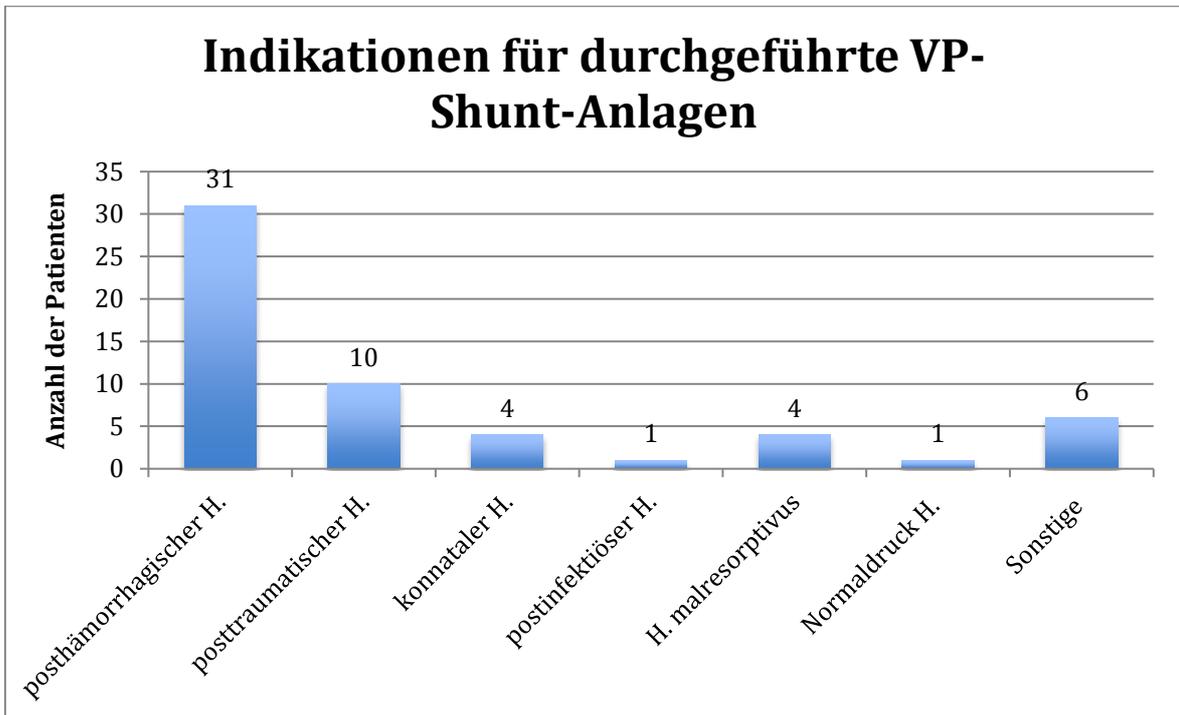


Abbildung 8 Übersicht über die Verteilung der Indikationen für eine Ventrikuloperitoneale-(VP)-Shuntimplantation im gesamten Kollektiv der Patienten mit Ventrikuloperitonealen Shunt und Perkutaner endoskopischer Gastrostomie (Hydrocephalus = H.) im Bundeswehrkrankenhaus Ulm zum Zeitpunkt der Abfrage 2013.

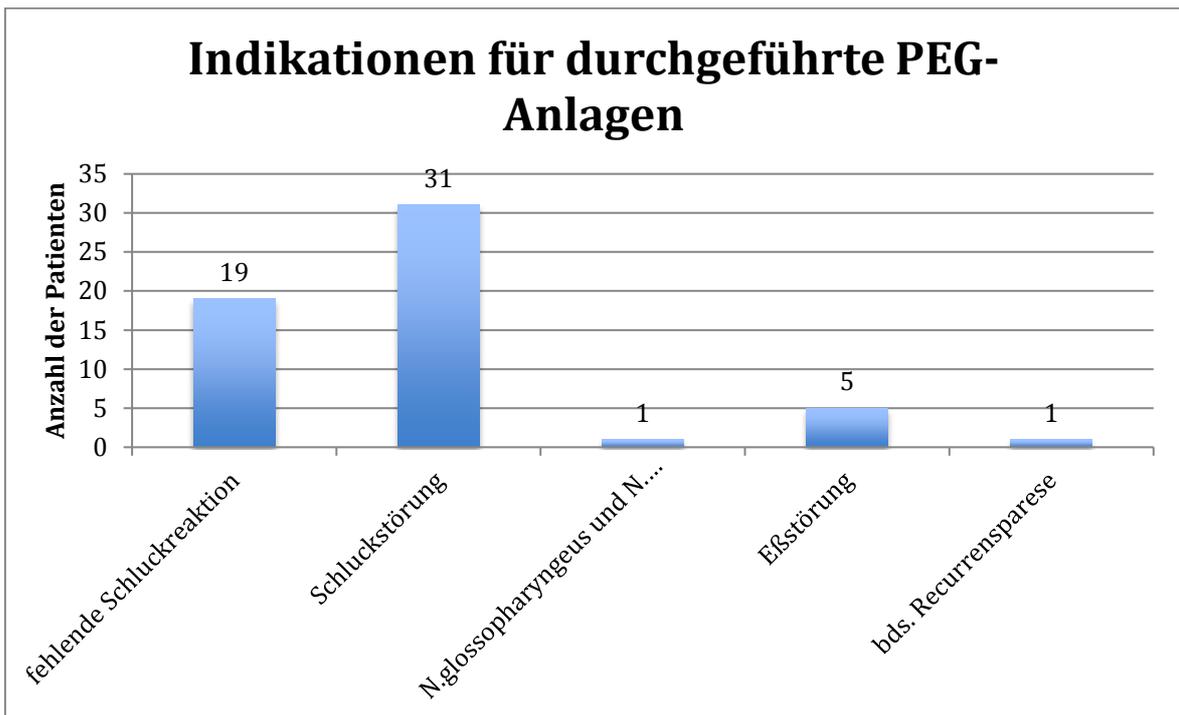


Abbildung 9 Übersicht der anteilmäßigen Verteilung der Indikationen für eine Perkutane endoskopische Gastrostomie-(PEG)-Anlage im gesamten betrachteten Kollektiv der Patienten mit Ventrikuloperitonealen Shunt und Perkutaner endoskopischer Gastrostomie im Bundeswehrkrankenhaus Ulm zum Zeitpunkt der Abfrage 2013.

Nach erfolgter Durchführung beider Prozeduren (VP und PEG-Anlage) wurde bei den Patienten eine Bilddiagnostik durchgeführt, unter anderem zur Überprüfung der korrekten Lage von Shunt und PEG.

Lagen diese Bilder vor, so konnte eine Abstandsmessung des peritonealen Schenkels des VP-Shuntes zum intraabdominell verlaufenden Anteil der PEG erfolgen. Dazu wurde jeweils der minimalste Abstand des peritonealen Schenkels des VP-Shuntes zur liegenden PEG ermittelt und ausgemessen.



Abbildung 10 Radiologische Abdomenübersicht bei einem Patienten, 14 Jahre alt. Dargestellt sind Perkutane endoskopische Gastrostomie (PEG) und der peritoneale Anteil des Ventrikuloperitoneal-Shuntes. In rot gemessen die Distanz beider Systeme zueinander (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, Radiologie 2011).

Eine solche Messung war bei drei Viertel der Patienten möglich (Abbildung 11).

Der durchschnittliche minimalste Abstand zueinander betrug innerhalb des Abdomens 80,42 mm (Minimum 5 mm, Maximum 158 mm). Innerhalb des Kollektivs der Patienten mit Shuntinfektion nach Shunt- und PEG-Anlage variierte dieser Abstand zwischen 11,5 und 54 mm und betrug durchschnittlich 31,6 mm (Median 30,5 mm). Im

restlichen Kollektiv wurde sofern möglich, ein Abstand von durchschnittlich 84,9 mm (5-158 mm) und im Median von 78 mm gemessen. Anzumerken ist jedoch, dass bei insgesamt 16 Patienten aufgrund fehlender Bilddokumentation keine Abstandsmessung erfolgen konnte.

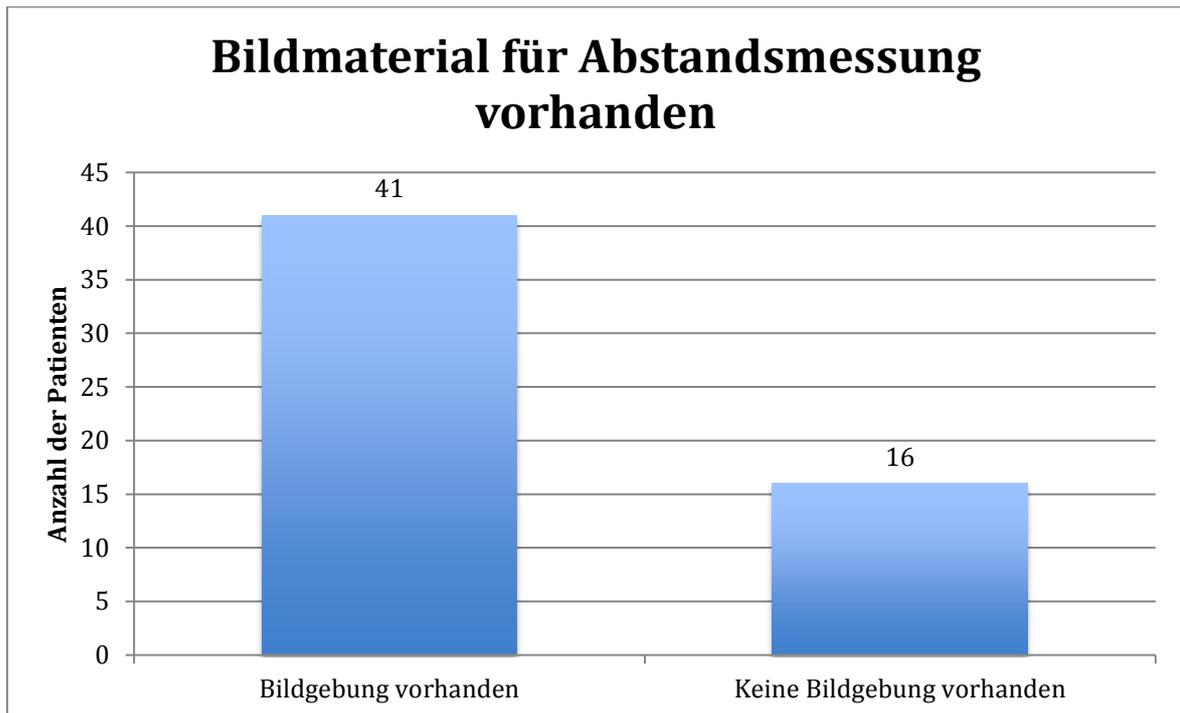


Abbildung 11 Übersicht hinsichtlich des verfügbaren Bildmaterials für die Durchführung einer Abstandsmessung im gesamten betrachteten Kollektiv der Patienten mit Ventrikuloperitonealen Shunt und Perkutaner endoskopischer Gastrostomie im Bundeswehrkrankenhaus Ulm (Stand 2015) .

Neben der Abstandsmessung wurde zusätzlich geprüft, inwiefern im Rahmen der VP-Shuntanlage eine Antibiotikagabe durchgeführt bzw. empfohlen wurde.

Dazu wurden die vorliegenden OP-Protokolle gesichtet. Bei 51 % (29) der Patienten wurde die Antibiose ganz klar im Zusammenhang mit der Shuntanlage für die weitere Überwachung und Behandlung empfohlen (Abbildung 13). Bei den restlichen Fällen wurde entweder keine Aussage bzgl. einer Antibiose getroffen oder es lagen keine OP-Protokolle vor. Keine Aussage bzgl. der weiteren Antibiose wurde nicht als ein „Nein“, sondern als ein „nicht bekannt“ gewertet.

Im weiteren Verlauf wurde betrachtet, ob eine Shuntinfektion aufgetreten ist. Gezählt wurden dazu die Ereignisse, bei denen in den vorliegenden Berichten klar von einer Shuntinfektion gesprochen bzw. der Verdacht auf eine Shuntinfektion geäußert wurde, mit nachfolgender notwendiger Shuntrevision (Abbildung 14). Innerhalb des betrachteten Patientenkollektivs traten acht (14 %) Shuntinfektionen auf, vier davon

allerdings bereits vor Anlage der PEG. Verteilt auf die genannten Altersgruppen zum Zeitpunkt Shuntanlage ergab sich die nachfolgende Aufteilung.

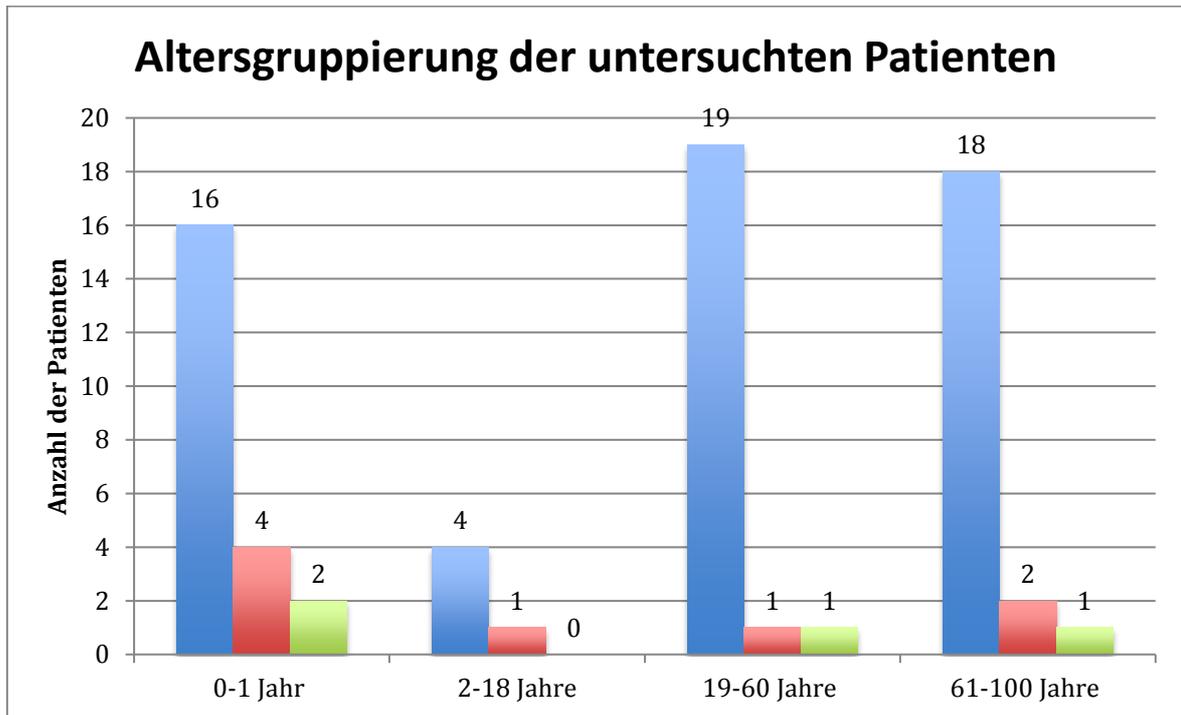


Abbildung 12 Darstellung der Verteilung der Patienten auf die jeweiligen Altersklassen im gesamten betrachteten Kollektiv der Patienten mit Ventrikuloperitonealen Shunt und Perkutaner endoskopischer Gastrostomie (PEG) im Bundeswehrkrankenhaus Ulm zum Zeitpunkt der Abfrage 2013. Blau dargestellt alle Patienten, rot alle Patienten mit Shuntinfekt, grün die Patienten, welche einen Shuntinfekt erst nach PEG-Anlage entwickelten.

Neben Shuntinfektionen wurde dokumentiert, inwiefern andere im Zusammenhang mit PEG und VP-Shunt stehende Infektionen in Erscheinung traten (Abbildung 15). Lediglich bei zwei Patienten wurde eine lokale Infektion im Bereich der PEG-Stelle beschrieben, wobei sich bei einem der beiden Patienten daraus eine Peritonitis entwickelte. Es erfolgte bei beiden Patienten eine antibiotische Behandlung sowie bei dem Patienten mit der Peritonitis eine Externalisierung des peritonealen Katheters des VP-Shunts, bis die Entzündung abgeheilt war (Patient a).

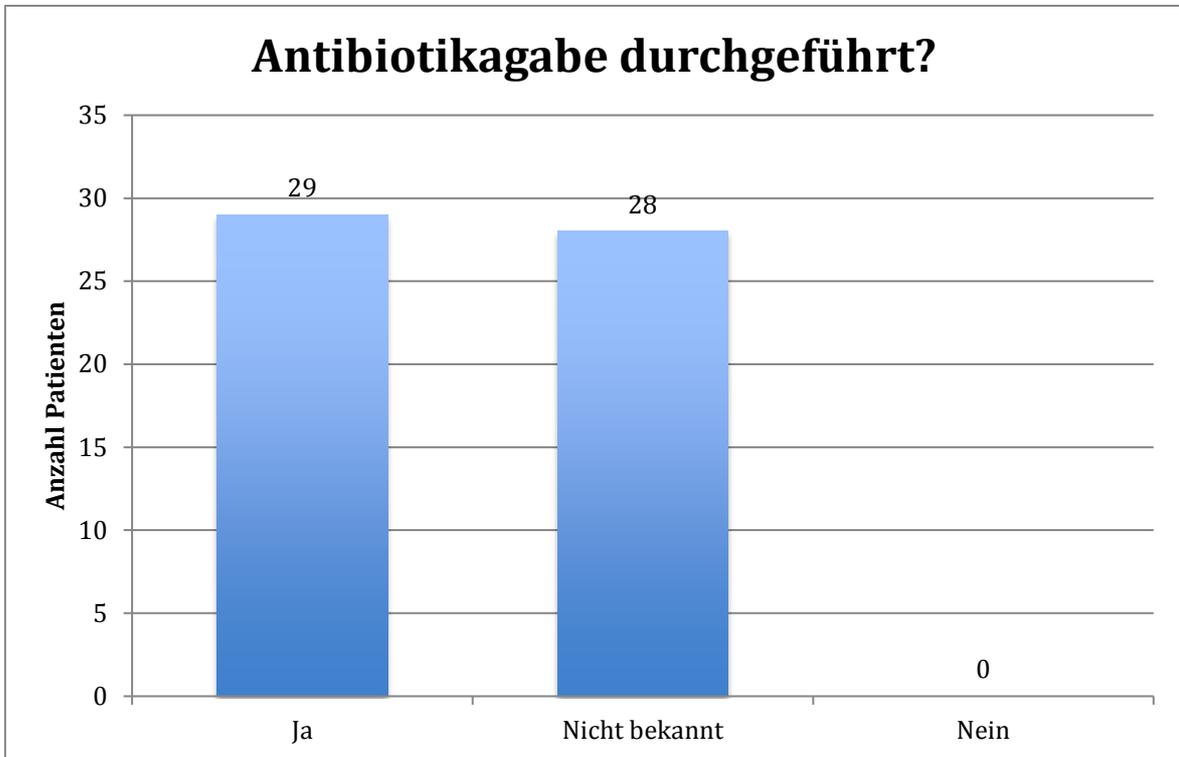


Abbildung 13 Übersicht der Anteile der Patienten mit (Ja) und ohne (Nein) erhaltener Antibiotikagabe bzw. mit nicht bekannter (nicht bekannt) Antibiotikagabe im gesamten betrachteten Kollektiv der Patienten mit Ventrikuloperitonealen Shunt und Perkutaner endoskopischer Gastrostomie im Bundeswehrkrankenhaus Ulm (Stand 2015).

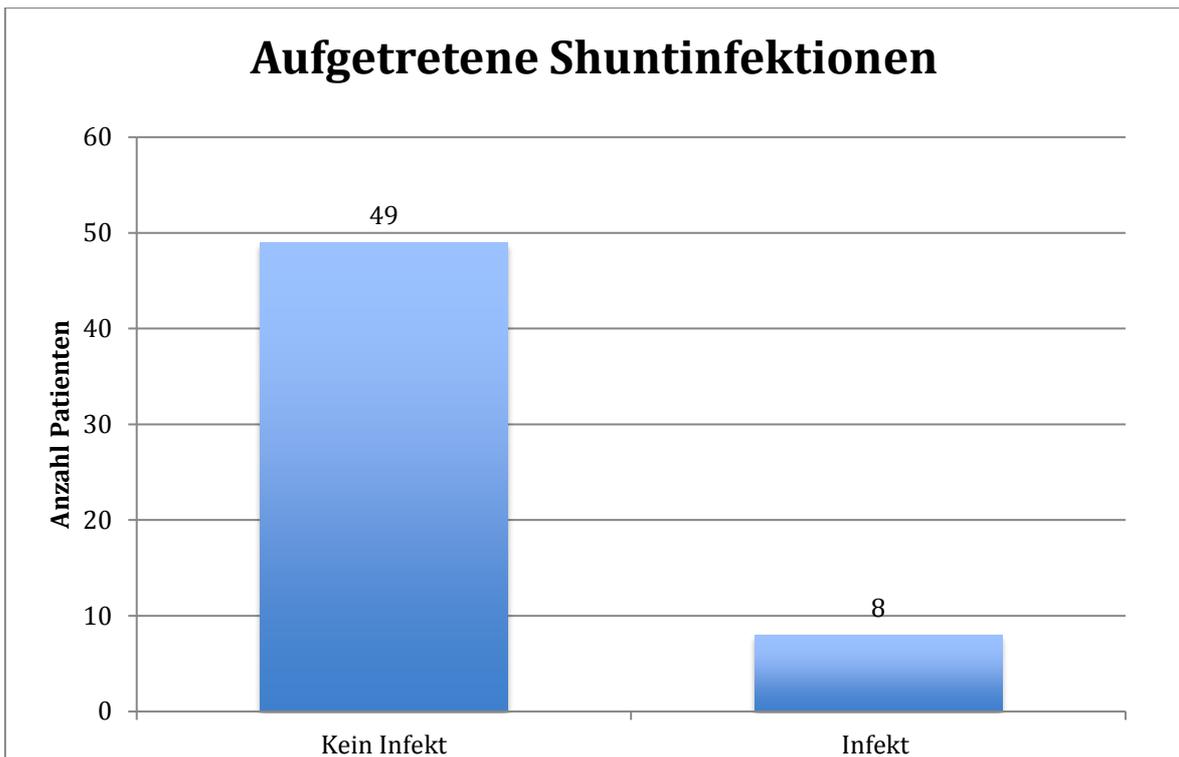


Abbildung 14 Darstellung der Verteilung der Patienten mit und ohne Shuntinfektion im gesamten betrachteten Kollektiv im der Patienten mit Ventrikuloperitonealen Shunt und Perkutaner endoskopischer Gastrostomie Bundeswehrkrankenhaus Ulm (Stand 2015).

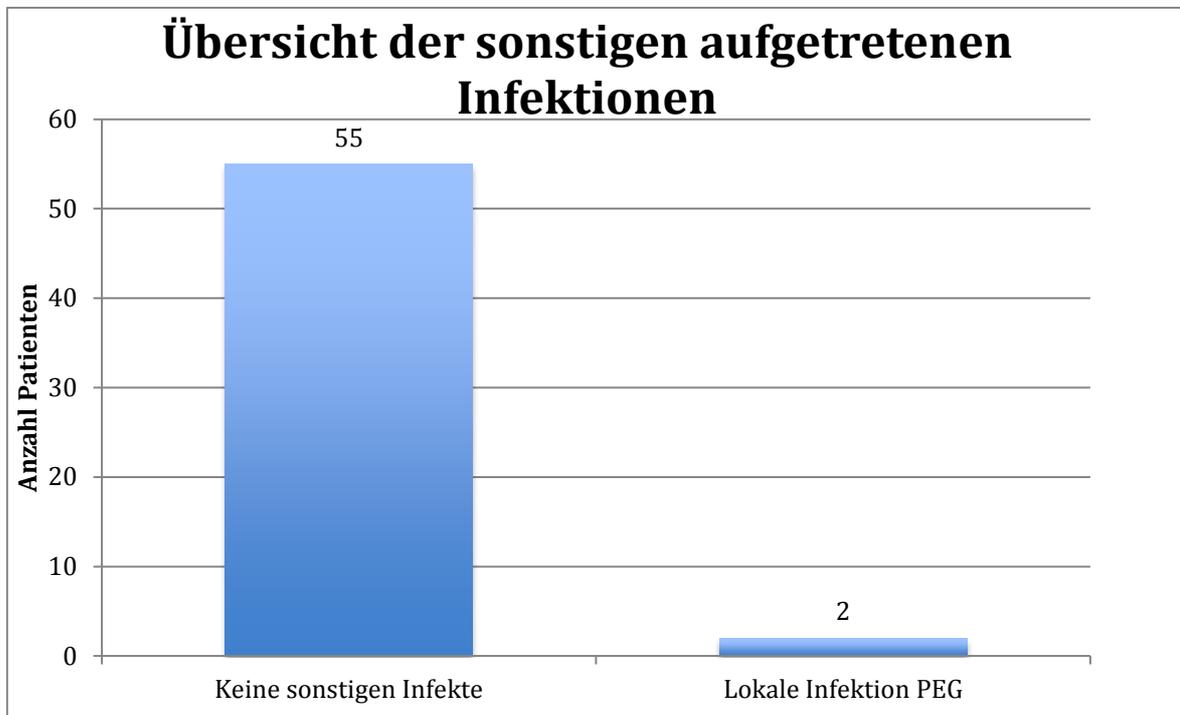


Abbildung 15 Übersicht über sonstige aufgetretene Infektionen, neben dem Auftreten von Shuntinfektionen, im gesamten betrachteten Kollektiv der Patienten mit Ventrikuloperitonealen Shunt und Perkutaner endoskopischer Gastrostomie im Bundeswehrkrankenhaus Ulm (Stand 2015). PEG = Perkutane endoskopische Gastrostomie.

Als weitere Betrachtungsgröße wurde zusätzlich die Durchführung einer Revision ermittelt. Bei 22 Patienten (39 %) war die Durchführung mindestens einer Revision notwendig (Abbildung 16). Die Ursachen dafür waren nicht immer das Vorhandensein eines Shuntinfektes, sondern auch Shuntfehlfunktionen im Sinne von Dysfunktion, Überdrainage oder zum Beispiel Fehllage des Shunts (Abbildung 17).

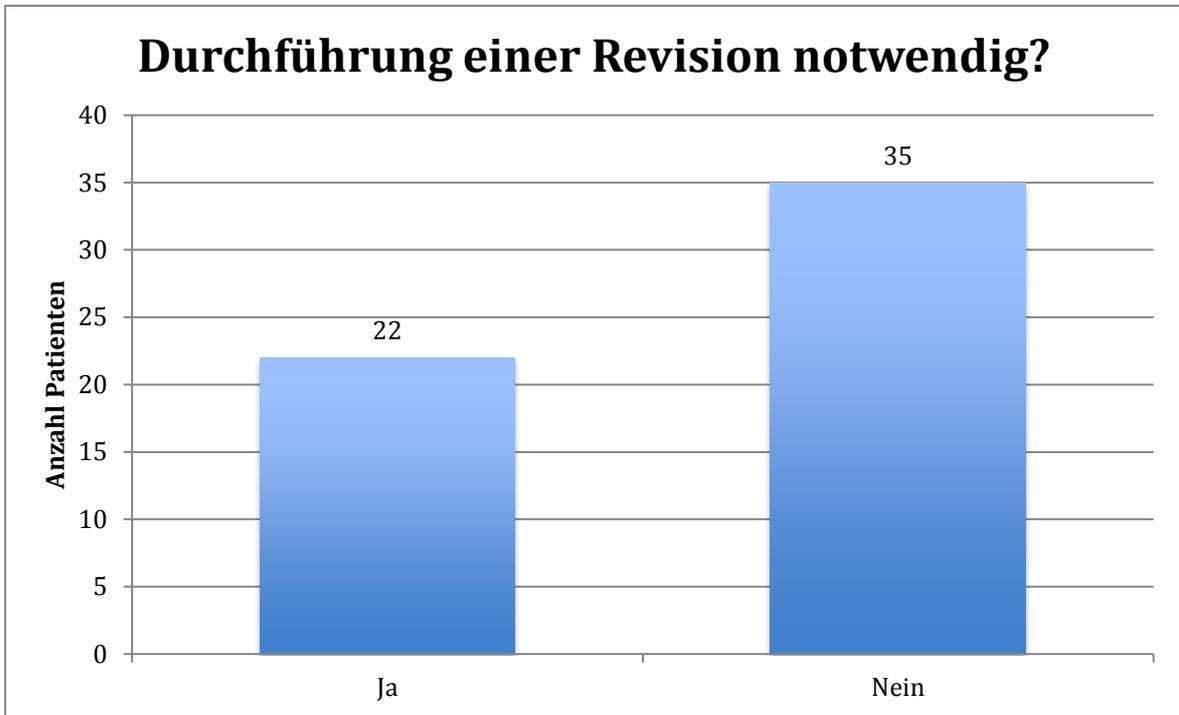


Abbildung 16 Anzahl der Patienten, die eine Shuntrevision erhalten haben und Anzahl derer, ohne Revision, im gesamten betrachteten Kollektiv der Patienten mit Ventrikuloperitonealen Shunt und Perkutaner endoskopischer Gastrostomie im Bundeswehrkrankenhaus Ulm (Stand 2015) .

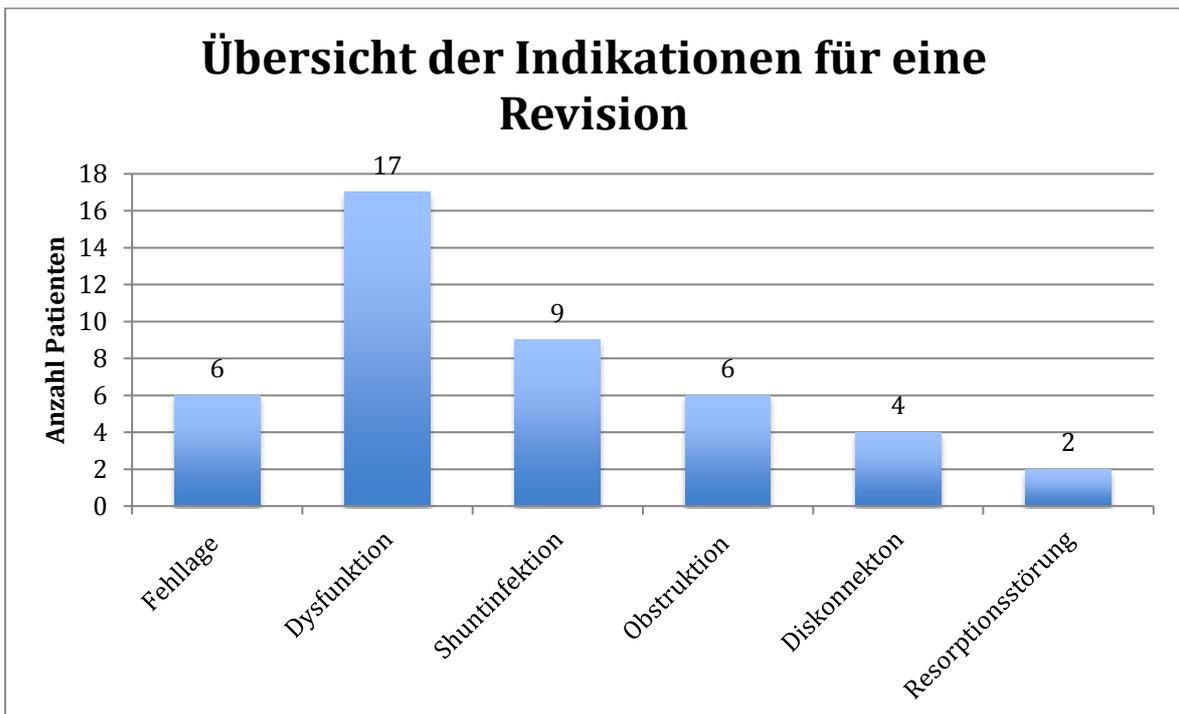


Abbildung 17 Übersicht der Revisionsgründe bei den Patienten, die eine Shuntrevision erhalten haben, im gesamten betrachteten Kollektiv der Patienten mit Ventrikuloperitonealen Shunt und Perkutaner endoskopischer Gastrostomie im Bundeswehrkrankenhaus Ulm (Stand 2015) .

Bei elf dieser 22 Patienten (50 %), bei denen eine erneute Shuntanlage notwendig war, blieb es bei einem einmaligen Wechsel. Die restlichen 50 % benötigten weitere Shuntwechsel, mit im Maximum bis zu sieben Revisionen, wobei eine Revision in

diesem Zusammenhang nicht ausschließlich den kompletten Wechsel des Shuntsystems beinhaltet. Zum Teil reichte der Wechsel des Ventrikelshunts mit Anschluss an den bereits liegenden peritonealen Schenkel (Abbildung 18).

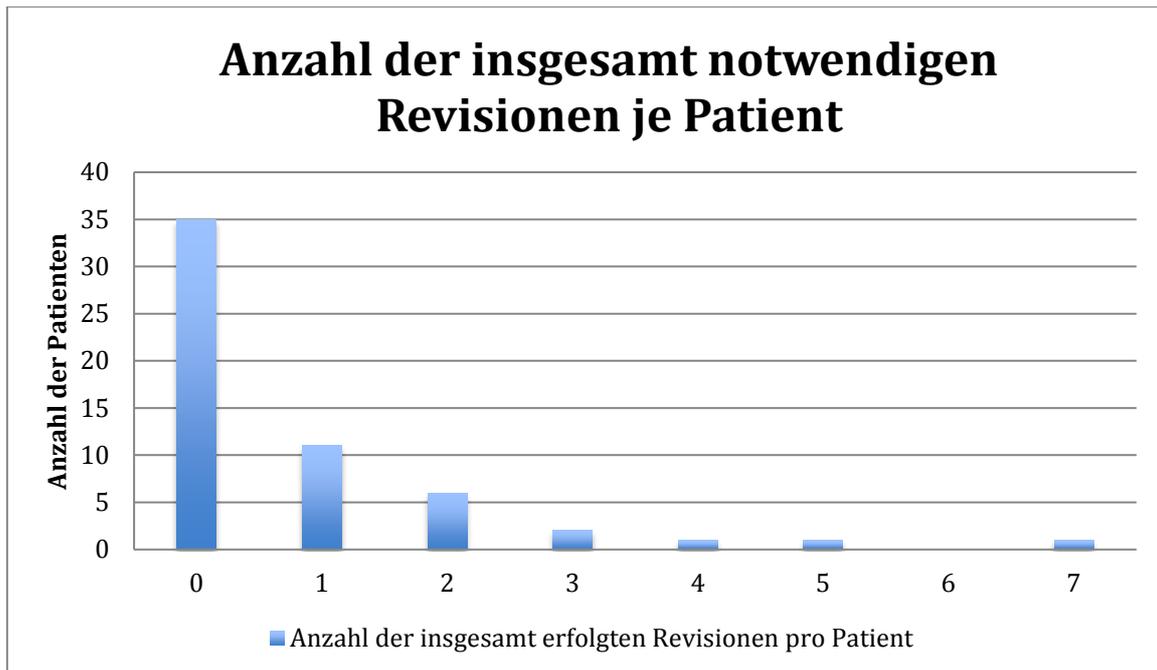


Abbildung 18 Anzahl der insgesamt notwendigen Revisionen je Patient im gesamten Kollektiv der Patienten mit Ventrikuloperitonealen Shunt und Perkutaner endoskopischer Gastrostomie. Mit aufgeführt die Patienten, welche keine Revision (0) erhalten haben. Dargestellt sind alle Patienten im gesamten betrachteten Kollektiv im Bundeswehrkrankenhaus Ulm (Stand 2015).

Insgesamt konnte bei 82 % (47) der Patienten eine ausführliche Verlaufsbetrachtung vorgenommen werden. Bei den restlichen 18 % (10) lagen meist nur einzelne Arztberichte über einen längerfristigen stationären Aufenthalt vor. Aus der stationären Aufenthaltsdauer wurde der Verlauf bestimmt. Dazu wurden die Tage gezählt, die der Patient in stationärer Behandlung verblieb, nach dem dieser sowohl PEG als auch VP-Shunt implantiert bekommen hatte.

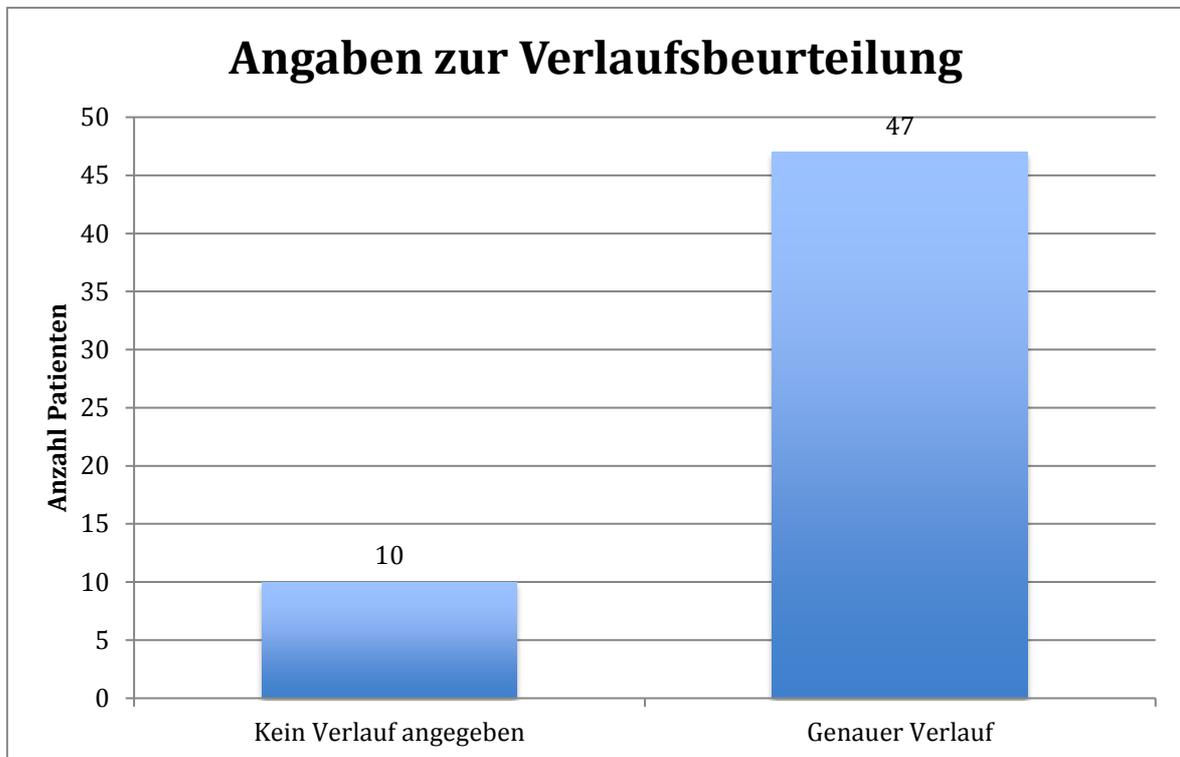


Abbildung 19 Darstellung der Möglichkeit einer Verlaufsbeurteilung. Lagen nur einzelne Arztbriefe vor, konnte kein Verlauf angegeben werden. Bei den restlichen Patienten konnte ein genauer Verlauf beurteilt werden. Dargestellt das gesamte betrachtete Kollektiv der Patienten mit Ventrikuloperitonealen Shunt und Perkutaner endoskopischer Gastrostomie im Bundeswehrkrankenhaus Ulm (Stand 2015).

Nach der genannten Gesamtbetrachtung wurde das Kollektiv der Patienten mit einer Shuntinfektion noch einmal in Bezug auf Alters- und Geschlechterverteilung, Indikationen, Abstände etc. separat betrachtet.

Unter den Patienten mit einer Shuntinfektion fand sich eine ausgeglichene Geschlechterverteilung, das heißt, 50 % waren weiblich und 50 % männlich.

Das Durchschnittsalter dieser Patienten zum Zeitpunkt der Shuntanlage lag bei 21 Jahren. Betrachtet man hier den Median der Altersverteilung, so liegt dieser bei sehr jungen 1,5 Jahren.

Bei fünf dieser acht Patienten lag ein posthämorrhagischer Hydrocephalus vor, jeweils ein Patient hatte einen posttraumatischen Hydrocephalus, einen Hydrocephalus malresorptivus und einen konnatalen Hydrocephalus im Sinne einer Dandy-Walker-Malformation.

Ursachen für die Anlage einer PEG waren entweder eine fehlende Schluckreaktion, eine Schluckstörung oder in einem Fall eine Essstörung.

Sechs Patienten erhielten im Rahmen der Shuntanlage eine Antibiose, bei den anderen beiden Patienten ist diesbezüglich keine Angabe gemacht worden.

Die Shuntanlage erfolgte sieben Mal vor der PEG-Anlage mit einem durchschnittlichen zeitlichen Abstand von 1609 Tagen bzw. 52 Monaten oder vier Jahren. Bei dem verbleibenden Patienten erfolgte die Shuntanlage 17 Tage nach bereits erfolgter PEG-Anlage.

Für eine differenzierte Auswertung wurde zusätzlich der Zeitraum betrachtet zwischen dem Auftreten einer Shuntinfektion und dem letzten invasiven Eingriff (Shunt- oder PEG-Anlage, Revision, Wechsel einer Shunt-Komponente). Dabei zeigte sich, dass die Infektionen im Schnitt 144 Tage nach dem letzten Eingriff auftraten, jedoch erst 1797 Tage nach der initialen Shuntanlage.

In vier Fällen traten die Shuntinfektionen auf, noch bevor eine PEG-Anlage erfolgte. In allen vier Fällen war jedoch im weiteren Verlauf eine Anlage dessen notwendig. Dennoch können diese vier Patienten für die weitere Auswertung nicht mit einbezogen werden.

Für die weitere Betrachtung hinsichtlich der eigentlichen Fragestellung dieser Arbeit, nämlich ob ein erhöhtes Infektionsrisiko vorliegt bei zeitgleich vorhandenem VP-Shunt und PEG, wurden somit nur die verbleibenden vier Patienten als Patienten mit tatsächlich entwickelter Shuntinfektion betrachtet in Relation zum restlichen Kollektiv ohne Infektion.

Unter diesen vier Patienten waren zwei weiblichen und zwei männlichen Geschlechts. Hier lag das Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der Shuntanlage bei 22,5 Jahren (Minimum ein Jahr, Maximum 68 Jahre) und der Median der Altersverteilung bei 20 Jahren. Zum Zeitpunkt der Betrachtung waren die Patienten im Durchschnitt 34 Jahre alt.

Nimmt man im Gesamtkollektiv eine Unterscheidung zwischen Kindern (0-18 Jahre) und Erwachsene (>18 Jahre) vor, so ergibt sich für die jeweiligen Gruppen folgendes Infektionsrisiko: Kinder (n=20) 10 % und Erwachsene (n=37) 5,4 %. Dabei ist das Infektionsrisiko bei den Kindern im Alter von null bis ein Jahr mit 12,5 % etwas höher als bei den restlichen Kindern, mit $p = 0,52$ jedoch nicht signifikant.

Insgesamt liegt das Infektionsrisiko bei Patienten mit Shunt und PEG bei sieben %. Im Vergleich dazu lag das Infektionsrisiko in den bisher publizierten Fällen bei Patienten mit ausschließlich vorhandenem VP-Shunt bei durchschnittlich 6,9 % (1,6 – 11 %) (Spanu, et al. 1986), (Odio, et al. 1984), (Borgbjerg, et al. 1995), (McGirt, Zaas, et al. 2003) (Wang, et al. 2004) (McClelland und Hall 2007). Im restlichen Kollektiv lag der Anteil der

männlichen Patienten mit 30:23 (m:w) etwas über dem Anteil der weiblichen, $p = 0,52$.

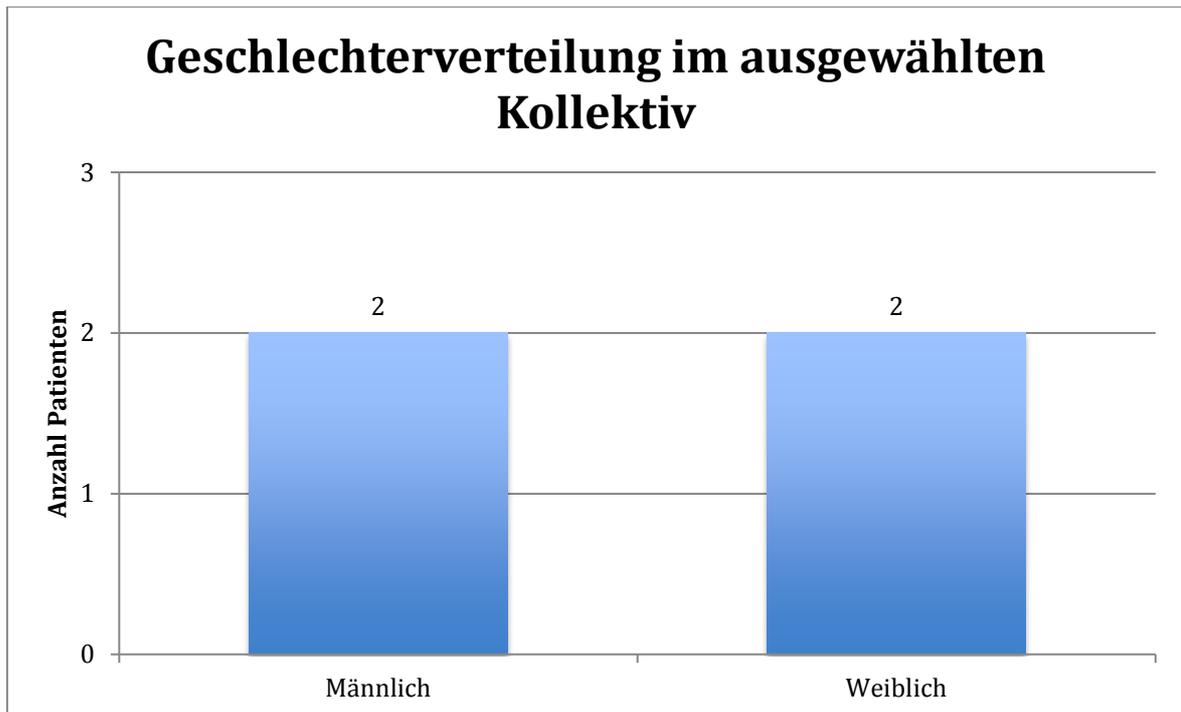


Abbildung 20 Geschlechterverteilung im ausgewählten Kollektiv der Patienten mit Shuntinfektion, bei vorhandener Perkutaner endoskopischer Gastrostomie im Bundeswehrkrankenhaus Ulm (Stand 2015).

Der durchschnittliche Betrachtungszeitraum, also der Zeitraum zwischen dem ersten erfolgten Eingriff (PEG oder VP-Shunt) und der letzten Konsultation im Bundeswehrkrankenhaus, beträgt 2329 Tage (Minimum 85Tage, Maximum 4471 Tage).

Bei 75 % (3/4) der Patienten lag ein posthämorrhagischer Hydrozephalus als Indikation zur Shuntanlage vor. Bei 25 % (1/4) ein posttraumatischer Hydrozephalus.

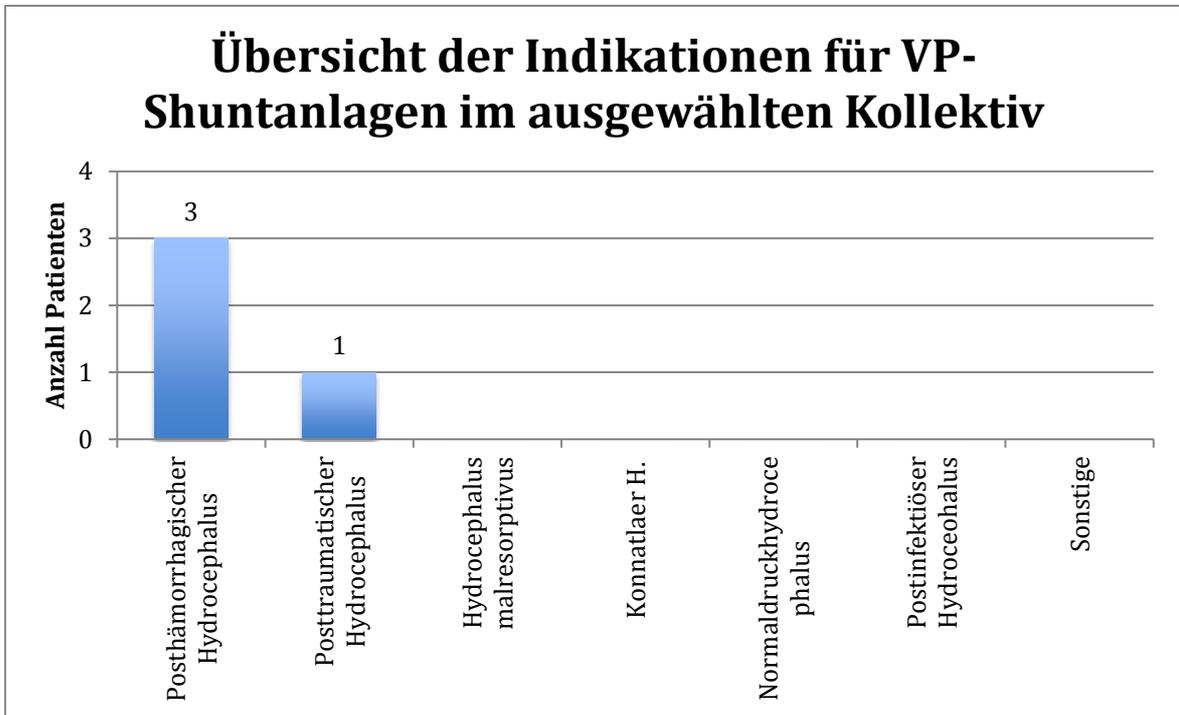


Abbildung 21 Übersicht über die Indikationen zur Ventrikuloperitonealen-(VP)-Shuntanlage bei den Patienten, welche später eine Shuntinfektion entwickelten, bei liegender Perkutaner endoskopischer Gastrostomie (PEG) im ausgewählten Kollektiv des Bundeswehrkrankenhauses Ulm (Stand 2015).

Eine Antibiotikagabe erfolgte bei drei der vier Patienten (75 %) mit Shuntinfektion und bei 23 von 49 Patienten ohne Shuntinfektion.

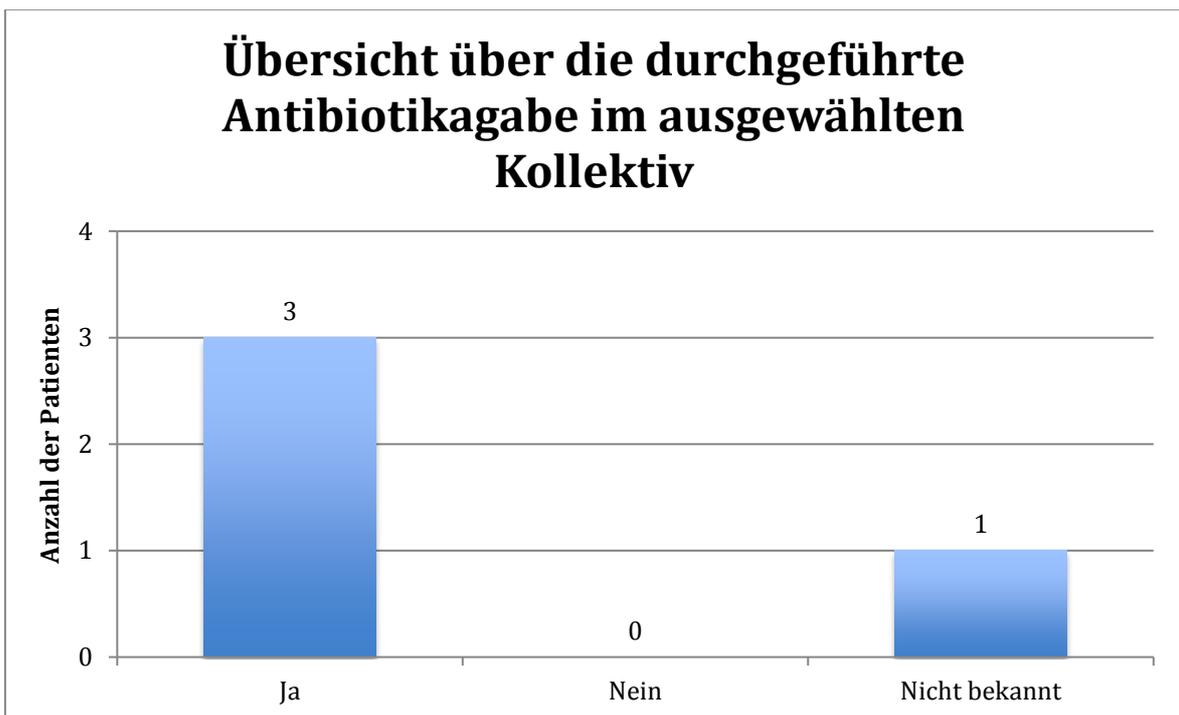


Abbildung 22 Übersicht über die erfolgte Antibiotikagabe im Rahmen Shuntanlage, bei Patienten mit späterer Shuntinfektion bei bestehendem Ventrikuloperitonealen-Shunt und existierender Perkutaner endoskopischer Gastrostomie. Ausgewähltes Patientenkollektiv des Bundeswehrkrankenhauses Ulm (Stand 2015).

Ursächlich für die Anlage der PEG waren in 50 % eine Schluckstörung und ebenfalls in 50 % eine komplett fehlende Schluckreaktion. Bei drei von vier Patienten erfolgte zuerst die Anlage eines Ventrikuloperitonealen Shunts gefolgt von der PEG-Anlage (Abbildung 24).

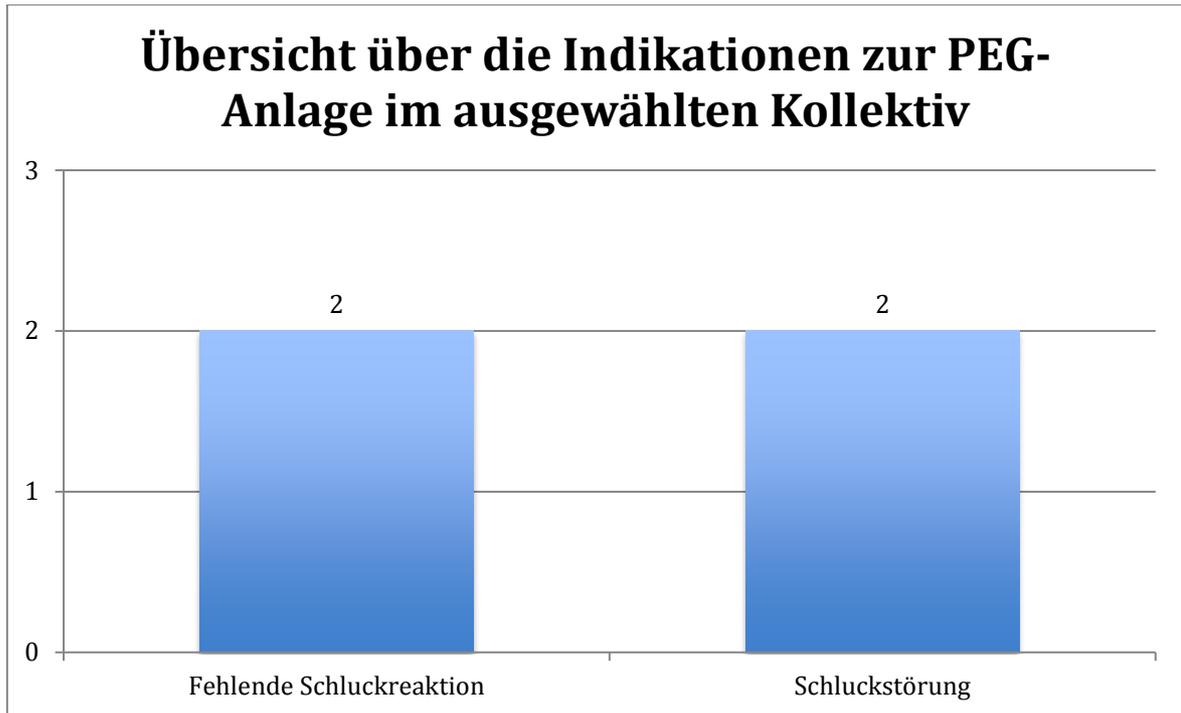


Abbildung 23 Übersicht der Indikationen zur Perkutanen endoskopischen Gastrostomie-(PEG)-Anlage bei Patienten, welche im Verlauf bei vorhandener PEG und Ventrikuloperitonealen-(VP)-Shunt eine Shuntinfektion entwickelten. Ausgewähltes Kollektiv der Patienten des Bundeswehrkrankenhauses Ulm (Stand 2015).

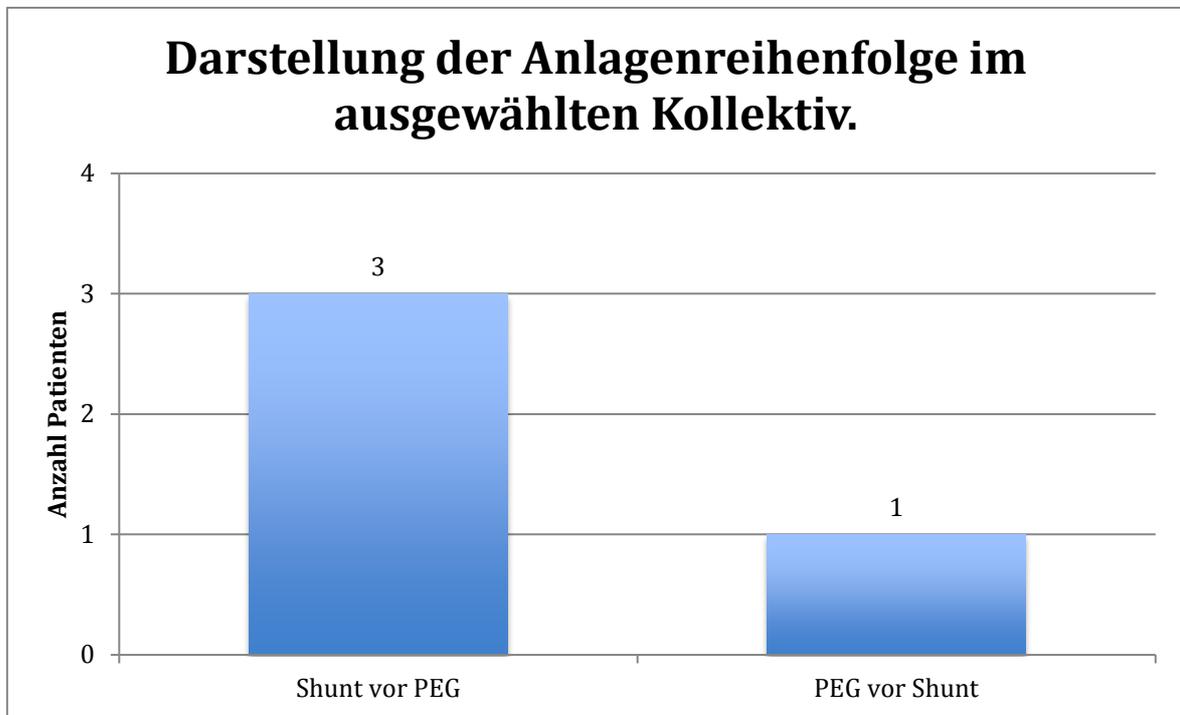


Abbildung 24 Darstellung der Anlagenreihenfolge von Ventrikuloperitonealen-Shunt und Perkutaner endoskopischer Gastrostomie (PEG) im Kollektiv der Patienten, welche im Verlauf bei liegender PEG und vorhandenem Shunt eine Shuntinfektion entwickelten. Ausgewähltes Patientenkollektiv des Bundeswehrkrankenhauses Ulm (Stand 2015).

Eine Revision des Shunts war allein aufgrund der Shuntinfektion bei jedem der vier Patienten notwendig. Bei zwei der vier Patienten reichte eine einmalige Revision. Ein weiterer Patient hatte bereits vor Auftreten des Shuntinfektes eine Revision aufgrund einer Dysfunktion. Bei dem verbleibenden Patient musste insgesamt vier Mal eine Revision vorgenommen werden, Ursache hierfür waren zwei Mal eine Infektion sowie jeweils eine Dysfunktion und eine Diskonnektion des VP-Shuntes. Auch bei diesem Patienten trat der Shuntinfekt nach bereits einmal erfolgter Revision auf.

Die Shuntinfektion trat bei diesen vier Patienten durchschnittlich 45 Tage (Minimum elf Tage, Maximum 65 Tage) nach dem letzten invasiven Eingriff auf und durchschnittlich 1281 Tage (Minimum 38 Tage, Maximum 3555 Tage) nach initial erfolgter Shuntanlage. Der letzte invasive Eingriff war bei zwei der vier Patienten eine Revision (elf und 65 Tage zuvor, durchschnittlich 38 Tage) und bei jeweils einem Patienten die Shuntanlage (38 Tage vorher) und die PEG-Anlage (64 Tage vorher).

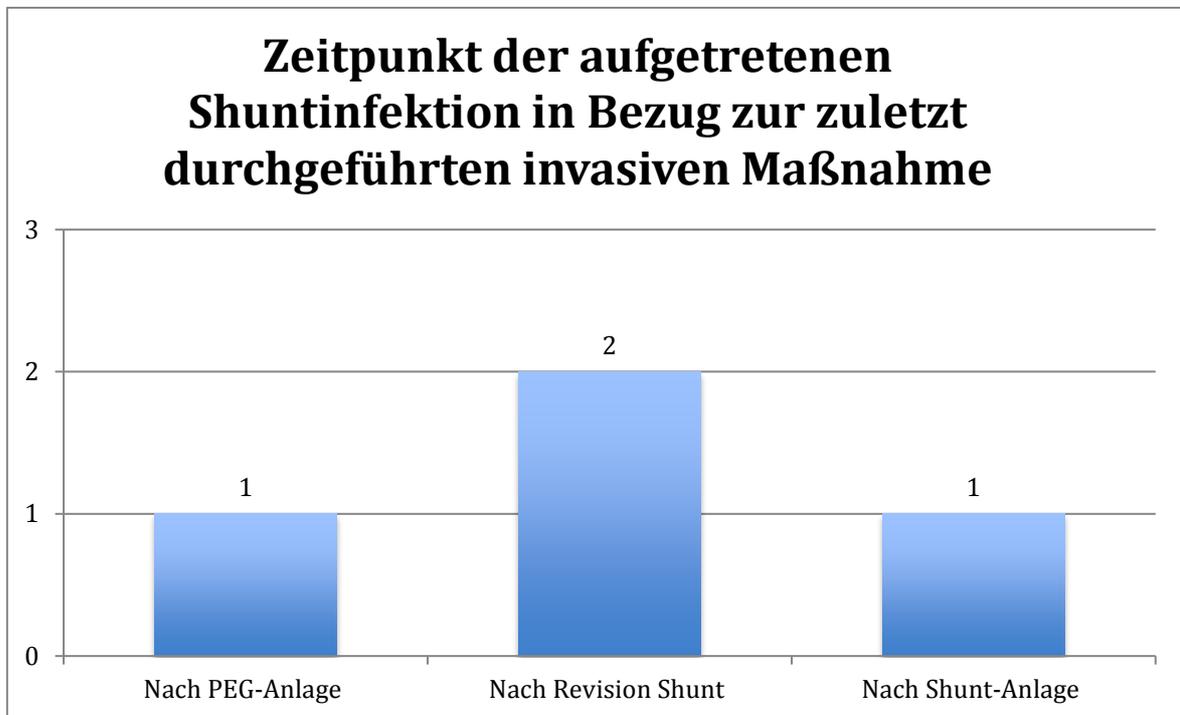


Abbildung 25 Darstellung des Zeitpunktes der Shuntinfektion in Abhängigkeit zur zuletzt durchgeführten Maßnahme im Kollektiv der Patienten, welche bei liegender Perkutaner endoskopischer Gastrostomie (PEG) sowie vorhandenem Ventrikuloperitonealen-(VP)-Shunt eine Shuntinfektion entwickelten. Ausgewähltes Patientenkollektiv des Bundeswehrkrankenhauses Ulm (Stand 2015).

Bei allen vier Patienten konnte eine Abstandsmessung anhand des vorliegenden Bildmaterials erfolgen. Daraus ergab sich ein durchschnittlicher minimalster peritonealer Abstand beider Systeme zueinander von 31,6 mm (Minimum 11,5 mm, Maximum 54 mm). Nochmal im Vergleich dazu die Abstände im restlichen Kollektiv: Durchschnittlich betrug der Abstand 84,9mm (5-158 mm) und im Median 78 mm. Bei 16 konnte wie bereits erwähnt keine Abstandsmessung durchgeführt werden. Setzt man nun als möglichen Mindestabstand die Grenze bei 50mm, so haben wir in der Gruppe der Patienten mit Shuntinfekt und PEG drei von vier Patienten (75 %) mit einem kleineren Abstand und im übrigen Kollektiv acht von 37 (21,6 %). Relativ betrachtet bedeutet dies, dass mit abnehmendem Abstand zwischen dem peritonealen Schenkel des VP-Shunt und der PEG (<50 mm) das Risiko für das Auftreten von Shuntinfektionen signifikant ansteigt ($p = 0,02$).

Zusammenfassend wurde ein Infektionsrisiko von sieben Prozent ermittelt und als Risikofaktoren wurden betrachtet: das Geschlecht, Alter zum Zeitpunkt Shuntanlage, Alter zum Zeitpunkt PEG-Anlage, zugrunde liegende Indikation für die jeweilig notwendigen Eingriffe, zeitlicher Abstand zwischen beiden Prozeduren, Anzahl der insgesamt notwendigen Eingriffe und Revisionen, lokaler Abstand beider Systeme zueinander im Peritonealraum sowie eine ggf. erfolgte Antibiotikagabe.

Tabelle 9 Vergleich der drei betrachteten Patientenkollektive am Bundeswehrkrankenhaus Ulm im Betrachtungszeitraum 1989-2015. VP Shunt = Ventrikulooperitonealer Shunt, PEG = Perkutane endoskopische Gastrostomie, m= männlich, w= weiblich.

| | VP Shuntinfektion (PEG vorhanden) | VP Shuntinfektion allgemein | Keine Shuntinfektion |
|--------------------------------------|--|--|---------------------------------|
| Durchschnittsalter | | | |
| Zeitpunkt Betrachtung | 34 | 32 | 51 |
| Zeitpunkt Shuntanlage | 23 | 21 | 41 |
| Zeitpunkt PEG-Anlage | 24 | 25 | 42 |
| Geschlechterverteilung m:w (in %) | 50:50 | 50:50 | 57:43 |
| VP vor PEG | 3 | 7 | 29 |
| PEG vor VP | 1 | 1 | 17 |
| Shunt und PEG zeitgleich | 0 | 0 | 3 |
| Antibiose (ja/nicht bekannt/nein) | 3/1/0 | 6/2/0 | 23/26/0 |
| Durchschnittlicher Abstand in mm | 32 | 54 | 85 |
| Betrachtungszeitraum in Tagen | 2237 | 2648 | 1694 |

Falldarstellungen

Patient a

Bei diesem Patienten handelt es sich um einen ehemaligen frühgeborenen Zwilling, 25 + 3 SSW. Dieser entwickelte eine intraventrikuläre Blutung Grad IV. Dabei handelt es sich um eine Ventrikelrissblutung mit Blutungen ins Hirnparenchym (Tabelle 5). Aufgrund dessen erfolgte initial die Anlage eines ventrikuloatrialen Shunts im Alter von fünf Monaten, gefolgt von zwei Revisionen (nach vier Wochen und 4,5 Monaten). Nach weiteren vier Wochen kam es zu einem Wechsel des Systems und zur Implantation eines ventrikuloperitonealen Shunts, welcher bereits nach drei Wochen revidiert werden musste. Im weiteren Verlauf entwickelte sich eine Shuntinfektion, so dass kurzfristig die Anlage einer externen Ventrikeldrainage nach vorheriger Entfernung des Shuntsystems notwendig wurde. Nach neun Monaten und im infektfreien Intervall konnte nun wieder ein VP-Shunt implantiert werden. Es folgte ein relativ langes symptomfreies Intervall von zehn Jahren, bis eine Shunt Dysfunktion aufgrund einer Diskonnektion mit anschließender Shuntrevision auftrat. Wieder entwickelte sich nach der Revision eine Shuntinfektion (Zeitraum zwei Monate). Danach folgten die erneute Externalisierung des Shunts und die Revision des peritonealen Katheters. Nach weiteren zwei Monaten Umwandlung desselben in ein VA-Shunt, welcher ebenfalls nach sechs Tagen revidiert werden musste.

Während des zehnjährigen symptomfreien Intervalls erfolgte im Alter von fünf Jahren eine PEG-Anlage bei Ernährungsstörung. Eine sich nach weiteren fünf Jahren und unmittelbar nach durchgeführter Shuntrevision entwickelnde lokale Rötung und Infektion im Peristomabereich mit nachfolgender Peritonitis waren die Ursachen für die zweite bereits beschriebene Shuntinfektion. Es wurde eine kalkulierte antibiotische Behandlung durchgeführt und der Shunt revidiert.

Von den beiden beschriebenen Infektionen ist nur eine aufgetreten, nach Anlage der PEG. Die erste genannte Infektion trat bereits vor PEG-Anlage auf, nur wenige Tage nach primärer Shuntanlage. Die zweite Infektion trat unmittelbar nach einer Shuntrevision auf.

Der Gesamtbetrachtungszeitraum lag bei 4471 Tagen, der Abstand zwischen dem VP-Shunt und der PEG wurde mit 31 mm gemessen und es erfolgte im Rahmen der Shuntanlagen und Revisionen immer eine Antibiotikagabe.

Zusammenfassung: Frühgeborenes mit intraventrikulärer Blutung. Initial Anlage VA-Shunt. Nach Anlage VP-Shunt frühzeitige Revision, gefolgt von zahlreichen weiteren Revisionen und insgesamt zwei Shuntinfektionen, wobei nur die zweite Infektion auftrat zu einem Zeitpunkt, zu welchem auch bereits die PEG gelegt war.

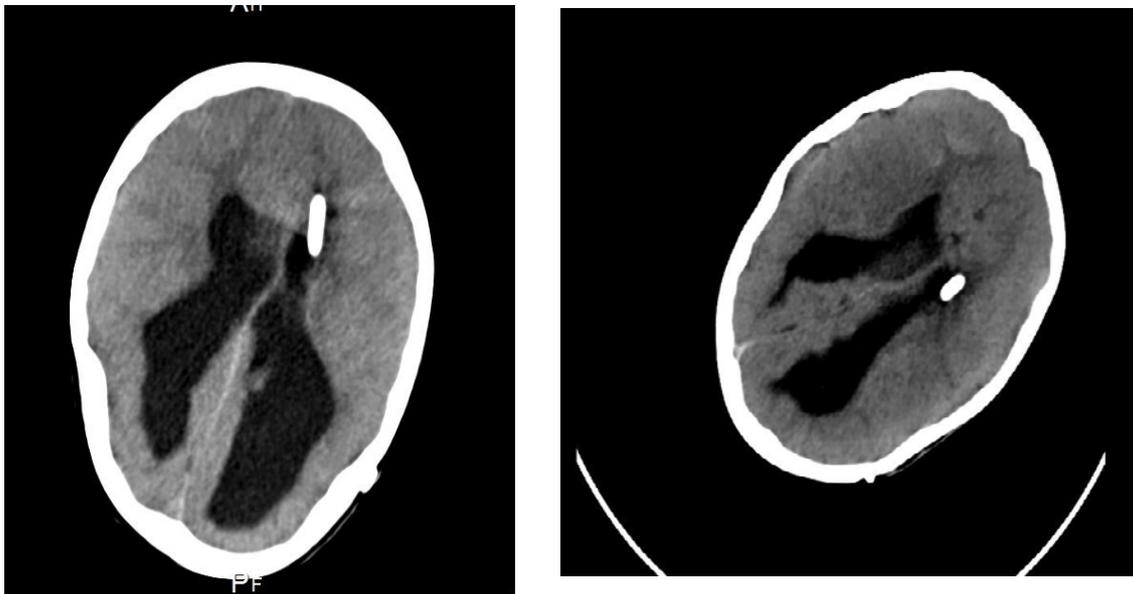


Abbildung 26 Computerradiographie-Aufnahme des Schädels bei 10jährigem Patienten mit liegendem Shunt, links am Tag der Shuntanlage, rechts sieben Monate später. Eine Abnahme der Weite der Liquorräume ist erkennbar (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2010).

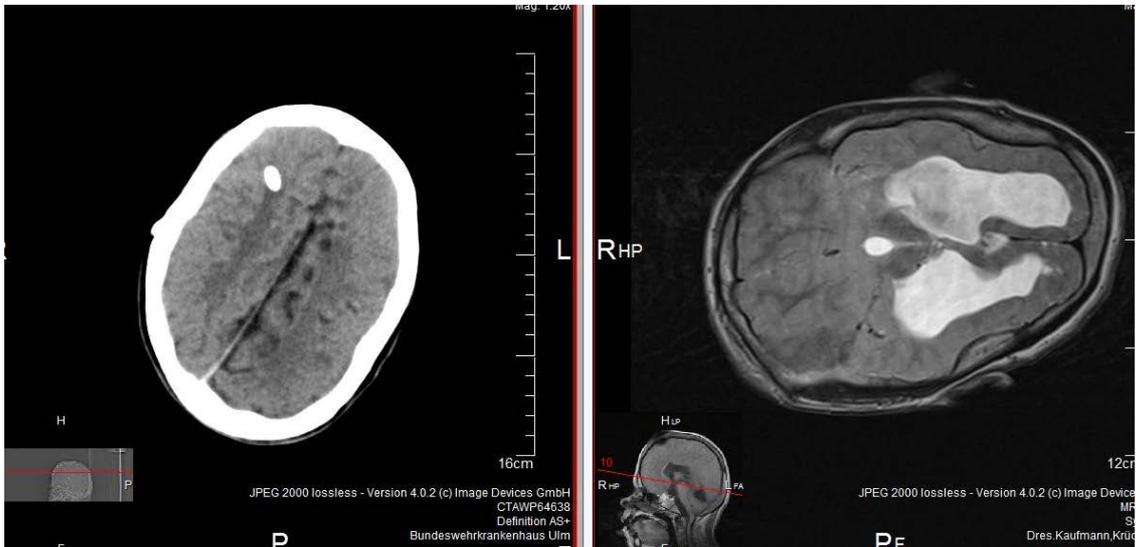


Abbildung 27 Radiologische Darstellung der Ventrikel bei einem 10jährigen Jungen mit einliegendem Shunt. Rechts am Tag vor Shuntanlage, links zwölf Monate später. Es ist eine deutliche Abnahme der Ventrikelweite erkennbar (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, Radiologie, 2010 und 2011).



Abbildung 28 Abdomenübersicht mit erkennbarem peritonealem Katheteranteil des Ventrikuloperitonealen-Shunts und mittig in Projektion auf die Wirbelsäule, die Perkutane endoskopische Gastrostomie bei einem zehn Jahre alten Jungen. (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, Radiologie, 2010)

Patient b

78jährige Patientin, welche zum Zeitpunkt der VP-Shuntanlage 68 Jahre alt war. Grund für die Notwendigkeit eines entlastenden Ventrikuloperitonealen Shunts war eine ausgedehnte Subarachnoidalblutung im Rahmen Aneurysma der A. carotis interna links mit nachfolgendem Liquoraufstau.

Nach primärer Anlage einer externen Ventrikeldrainage erfolgte 17 Tage nach dem Ereignis die Anlage eines VP-Shunts. Aufgrund fehlender und auch weiter ausbleibender Schluckreaktion wurde nach weiteren sechs Tagen die PEG-Anlage durchgeführt.

64 Tage nach erfolgter PEG-Anlage und 70 Tage nach VP-Shuntimplantation kam es zu einer Shuntinfektion mit daraus resultierender Shuntentfernung. Dieser konnte nach erfolgter Antibiose und Abklingen des Infektes nach einem Intervall von 14 Tagen wieder implantiert werden. Im weiteren Verlauf kam es zu keiner weiteren Shuntinfektion oder Fehlfunktion. Der Gesamtbetrachtungszeitraum bei dieser Patientin betrug 756 Tage. Der peritoneale Abstand von VP-Shunt und PEG zueinander lag bei 54 mm. Ob eine Antibiose im Rahmen der Shunt-Anlage gegeben wurde, ist aus den OP-Protokollen nicht ersichtlich.

Patient c

30 Jahre alter Patient, welcher zum Zeitpunkt der Shuntanlage 20 Jahre alt war.

Es lag ein Zustand nach Sturz aus sechs Metern Höhe mit daraus resultierendem SHT III° vor mit traumatischer Subarachnoidalblutung und komplexer Mittelgesichtsfraktur. Es erfolgte initial die Anlage einer parenchymatösen Hirndrucksonde. Acht Tage nach Trauma dann die Anlage einer externen Ventrikeldrainage mit mehrfachen Wechsel und Erweiterungen. Sechs Wochen nach Trauma und nach zwischenzeitlich septischer Phase Anlage eines ventrikuloperitonealen Shuntsystems. Im Verlauf kam es zur Entwicklung einer Candidameningitis mit Shuntinfektion. Es wurde der VP-Shunt entfernt und eine erneute Anlage einer externen Ventrikeldrainage durchgeführt. Nach Beseitigung des Infektes wurde nach weiteren drei Wochen ein VP-Shunt angelegt.

Danach war der Patient im weiteren Verlauf infektfrei. Bereits zwei Wochen vor Shunt-Anlage erfolgte die PEG-Anlage.

Das Intervall zwischen der Anlage des VP-Shuntes und dem Auftreten der Candidameningitis betrug 38 Tage. Auf dem radiologischen Bildmaterial konnte ein Abstand von 11,5 mm zwischen VP-Shunt und PEG gemessen werden. Im Rahmen der Shuntanlage erfolgte jeweils eine Antibiotikagabe. Der Gesamtbetrachtungszeitraum erstreckte sich auf 85 Tage. Bemerkenswert bei diesem Patienten ist vor allem, dass es bereits vor Anlage des VP-Shuntes einmal einen Zeitraum mit einer Sepsis gab.

Patient d

Dieser Patient kam ebenfalls als Frühgeborenes in der 25+5 SSW zur Welt und entwickelte im Verlauf eine ausgeprägte intraparenchymatöse und intraventrikuläre Blutung mit daraus resultierendem Hydrocephalus und zusätzlich bestehendem isoliertem 4. Ventrikel.

Vorerst erfolgte die Anlage einer Rickham-Kapsel. Bei Progredienz des Hydrocephalus wurde dann bei dem Kind im Alter von 6,5 Monaten die Anlage eines ventrikuloperitonealen Shunts durchgeführt. Knapp zwei Jahre später erfolgte die PEG-Anlage aufgrund bestehender Essstörung mit teilweise fehlender Schluckreaktion.

Da es zur Ausbildung eines Hygroms kam, wurde 3,5 Jahre nach initialer Shuntanlage der 4. Ventrikel an das Shuntsystem zusätzlich angeschlossen, dieser Anschluss wurde fünf Monate später in einem anderen Krankenhaus revidiert. Elf Tage nach dieser Revision entwickelte sich bei dem Patienten eine Shuntinfektion in Folge derer der VP-Shunt explantiert und vorübergehend zwei externe Ventrikeldrainagen implantiert wurden. Weitere zwei Monate später konnte nach Abklingen der Infektion wieder ein ventrikuloperitonealer Shunt angelegt werden. Im weiteren Verlauf war der Patient bis zu seinem Tod sechs Jahre später komplikationsfrei. Die Ursache für sein Versterben ist nicht bekannt.

Der Gesamtbetrachtungszeitraum bei diesem Patienten beläuft sich auf 3634 Tage. Der Abstand von PEG und Shunt zueinander lag bei 30 mm und im Rahmen der Shuntanlage erfolgte eine antibiotische Therapie.

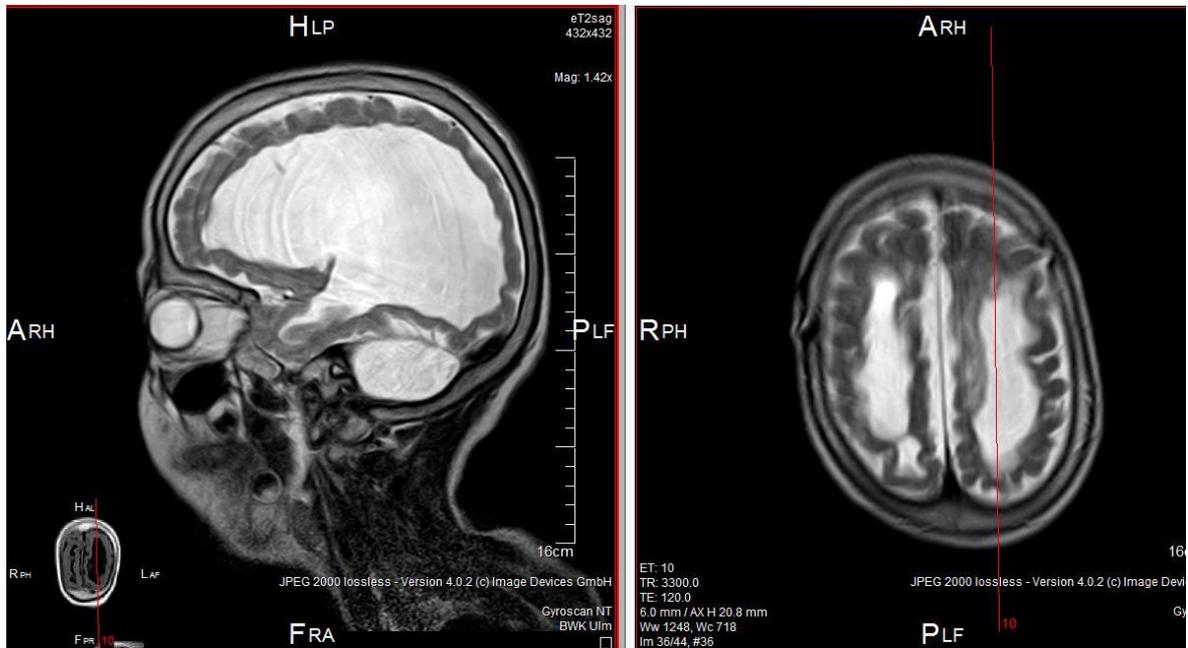


Abbildung 29 Magnetresonanz-Aufnahme des Schädels, sagittal und transversal im Vergleich, bei einem acht Jahre alten Jungen drei Jahre nach Shuntanlage (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, Radiologie, 2010).



Abbildung 30 Röntgen-Übersicht Abdomen mit liegendem Ventrikuloperitonealen-Shunt bei noch nicht vorhandener Perkutaner endoskopischer Gastrostomie bei einem zwei Jahre alten Jungen (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, Radiologie, 2004).

Die Falldarstellungen der vier Patienten mit dem Shuntinfekt nach PEG-Implantation verdeutlichen, dass es sich bei den Patienten in allen vier Fällen um solche handelt, welche auf Grund verschiedener Umstände schwer körperlich beeinträchtigt sind. Zwei Mal handelt es sich um Frühgeborene, einmal handelt es sich um einen Traumapatienten und bei der verbleibenden Patientin um eine Dame über 60 Jahren. In allen vier Fällen lagen lange Phasen der Hospitalisation vor und es waren aufgrund der vorliegenden Schädigung immer mehrere und vor allem weitere Krankenhausaufenthalte notwendig.

4 Diskussion

Ziel der durchgeführten Studie war es zu ermitteln, inwiefern ein erhöhtes Infektionsrisiko bei Patienten besteht, welche sowohl einen ventrikuloperitonealen Shunt als auch eine PEG zum gleichen Zeitpunkt besaßen. Darüber hinaus sollten mögliche Risiko- und Einflussfaktoren überprüft werden.

Ausschlaggebend für diese Studie war die allgemeine Zurückhaltung bzgl. der Anlage einer PEG bei Patienten mit liegendem VP-Shunt. Bisher dominiert die Meinung, dass eine PEG bei liegendem VP-Shunt mit einem erhöhten Shuntinfektionsrisiko assoziiert ist. Doch ist dem auch so? Ist diese Zurückhaltung noch zeitgemäß?

In dem aktuell untersuchten Patientenkollektiv lag das Infektionsrisiko bei Patienten mit Shunt und PEG bei sieben Prozent.

Genauer betrachtet entwickelten vier der 57 Patienten im Verlauf nach erfolgter Anlage eines VP-Shuntes und einer PEG eine Shuntinfektion.

Verglichen mit den in vorhergehenden Studien ermittelten Infektionsrisiken nach ausschließlich erfolgter Shuntanlage, welche in der Literatur mit durchschnittlich 6,9 % {1,6 – 11 %} (Spanu, et al. 1986), (Odio, et al. 1984), (Borgbjerg, et al. 1995), (McGirt, Zaas, et al. 2003) (Wang, et al. 2004) (McClelland und Hall 2007)) angegeben sind, ist kein Unterschied erkennbar (Tabelle 3).

Betrachtet man das Infektionsrisiko aufgedgliedert nach dem Patientenalter so konnten bisherige Studien folgende Werte ermitteln: Kinder (0-18Jahre) 7,9 – 11,0 % (Renier, et al. 1984) (Odio, et al. 1984) (Dallacasa, et al. 1995) (McGirt, Zaas, et al. 2003) und Erwachsene(>18Jahre) 3,5 – 6,1 % (Korinek, et al. 2011) (Khan, et al. 2015).

Das Durchschnittsalter der Patienten in der aktuell durchgeführten Betrachtung, welche einen Shuntinfekt bei liegender PEG erlitten, lag zum Zeitpunkt der Shuntanlage bei 22,5 Jahren, im Median bei 10,5 Jahren. Damit lag das Alter zu diesem Zeitpunkt 18 Jahre unter dem Alter des übrigen Patientenkollektivs, welches keinen Infekt entwickelte (40,5 Jahre).

Würde man das Kollektiv splitten in Kinder (0-18Jahre) und Erwachsene (>18Jahre), würde sich für die jeweilige Gruppe folgendes Infektionsrisiko ergeben: Kinder 0 – 18 Jahre (20 Patienten) 10 % und bei den über 18jährigen Patienten (37 Patienten)

5,4 %. Dabei ist das Infektionsrisiko bei den Kindern im Alter von null bis einem Jahr mit 12,5 % etwas höher als bei den restlichen Kindern.

Diese Ergebnisse lassen den Eindruck entstehen, dass ein sehr junges Alter als ein möglicher Risikofaktor in Frage kommt. Jedoch ist das Alter unter einem Jahr als Risikofaktor nicht signifikant ($p= 0,52$). Es liegt also keine wirkliche Gefährdung aufgrund des jungen Alters vor. Dennoch bestätigen diese Ergebnisse die bereits zuvor in anderen Studien ermittelten Werte. Insbesondere aufgrund des kleinen Patientenkollektivs konnten keine signifikanten Werte ermittelt werden.

Das Alter als Risikofaktor war wie bereits angemerkt bereits Bestandteil verschiedener Betrachtungen, so unter anderem in der Studie von *Vervloessem* (Vervloessem, et al. 2009). In dieser Studie wurden im Zeitraum von 1992 – 2008 lediglich die Risikofaktoren für schwerwiegende Komplikationen nach PEG-Anlage untersucht. Dennoch lassen sich die Ergebnisse auf die aktuelle Studie beziehen, da ein möglicher Risikofaktor neben anderen, ein vorhandener VP-Shunt war. Der Schwerpunkt lag auf der Überprüfung von folgenden möglichen Risikofaktoren für das Auftreten von Komplikationen nach PEG-Anlage: Alter unter einem Jahr, geistige Retardierung, Hepatomegalie, Vorhandensein eines ventrikuloperitonealen Shunts etc. Zusammenfassend stellten die Autoren fest, dass die Komplikationsrate deutlich über die Jahre ansteigt und dies vor allem bei Kindern unter einem Jahr mit bestehendem VP-Shunt. Demnach stellt ein vorbestehender VP-Shunt einen signifikanten Risikofaktor für die Entwicklung einer schwerwiegenden Komplikation nach PEG-Anlage dar. Bei den Kindern unter einem Jahr war das Risiko für Komplikationen ebenfalls erhöht, jedoch nicht signifikant. Als schwerwiegende Komplikationen wurden die Notwendigkeit eines chirurgischen Eingriffs, die zusätzliche Antibiotikagabe oder Durchführung einer Bluttransfusion sowie Prozedur-assoziierte Todesfälle definiert.

Wie bereits erwähnt, wurden ausschließlich die Komplikationen im Rahmen der PEG betrachtet. Jedoch sind es genau diese Komplikationen, welche am Ende zu einer Shuntinfektion führen können, sofern ein VP-Shunt vorhanden ist.

Bezugnehmend auf die aktuell vorliegende Untersuchung wurde gewissermaßen eine gegensätzliche Betrachtung durchgeführt, dabei wurde nicht auf die Komplikationen nach VP-Shunt, sondern nach PEG-Anlage abgehoben. Die Gemeinsamkeit liegt aber in

der Mitbetrachtung des VP-Shunters und in der Frage, ob das Patientenalter diesbezüglich ebenfalls einen Einfluss hat.

Die Verteilung auf die Geschlechter ist mit 2:2 (m:w) im Kollektiv der Patienten mit Shuntinfektionen bei sowohl vorhandenem Shunt als auch vorliegender PEG ausgeglichen.

Bei den übrigen Patienten lag der Anteil der männlichen Patienten mit 30:23 (m:w) etwas über dem Anteil der weiblichen. Da hierbei kein signifikanter Unterschied vorliegt ($p=0,52$), scheint das Geschlecht das Risiko für das Auftreten eines Shuntinfektes ebenfalls nicht zu beeinflussen. Dieses Ergebnis deckt sich mit den bisher durchgeführten Studien, in denen das Geschlecht als ein Risikofaktor ebenfalls nicht verifiziert werden konnte.

Auffällig hingegen war, dass die beobachteten Shuntinfektionen alle in einem relativ kurzen Abstand zu einem letzten chirurgischen Eingriff (PEG oder Shunt-Anlage/Revision) auftraten, nämlich im Schnitt 45 Tage nach einem solchen (Minimum elf Tage, Maximum 65 Tage). Der durchschnittliche Abstand zur initialen Shuntanlage lag hingegen bei 1281 Tagen (Minimum 38 Tage, Maximum 3555 Tage), der zur letzten PEG-Anlage bei 630 Tagen (Minimum 55 Tage, Maximum 1983 Tage). Daraus schlussfolgernd könnte vermutet werden, dass das Auftreten einer Shuntinfektion in unmittelbarem Zusammenhang mit einem operativen Eingriff steht bzw. mit zunehmender Dauer zur Shuntanlage steigt.

Als Begründung dafür steht die Erkenntnis, dass ein operativer Eingriff immer die Gefahr einer Keimverschleppung bzw. Kontamination mit sich bringt. Jeder zusätzliche Eingriff erhöht demnach das Risiko für eine solche Kontamination. Aufgrund dessen ist es nicht verwunderlich, dass die Zahl der Infektionen analog zur Zunahme der Eingriffe steigt.

Werden die zuletzt erfolgten Eingriffe betrachtet, so handelte es sich in einem Fall um die Anlage der PEG, einmal um die primäre Shuntanlage und in zwei Fällen um eine durchgeführte Revision aufgrund einer Dysfunktion oder Diskonnektion.

Wird die Krankheitsgeschichte der vier Patienten mit Shuntinfektion genauer untersucht, so fällt auf, dass alle schon mehrere vorhergehende Eingriffe vor der aufgetretenen Shuntinfektion hatten. Patient a entwickelte seine erste Shuntinfektion

nach fünf durchgeführten Eingriffen und seine zweite Shuntinfektion nach weiteren drei Eingriffen (inkl. der PEG-Anlage). Patient b hatte vorab bereits drei Eingriffe, bevor auch dieser eine Shuntinfektion erlitt. Ähnlich verhält es sich mit den beiden übrigen Patienten. Patient c hatte vier vorhergehende Eingriffe und Patient d fünf Interventionen.

Worin liegt das Risiko bei solchen Eingriffen?

Nach Studienlage von *Schoenbaum* treten 10 % der Shuntinfektionen mehr als ein Jahr postoperativ auf (Schoenbaum, et al. 1975). Die Anhäufung von Infektionen innerhalb der ersten zwei Monate nach Shuntanlage und gleiche Infektionsraten bei VA- und VP-Shunt legen nahe, dass die infektiösen Keime während der Operation eingebracht wurden. Bereits 1975 empfahl *Schoenbaum* aufgrund dessen zu prüfen, inwiefern die Gabe von Antibiotika und der Einsatz spezieller Materialien gewinnbringend sein könnten, um die Häufigkeit von Infektionen zu verringern.

Im Rahmen der PEG-Anlage zum Beispiel führt der Einstich durch die Bauchwand und durch den Magen zu einer Zerstörung bzw. Unterbrechung der gastrointestinalen Wand und schafft somit eine Verbindung zur Körperoberfläche. Dies ist eine potentielle Quelle für peritoneale bakterielle Kontaminationen und daraus resultierende Infektionen. Es können Keime der Haut entlang des Trokars eingeschleust werden oder oropharyngeale Keime werden während des Durchzugs der PEG-Sonde verschleppt. Nicht immer muss es hierbei zum Auftreten einer Peritonitis kommen. Eingeschleppte Keime können anschließend entlang des abdominalen Schenkels eines VP-Shuntes aufsteigen und in Folge dessen eine Shuntinfektion verursachen.

Diese Annahme wurde bereits 2006 in einer Studie veröffentlicht. *Fux* und Kollegen (Fux, et al. 2006) untersuchten damals mittels Elektronenmikroskop die explantierten VP-Shunts von drei Patienten. Diese genaue Betrachtung erfolgte aufgrund vorhergehender Erkenntnisse. Bereits vor Beginn dieser Studie war bekannt, dass die Diagnose und Therapie von Infektionen häufig schwierig ist, da die verursachenden Keime von einem Biofilm eingeschlossen werden. Man erhält dadurch bei kulturellen Untersuchungen oft falsch-negative Ergebnisse. Der Grund dafür liegt darin, dass die Bakterien sich an die Oberflächen von Fremdmaterial heften und dadurch nur selten im umgebenden Gewebe oder umgebender Flüssigkeit nachzuweisen sind (Tunney, et al. 1999). Solch eine Shunt-Kolonisation kann schon während der Shuntimplantation stattfinden und innerhalb von nur einem Monat zu symptomatischen Shuntinfektionen

führen. Dem hingegen kann das Wachstum der Bakterien innerhalb eines Biofilms die Ausbildung von Symptomen auch um Monate oder sogar Jahre verzögern. Dies führt wiederum zu Shuntinfektionen, welche erst Jahre nach Shuntimplantation auftreten (Costerton, et al. 1999). Alternativ können solch verspätet auftretende Infektionen auch aufsteigenden Bakterien zugeschrieben werden, also jenen Bakterien, welche zum Beispiel ausgehend von abdominalen bakteriellen Infekten wie zum Beispiel einer Appendizitis, am Shunt entlang aufsteigen (Panagea, et al. 1997). Auch eine spätere hämatogene Aussaat oder eine Anhaftung von Bakterien auf einem Biofilm, dessen Bildung durch die sich über Jahre zerstörende Oberflächenstruktur des Shunts begünstigt wird, können als Ursache für spät auftretende Shuntinfektionen vorstellbar sein (Baird, et al. 1999).

Die von *Fux et al.* untersuchten Shunts wiesen alle Unregelmäßigkeiten der Oberflächenstruktur auf, wie sie vorher bereits bei anderen sowohl unbenutzten als auch explantierten Silikon-Shunts beschrieben wurden (Tebbs, et al. 1994). Diese Unregelmäßigkeiten der Oberfläche sind bekannt dafür, dass sie die Adhäsion von Bakterien fördern (Kockro, et al. 2000). Die zum Teil auch intramural gefundenen biologischen Abfälle in einem nach fünf Jahren explantierten Shunt dokumentieren ebenfalls den progressiven Materialzerfall (Boch, et al. 1998), wodurch das Risiko der Kolonisation mit der Zeit immer weiter steigt. Der bereits beschriebene Langzeiterfall von Silikonen führt dazu, dass Substanzen freigesetzt werden, welche das Wachstum von Bakterien sogar noch begünstigen können (Martinez-Martinez, et al. 1990). Die bakterielle Kolonisation wird darüber hinaus weiterhin gefördert durch oberflächenadhärente Blutplättchen (Herrmann, et al. 1993) oder bereits vorhandene Biofilme.

Im Rahmen der Untersuchungen konnten *Fux et al.* Biofilme entlang des gesamten Shunts nachweisen, zum Teil mit Bakterien aus dem Bauchraum. Dies kann auch ein Beweis dafür sein, dass Bakterien sich offenbar entgegen der Fließrichtung des Liquors bewegen und auch monodirektionale Ventile überwinden können. Diese Biofilme konnten sowohl auf der Innen- als auch auf der Außenseite der Shunts nachgewiesen werden (Fux, et al. 2006).

Die beschriebenen Biofilme kann man sich als festgewachsene Gemeinschaften von bakteriellen Zellen vorstellen, welche von einem selbstgebildeten Polysaccharid ummantelt werden. Zusammen besitzen sie Widerstandskräfte gegenüber

antimikrobiellen Substanzen und bilden somit die Grundlage für eine Vielzahl von persistierenden oder chronischen bakteriellen Infektionen.

Biofilme bilden sich vor allem auf unbeweglichen Strukturen, sie wachsen langsam und es kann eine sehr lange Zeit dauern, bis sie offenkundige Symptome verursachen. Antibiotika können lediglich die Bakterien bekämpfen, welche oberflächlich auf dem Biofilm anhaften, durchdringen und zerstören den eigentlichen Biofilm jedoch nicht (Costerton, et al. 1999). Alle diese Eigenschaften machen einen Biofilm auf lange Sicht so gefährlich. Hinzu kommt, dass innerhalb dieser Biofilme neben den Bakterien auch Pilze parallel vorkommen können, so zum Beispiel *Candida* spp. (Harriott und Noverr 2009).

Zusammenfassend erklärt all das möglicherweise, warum die beschriebenen Shuntinfektionen lange Zeit nach primärer Shuntanlage und in Folge zahlreicher weiterer Eingriffe aufgetreten sind.

Durch das lange Vorhandensein der Shunts hat sich deren Struktur soweit verändert, dass die zum Beispiel durch andere chirurgische Eingriffe, wie PEG-Anlage, eingeschleusten Bakterien besser am Shunt anhaften konnten und nachfolgend eine Infektion verursacht haben. Der Shunt an sich konnte dabei auch als Aufstiegshilfe für Keime aus der Bauchhöhle fungieren.

Sind in der vorliegenden Studie demnach möglicherweise Keime aus dem Bauchraum entlang des peritonealen Schenkels des VP-Shuntes aufgestiegen und haben somit die Shuntinfektion ausgelöst? Die Möglichkeit dafür ist zumindest gegeben.

Die ermittelten Zeiten scheinen nach obigen Erkenntnissen nicht ungewöhnlich zu sein. 64 Tage nach PEG-Anlage trat der Shuntinfekt auf, 38 Tage nach Shuntanlage und durchschnittlich ebenfalls 38 Tage nach zuletzt durchgeführter Revision.

Dies könnte zurück zu führen sein auf die Einschleusung von Bakterien durch den chirurgischen Eingriff und die folgende langsame Vermehrung dieser in einem Biofilm. Fest steht, dass in allen Fällen aufgrund von Infektionen der Shunt gewechselt werden musste. Es liegen jedoch keine Ergebnisse von Liquor- oder mikrobiologischen Untersuchungen des entnommenen Shuntmaterials vor, so dass keine Aussage über das vorhandene Keimspektrum gemacht werden kann. Ob es sich also um Keime der physiologischen Hautflora oder um zum Beispiel *E. coli* handelt, ist nicht bekannt.

Einige dieser Organismen besitzen die Fähigkeit, das Shuntkathetermaterial abzutragen, anschließend mikroskopisch kleine Kolonien in der Katheterwand zu

bilden, welche dann für einen sehr langen Zeitraum existieren können, bevor sie zu einer Infektion führen (Peters, et al. 1982) (Guevara, et al. 1987) (Becker, et al. 2014). Allein die Oberfläche der verwendeten Materialien ist aufgrund ihrer Beschaffenheit prädisponiert für die Anhaftung von Bakterien und Ausbildung von Biofilmen. Diese spezielle Art der Materialoberfläche kann das Verhalten der Bakterien ändern, was wiederum zu deren Virulenz beiträgt (Gristina, et al. 1990). So ist zum Beispiel die Fähigkeit, einen Biofilm zu bilden, einer der Hauptvirulenzfaktoren von *Staph. epidermidis*. Diese Eignung erleichtert den Schutz gegenüber der Wirtsabwehr bei zeitgleich stetiger Initiierung einer Immunantwort (Stevens, et al. 2012). Bisherige Studien haben erwiesen, dass eine signifikante Anzahl der auftretenden Shuntinfektionen durch *Staph. epidermidis* (50 %) und *Staph. Aureus* (bis zu 25 %) verursacht werden (Younger und Barrett 1990) (Bayston, Leung, et al. 1983) (Tuan, et al. 2011).

Daneben gibt es noch *Corynebakterien* und *Propionibakterien* als mögliche Auslöser für eine Shuntinfektion (Bayston, Ashraf, et al. 2007). Dennoch stellen jene Bakterien, welche Bestandteil der menschlichen Hautflora sind, die häufigsten Auslöser dar.

Die Verletzung einer physiologischen angeborenen Barriere, sei es der Epithelzellschicht, der Schleimhautbarriere, Hirnhaut oder der Bluthirnschranke im Rahmen der VP-Shuntanlage, kann zu einer Erleichterung der Invasion dieser Bakterien führen. Ein neu eingeführtes Device bietet einen perfekten Lebensraum, welcher das Wachstum und das Überleben der im Rahmen der VP-Shunt-Anlage eingebrachten Bakterien fördert und anschließend ein geeignetes Reservoir bildet für die Ausbildung von Infektionen. Unter Umständen können peritoneale Shunts auch von kaudal besiedelt werden und es kommt anschließend zu einer retrograd aufsteigenden Infektion in das Zentrale Nervensystem, wie bereits vorab beschrieben. Die normalerweise weniger virulenten Keime sind aufgrund ihrer Fähigkeit zur Biofilmbildung in der Lage, schwere Infektionen auszulösen.

Drei Faktoren sind für die Bildung eines Biofilms notwendig: eine Mikrobe, ein Exopolymer und eine Oberfläche oder Grenzfläche. Das Exopolymer ist die Kittsubstanz, welche den Biofilm auf der Oberfläche hält und es wird überwiegend aus Exopolysacchariden gebildet, welche bakteriellen Ursprungs sind. Diese komplexe Struktur versorgt die Bakterien mit essentiellen Nährstoffen und Mineralien aus der umgebenden Umwelt (Stevens, et al. 2012).

Die Biofilmbildung durch *Staph. epidermidis* auf Plastikoberflächen erfolgt in zwei Stufen. Zuerst findet eine primäre Anhaftung der Bakterien auf der Oberfläche statt, gefolgt von einer weiteren Zell-Zell Adhäsion und Akkumulation. Dabei spielen Zell-Zell-Kommunikationen zwischen den Bakterien innerhalb des Biofilms eine wichtige funktionale Rolle in der systematischen Expression von Genen als Antwort auf die sich wechselnden Gegebenheiten innerhalb und außerhalb des Biofilms (Voung, et al. 2003). Einmal eingebracht, sind die medizinischen Geräte schnell bedeckt mit einer Schicht aus wirtseigenen Proteinen wie z.B. Fibrinogen.

Sind biofilmbildende Keime involviert, ist das Ergebnis der Liquorkultur im Rahmen der Abklärung von Shuntinfektionen häufig negativ (Walters, Hoffman, et al. 1984).

Dass die Biofilmbildung durch *Staph. epidermidis* insbesondere bei neurochirurgischen Isolaten eine relevante Rolle spielt, konnte eine Untersuchung von Stevens bestätigen (Stevens, Tharmabala, et al. 2008). Bereits vorab wurde dies durch die Studie von Fux et al. (Fux, et al. 2006) beschrieben.

Die genaue Art und Weise, wie sich Shuntinfektionen entwickeln ist bislang trotz allem noch nicht genau geklärt. Neurochirurgen und Kinderärzte gehen allerdings davon aus, dass in den meisten Fällen die Shuntinfektionen verursacht werden durch die Ausbreitung von Keimen, welche sich durch die chirurgische Wunde verteilen. Eingeschleust werden diese entweder direkt durch die umgebende Haut oder durch eine Kontamination der Handschuhe und Instrumente mit der Patientenhautflora während der Operation (Winston 1992) (Pople, et al. 1992).

Eine Shuntinfektion tritt anschließend auf, wenn sich diese Bakterien oder Pilze auf der Oberfläche des Shuntsystems vermehren (Chiou, et al. 1994).

Am häufigsten treten daher diese Infektionen innerhalb der ersten 30 Wochen nach Shunt-Anlage auf, was die Annahme unterstützt, dass diese Infektionen durch eine perioperative Kontamination bedingt sein könnten (Ronan, et al. 1995).

Ist der zeitliche Abstand zur Operation hingegen entsprechend lang, kann dies ebenso durch die anschließende Biofilmbildung begründet werden.

Das heißt, dass nicht die PEG-Anlage per se die Gefahr darstellt, sondern jeder weitere chirurgische Eingriff an sich.

Auch Turgut (Turgut, et al. 2005) konnte mit seiner Studie die Annahme unterstützen, dass durch die Shunt-Anlage eine Kontamination stattfindet. Turgut und Kollegen untersuchten 35 Kinder mit VP-Shuntinfektionen und überprüften mögliche

Risikofaktoren. In der durchgeführten Studie traten die Infektionen innerhalb der ersten vier Monate nach Shuntanlage auf und in den anschließend untersuchten Kulturen wurden hauptsächlich Staph. epidermidis und Staph. aureus nachgewiesen. Diese Keime sind offenbar im Rahmen des operativen Eingriffs in die chirurgische Wunde eingebracht wurden. Demzufolge ist das Einbringen der Keime während der Operation eine wichtige Determinante im Rahmen der Entwicklung von Shuntinfektionen und sollte mittels der Gabe eines entsprechenden Antibiotikums zu einem frühen Zeitpunkt verhindert werden (Filka, et al. 1999). Ist es erst zur Ausbildung eines Biofilms gekommen, ist die Bekämpfung der sich darin vermehrenden Bakterien schwierig. Biofilme bilden einen „sicheren Hafen“ für das Wachstum von Bakterien, auch im Beisein einer Standardkonzentration eines Antibiotikums.

Den tatsächlichen Einfluss von Antibiotika im Rahmen der Shuntanlage untersuchten *Schmidt* und Kollegen. Dabei konnten sie keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich der Infektionsrate bei Patienten mit und ohne Antibiose ermitteln. Sie verglichen 79 Patienten mit erfolgter antibiotischer Behandlung im Rahmen der Shuntanlage, mit 73 Patienten ohne Antibiose. Im behandelten Kollektiv lag die Infektionsrate bei 8,9 % und in der Vergleichsgruppe bei 5,5 %. Ein signifikanter Nutzen konnte nicht nachgewiesen werden (Schmidt, et al. 1985).

Erst kürzlich wurde untersucht, inwiefern die topische Anwendung von Vancomycin im Rahmen der Shuntanlage das Infektionsrisiko senken kann. Die Shuntinfektionsrate konnte damit insgesamt signifikant von 6,8% innerhalb der Kontrollgruppe auf 3,0% in der Interventionsgruppe gesenkt werden (van Lindert, et al. 2018).

Bei drei der vier Patienten mit Shuntinfektion im aktuell untersuchten Kollektiv ist peri- und postoperativ nach Shuntanlage bzw. Revision die Gabe eines Antibiotikums erfolgt. Bei dem verbliebenem Patienten wurde diesbezüglich keine Aussage gemacht. Somit hatten 75 % der Patienten in diesem kleinen Kollektiv eine Antibiose und haben dennoch eine Infektion entwickelt. Allerdings wurde nur die Antibiotikagabe im Rahmen der Shuntanlage betrachtet und nicht die, welche ggf. vor, während oder nach PEG-Anlage erfolgte.

Der Einfluss des Antibiotikums auf den weiteren Verlauf ist fraglich. Zwar hatten fast alle ein Antibiotikum, aber nur bei einem Patienten ist der Shuntinfekt nach Shuntanlage als letzten chirurgischen Eingriff aufgetreten. Womöglich hat die Antibiose in allen anderen Fällen Schlimmeres verhindern können.

Allerdings kann auch hier ein weiteres Mal Bezug auf den Biofilm genommen werden. Diese Biofilme sind wie bereits erwähnt sehr resistent gegenüber Antibiotika, da diese häufig nicht den kompletten Biofilm durchdringen. Aufgrund dessen kann es trotz Antibiotikagabe zu einer kontinuierlichen Vermehrung der Bakterien kommen und das Auftreten von Infektionen trotz Antibiotikagabe damit erklärt werden.

Den langen zeitlichen Abstand zwischen initialer Shuntanlage und Auftreten eines Shuntinfektes unabhängig davon, ob eine PEG gelegt wurde oder nicht, mit durchschnittlich 1797 Tagen könnte man als positiven Nutzen des initial gegebenen Antibiotikums werten oder aber dem zuschreiben, dass die Ausbildung eines Biofilms und die Vermehrung der Bakterien darin einen sehr langen Zeitraum in Anspruch nehmen und es dadurch zu solchen zeitlichen Verzögerungen kommt.

In dem Patientenkollektiv der Patienten ohne Shuntinfektion ist der Anteil der Patienten, bei denen nicht sicher davon ausgegangen werden kann, dass sie eine Antibiose bekommen haben, relativ hoch (26 von 49 Patienten). Wenn davon ausgegangen wird, dass diese keine Antibiose erhalten haben, dann scheint ein Vorteil hinsichtlich der Antibiotikagabe nicht zu bestehen.

Ähnliche Ergebnisse wurden auch bereits von *Schmidt* und *Quigley* ermittelt (Schmidt, et al. 1985) (Quigley, et al. 1989).

Es gibt bisher noch keine hinreichenden Belege dafür, dass eine prophylaktische Antibiotikagabe das Auftreten von Shuntinfektionen tatsächlich verhindert. Die Vermutung wurde schon oft geäußert, aber keine Studie konnte diesbezüglich signifikante Ergebnisse liefern. Der Grund liegt vielfach im zu kleinen Patientenkollektiv. Im Rahmen eines systematischen Reviews, durchgeführt von *Klimo* et al. wurde die Evidenz der Effektivität der prophylaktischen intravenösen Antibiotikagabe zur Shuntinfektionsprophylaxe untersucht, um anschließend Empfehlungen für zukünftige Behandlungen zu geben. Durch die Kombination der Ergebnisse mehrerer kleinerer Studien (Meta-Analyse) konnte gezeigt werden, dass die Verwendung präoperativer Antibiotika bei Shuntoperationen zumindest bei Kindern das Risiko einer Shuntinfektion senkt (Klimo Jr, et al. 2014).

Die Frage nach der Wirksamkeit einer Antibiotikagabe wurde wie bereits erwähnt schon mehrfach erörtert und hinsichtlich der eigentlichen Fragestellung auch

differenziert nach Antibiotikagabe zum Zeitpunkt der Shuntanlage und zum Zeitpunkt PEG-Anlage thematisiert.

So führten zum Beispiel *Schulman und Sawyer* (Schulman und Sawyer 2005) eine retrospektive Untersuchung an erwachsenen Patienten durch. Sie betrachteten 39 Patienten mit bestehendem VP-Shunt und im Verlauf erfolgter PEG-Platzierung. Zwei Patienten (5 %) davon entwickelten im Verlauf eine Meningitis. Im Liquor dieser beiden Patienten konnten *Staphylococcus aureus* und *Enterococcus faecalis* nachgewiesen werden. Beide Patienten waren zum Zeitpunkt der PEG-Anlage antibiotisch abgedeckt.

Die Autoren beschrieben, ähnlich wie auch *Nabika* (Nabika, et al. 2006), dass eine nach VP-Shunt angelegte PEG theoretisch gefährlich ist, da die Anlage einer PEG zu einer Verletzung des Gastrointestinaltraktes mit potentieller peritonealer Kontamination führt. Sollten, aufgrund dessen, enterale Bakterien das distale Katheterende des ventrikuloperitonealen Shuntes kolonisieren und aufsteigen, könnte dies zu einer verheerenden Meningitis führen. Von dieser Gefahr ausgehend stellten sie die Hypothese auf, dass die Infektionsrate für Shunt-Patienten mit zusätzlicher PEG-Anlage höher ist als bei Patienten mit alleinigem Shunt.

Neben der allgemeinen Infektionsrate untersuchten *Schulmann* und *Sawyer* darüber hinaus mögliche weitere Risikofaktoren, wie z.B. die Anzahl der Tage zwischen beiden Prozeduren, das Patientenalter zum Zeitpunkt der Eingriffe, bereits vorhergehend erfolgte chirurgische Eingriffe, erhaltene Antibiotikagabe und weitere.

Im Betrachtungszeitraum von neun Jahren wurden letztendlich 39 Patienten untersucht, deren Durchschnittsalter bei 59 Jahren lag.

Zwischen beiden Anlagen bestand im Durchschnitt ein zeitlicher Abstand von 43.1 Tagen (± 18 Tage). Dabei betrug der Median des zeitlichen Abstandes neun Tage mit einer Spanne von 2 - 564 Tagen.

Im Vergleich dazu lag der Abstand zwischen beiden Prozeduren in der aktuellen Studie bei 833 Tagen (0 bis 11319 Tage), der Median des zeitlichen Abstands belief sich auf 30 Tage.

Die häufigste Indikation für eine Shuntanlage bei den hier betrachteten Patienten war, wie auch in der Untersuchung von *Schulman und Sawyer*, ein bestehender Hydrocephalus (Infolge von Blutung oder Raumforderung), gefolgt von einem Normaldruckhydrocephalus.

13 der 39 Patienten benötigten mindestens eine Shuntrevision, einige aus mehr als einem Grund. Die häufigste Ursache war auch hier das Vorliegen einer Shuntfehlfunktion, was den Ergebnissen der aktuell durchgeführten Studie gleicht.

Wie vorab schon erwähnt, entwickelten zwei Patienten (5 %) im Verlauf eine Shuntinfektion, zwei bzw. 15 Monate nach PEG-Anlage. Ob diese Infektionen tatsächlich im Zusammenhang mit der PEG-Anlage stehen, ist den Autoren zufolge nicht sicher. Einer der beiden Patienten entwickelte die Infektion immerhin erst über ein Jahr nach PEG-Anlage. Darüber hinaus konnten keine positiven peritonealen Katheterkulturen nachgewiesen werden. Lediglich im Liquor konnte Staph. aureus und Enterococcus faecalis nachgewiesen werden. Doch auch hier stellt sich die Frage, ob nicht ggf. die Bildung eines Biofilms für die verzögerte Entwicklung der Shuntinfektion zuständig war. Biofilme, wie sie bereits 1943 von *Zobell* beschrieben wurden (Zobell 1943) (Habash und Reid 1999). Wie bereits erwähnt, bilden sie sich auf Oberflächen von Fremdkörpern innerhalb weniger Tage nach Implantation und begünstigen die Anhaftung von Bakterien. Wird diese Beobachtung nun weiteren Vorgehensweisen bzw. Handlungsempfehlungen zugrunde gelegt, könnten die Patienten davon profitieren, wenn die PEG-Anlage unmittelbar nach Shuntanlage und noch vor Ausbildung des Biofilms erfolgt. Noch optimaler wäre es nach *Schulman und Sawyer*, wenn man erst die PEG implantiert, die Ausreifung des PEG-Kanals abwartet und anschließend die Shuntanlage durchführt. Denn solange der Fistelkanal nicht ausgereift ist, stellt dieser eine mögliche Eintrittspforte für Bakterien dar. Dieses Vorgehen ist jedoch aufgrund der vorliegenden Erkrankungen nur in den seltensten Fällen möglich.

Beide Patienten, die im Rahmen der Untersuchung der Studie eine Infektion erlitten, erhielten vorneweg eine Antibiose, so dass die Frage nach der Wirksamkeit dieser aufkommt. Da aber fast alle Patienten in dieser Studie eine Antibiose erhielten (72 %), können die Autoren auch nicht einfach davon ausgehen, dass es keinen Benefit gegeben hat. Wie wären die Ergebnisse erst ohne Antibiose gewesen?

Da überwiegend Staphylococcus Spezies nachgewiesen wurden, empfehlen sie die Gabe eines entsprechend wirksamen Antibiotikums.

Verglichen mit den bis dato publizierten Infektionsraten von zwei bis fünf Prozent für Shuntinfektionen bei erwachsenen Patienten mit alleinigem Shunt, konnte in dieser Studie entgegengesetzt der von ihnen gestellten Annahme, kein Anstieg der Infektionsraten ermittelt werden.

Faias beobachtete, dass eine oropharyngeale Kolonisation mit Keimen zu einem Anstieg von peristomalen PEG-Infektionen führt. Dies wurde bereits bei Patienten mit Kopf- und Nackentumoren nachgewiesen. Führt man jedoch vorher eine Dekontamination des Oropharynx durch, so konnte dieses Risiko verringert werden. Als Schlussfolgerung aus dieser Beobachtung empfiehlt *Faias* eine Antibiotikagabe im Rahmen der PEG-Anlage (*Faias, et al. 2006*).

Nicht nur gegen die oropharyngeal vorkommenden Keime sollte der Patient geschützt werden, sondern auch gegen die Keime der physiologischen Hautflora. Neben der Verschleppung von Keimen aus dem Oropharynx ist auch das Einbringen von Keimen der Haut ein ernstzunehmendes Problem. Sollte es zu einer peristomalen Infektion oder gar noch schlimmer zu einer Peritonitis kommen, könnte dies für Patienten mit vorhandenem Shunt fatale Folgen im Sinne einer Shuntinfektion mit nachfolgender Meningitis haben.

Dass peristomale Wundinfektionen im Zusammenhang mit der PEG-Anlage stehen (*Pien, et al. 1996*) und das Risiko für das Auftreten einer Infektion durch die Gabe eines Antibiotikums im Rahmen PEG-Anlage verringert werden kann, beobachteten schon einige Kollegen (*Ahmad, et al. 2003*) und (*Chaudhary, et al. 2002*).

Auch *Baird* und Kollegen kamen zu diesem Schluss. Sie untersuchten hingegen nur sechs Patienten, welche nach Shuntanlage noch eine PEG benötigten. Da aber auch in diesem kleinen Kollektiv keine unmittelbaren oder langfristigen Komplikationen auftraten, schlussfolgerten sie, dass die Kombination aus PEG und VP-Shunt eine sichere sei, solange im Rahmen der PEG-Anlage auf eine prophylaktische Antibiotikagabe geachtet wird (*Baird und Salasidis 2004*). Die gleiche Empfehlung gaben auch *Chong* und Kollegen ab, zusätzlich zu der Empfehlung, immer einen größtmöglichen Abstand beider Systeme zueinander zu wählen (*Chong, et al. 2013*), worauf im weiteren Verlauf noch genauer eingegangen wird.

Valletta und Kollegen untersuchten ebenfalls ein sehr kleines Patientenkollektiv, bestehend aus ausschließlich vier Kindern über einen Zeitraum von 15 Monaten. Bei diesen vier Kindern waren ein VP-Shunt und eine PEG vorhanden. Während der Routineeingriffe erfolgte immer eine antibiotische Behandlung. Bei keinem der vier Kinder traten Wechselwirkungen zwischen VP-Shunt und PEG auf, ebenso kam es zu keinen Shuntinfektionen. Den Autoren zufolge gibt es keine Kontraindikationen für die

Anlage einer PEG bei Kindern mit bestehendem VP-Shunt, sofern man sämtliche Risikoquellen beachtet und vermeidet (Valletta, et al. 2003). Damit treffen diese Kollegen eine gegenteilige Aussage zu der später von *Vervloessem* und Kollegen (Vervloessem, et al. 2009) veröffentlichten und hier bereits vorab geschilderten Ansicht. Ein Nachteil der Studie von Valletta ist mit Sicherheit das sehr kleine Patientenkollektiv. Somit können auch hier keine signifikanten Aussagen getroffen werden.

Bereits früher zahlreich durchgeführte Studien konnten keinen Nutzen durch die Gabe eines Antibiotikums nachweisen. Trotz prophylaktischer Antibiotikagabe vor und während der Shuntoperationen konnte das Risiko für das Auftreten einer Shuntinfektion nicht signifikant gesenkt werden (Bayston 1975) (Odio, Mohs, et al. 1984) (Haines und Taylor 1982) (Rotim, et al. 1997). Alle diese randomisiert kontrollierten Studien untersuchten ein sehr kleines Patientenkollektiv, dadurch konnten keine signifikanten Zahlen erreicht werden. Allein die geringe Anzahl der Patienten machte es schwierig, einen möglichen positiven Nutzen des Antibiotikums gegenüber dem Zufall abzugrenzen.

Walters und Mitarbeiter änderten das Studiendesign und führten eine Fall-Kontroll-Studie durch. Trotz relativ kleinem Patientenkollektiv (n=64) konnten sie eine dreifache Reduktion der Shunt-Infektionen bei Patienten mit zusätzlich durchgeführter Antibiotikagabe nachweisen, im Vergleich zu Patienten, welche keine Antibiose erhalten haben (Walters, Hoffmann, et al. 1985). Wohlwissentlich, dass eine gut strukturierte und implementierte randomisiert-kontrollierte Studie immer höherwertiger als andere Studiendesigns sein wird, machte es die Situation notwendig, das Studiendesign zu ändern und so relevante Ergebnisse zu erzielen. Und dies ist ihnen augenscheinlich gelungen. Zum damaligen Zeitpunkt lieferte diese Studie den stärksten Beweis bezüglich des Nutzens der perioperativ durchgeführten Antibiose im Rahmen von VP-Shuntanlagen.

Schon vor mehr als 30 Jahren untersuchten *Gardner* und Kollegen (Gardner und Gordon 1982) über zwei Jahre den postoperativen Verlauf nach zweihundert durchgeführten Shuntanlagen. Dazu zählten VP-Shunts, VA-Shunts, Thekoperitonealshunts sowie ein Ventriculovesicalshunt. Es wurde keine kontrollierte Antibiotikagabe durchgeführt und trotzdem entwickelten lediglich drei Patienten eine Infektion. Sie schlussfolgerten

daraus, dass insbesondere durch eine genaue Planung des Eingriffs, sauberes Arbeiten und Vermeiden von übermäßigem Gebrauch nichtresorbierbarer Materialien postoperative Infektionen vermieden werden können. Somit kann auf den Gebrauch von Antibiotika und der damit verbundenen Gefahr der Resistenzentwicklung verzichtet werden.

Bereits in den 70er Jahren haben *George* und Kollegen zahlreiche Patienten mit Shunts im postoperativen Verlauf betrachtet (*George, et al. 1979*). Insgesamt führten sie eine Untersuchung über 25 Jahre mit 840 Shunts durch. Innerhalb des ersten Monats traten dabei ca. 2/3 der beobachteten Infektionen auf. Vor allem die sehr jungen und sehr alten Patienten wiesen dabei höhere Infektionsraten auf. Außerdem beobachteten sie eine Zunahme an Infektionen bei Patienten mit bereits erfolgter Revision.

Die unkontrollierte Antibiotikagabe hatte laut den Beobachtungen der Kollegen damals keinen wesentlichen Einfluss auf das Entstehen einer Shuntinfektion. Schon zu dieser Zeit war vor allem *Staph. Epidermidis* für fast die Hälfte aller Infektionen ursächlich.

In den Leitlinien der britischen Gesellschaft für Gastroenterologie wurde der Studie von *Saadeddin* und Kollegen (*Saadeddin, et al. 2005*) entsprechend, die Gabe eines Antibiotikums im Rahmen der PEG-Anlage empfohlen (*Bramble 2001*).

Gemäß dieser Studie konnte im Vergleich zu Placebo die Rate der peristomalen Wundinfektionen ebenso reduziert werden, wie das Auftreten von systemischen Infektionen. Ähnliche Ergebnisse erzielten bereits *Dormann* und Mitarbeiter (*Dormann, Wiggingshaus, et al. 1999*). In den deutschen DGEM-Leitlinien zur enteralen Ernährung wird bzgl. der PEG-Anlage und der Vermeidung von peristomalen Wundinfektionen auf Seite 30 Folgendes geschrieben: „Die Inzidenz von lokalen Wundinfektionen nach PEG-Anlage kann durch eine präinterventionelle Antibiotikaphylaxe (30 Minuten vor PEG-Anlage Applikation eines Cephalosporin III. Generation oder mit einem betalaktamasegeschützten Breitspektrumpenizillin) deutlich reduziert werden.“ Und im ergänzenden Kommentar dazu heißt es: „Die grundlegende Voraussetzung zur Vermeidung periinterventioneller Infektionen ist die korrekte Anlagetechnik und die standardisierte Versorgung der Patienten im weiteren Verlauf. Eine sinnvolle Ergänzung dieser Maßnahmen stellt die Antibiotikaphylaxe dar. Die periinterventionelle Antibiotikaphylaxe ist mittlerweile in den

angloamerikanischen Ländern bei der PEG-Anlage etabliert und wird von den Fachgesellschaften empfohlen. Eine zusätzliche Antibiotikagabe ist nur dann notwendig, wenn der Patient nicht schon bereits unter einer Antibiose steht.“

(Dormann, et al. 2003).

Da der Großteil der bisher in Studien nachgewiesenen Bakterien zum Stamm der *Staphylococcus* Spezies gehört (Spanu, et al. 1986) (Shapiro, et al. 1988) (Patir, et al. 1992) (Chaudhary, et al. 2002) (Ahmad, et al. 2003) (Sharma und Howden 2000) (Wang, et al. 2004), sollte wenn gewünscht immer eine Antibiose gegen ebensolche verabreicht werden.

Bezüglich der zeitlichen Abfolge beider Prozeduren wurden bisher bereits verschiedenste Erkenntnisse gewonnen. So untersuchten zum Beispiel *Nabika* und Mitarbeiter (Nabika, et al. 2006) gezielt mögliche Risikofaktoren für Shuntinfektionen bei Patienten mit PEG und VP-Shunt. Dafür wurden 23 Patienten im Alter von fünf bis 84 Jahren zurückblickend betrachtet. Unter anderem wurde zum Beispiel die Anlagenreihenfolge untersucht. Zwölf Patienten bekamen den Shunt nach der PEG, elf davor. Von vier Patienten, welche einen Shuntinfekt entwickelten, bekamen drei ihren VP-Shunt erst nach erfolgter PEG-Anlage. Außerdem war bei diesen drei Patienten die Zeit zwischen den einzelnen Prozeduren etwas kürzer (18, 19, 23 Tage), als im Durchschnitt mit 29,3 Tagen im restlichen Kollektiv. Alle Patienten haben im Rahmen beider Prozeduren eine Antibiose erhalten.

Die Follow-Up Zeit betrug hier im Durchschnitt nur 66 Tage (14-165 Tage).

Verglichen mit der Kontrollgruppe, welche aus 123 Patienten mit ähnlichen bekannten Risikofaktoren für die Entwicklung einer Shuntinfektion bestand jedoch ohne vorhandene PEG, gab es keine statistisch signifikanten Unterschiede. Auch hier reichte die Größe des Patientenkollektivs nicht aus, um signifikante Werte zu erhalten.

Dennoch scheint den Autoren zufolge ein Zusammenhang zwischen PEG-Anlage und auftretenden Infektionen vorhanden zu sein. Grund für diese Annahme ist die Beobachtung, dass die Infektionsrate bei den Patienten mit PEG und VP-Shunt bei 17,4 % und in der Kontrollgruppe bei 4,9 % lag. Genauer betrachtet war auch der Anteil der Shuntinfektionen bei den Patienten, welche ihre PEG vor dem Shunt bekommen haben, höher.

Erklärt wurde dies damit, dass nach Anlage der PEG der gebildete Fistelgang erst ausreifen und sich zur Umgebung hin verschließen muss. Solange dies noch nicht

geschehen ist, ist dieser Gang eine mögliche Eintrittspforte für Bakterien. Diese beschriebene Ausreifung des Ganges kann mehrere Wochen dauern und ist vor allem bei Patienten mit Wundheilungsstörungen oder unter Steroidtherapie verzögert (Taylor, et al. 2001) (Winograd 1992). Würde man folglich einen Shunt unmittelbar nach PEG-Anlage anlegen, könnten direkt Keime über den noch nicht ausgereiften Fistelgang in die Bauchhöhle und von dort am Shunt aufsteigen.

Das Revisionsrisiko wurde in dieser Studie mit 6,8 % angegeben. Dieses Risiko ist verglichen mit den aktuell ermittelten Werten relativ gering. Die Diskrepanz zwischen den ermittelten Werten dieser Studie und der aktuell durchgeführten Studie mit einer Revisionsrate von 39 % kann unter anderem an der kurzen Follow-Up Zeit liegen (Durchschnittlich 66 Tage). Bekanntermaßen steigt mit zunehmender Zeit oft erst die Revisionsrate an, so dass man in einem Zeitraum von 15 Jahren Revisionsraten von bis zu 85 % beobachten konnte (Borgbjerg, Gjerris, et al. 1995) (Sells, et al. 1977) (Farahmand, et al. 2009) (Sainte-Rose, et al. 1991) (Khan, et al. 2015) (Reddy, et al. 2011) (Stone, et al. 2013). Die kurze Follow-Up-Zeit in der Untersuchung von *Nabika* könnte demnach eine Erklärung für die verhältnismäßig geringe Revisionsrate sein. Das Gleiche gilt für das Auftreten von Infektionen. Betrachtet man lediglich ein kurzes postoperatives Intervall, so ist die Infektionsrate deutlich geringer, als wenn längerfristige Verläufe untersucht werden.

Ebenfalls 2009 veröffentlichten *Cairns et al.* die Ergebnisse einer retrospektiven Studie mit insgesamt 24 Patienten, welche sowohl einen VP-Shunt als auch eine PEG besaßen. Das Augenmerk dieser Studie lag auf der Überprüfung, ob die Kombination aus VP-Shunt und PEG eine gefährliche sei. Sie legten den Schwerpunkt ihrer Beobachtung ebenso auf den zeitlichen Abstand zwischen der Anlage beider Systeme (Cairns, et al. 2009).

Das von ihnen ermittelte Infektionsrisiko innerhalb des beobachteten Kollektivs lag bei 20,8 %. Wenn auch nicht signifikant erhöht, so beobachteten sie dennoch ein etwas höheres Infektionsrisiko, wenn der zeitliche Abstand zwischen beiden Prozeduren weniger als zehn Tage betrug. Das beobachtete Patientenkollektiv war für eine signifikante Aussage jedoch wie bei einigen bereits erwähnten Studien ebenfalls zu klein.

Die Vermutung, dass ein zu kurzer zeitlicher Abstand das Risiko für eine Shuntinfektion erhöht, bekräftigt auch die Empfehlung von *Schulmann* und *Sawyer*,

nämlich nach Möglichkeit erst die PEG-Anlage vorzunehmen, die Ausreifung des Fistelkanals abzuwarten und erst dann den Shunt zu implantieren. Genau wie *Nabika* und Mitarbeiter es bereits postulierten.

Sollte die PEG-Anlage das eigentliche Risiko darstellen, ist es bei Nichtvermeidbarkeit einer Anlage notwendig, dafür den richtigen Zeitpunkt zu finden. Diesbezüglich gibt es verschiedene Aussagen.

Es wird dabei einerseits empfohlen, die Anlage einer PEG nach VP-Shunt Anlage durchzuführen, vorzugsweise mit einem zeitlichen Abstand von mindestens zehn Tagen (Cairns, et al. 2009) (Taylor, et al. 2001). Wohingegen es andererseits auch die Meinung gibt, erst die PEG-Anlage vorzunehmen und mit genügend zeitlichem Abstand, damit der Fistelgang ausreifen kann, die Shuntanlage (Schulman und Sawyer 2005) (Cairns, et al. 2009). In weiteren Studien wiederum wurde gar kein Bezug auf den zeitlichen Abstand genommen.

Auch *Jin-Soo Kim* und Kollegen (Kim, et al. 2009) untersuchten, ob die PEG-Anlage bei Patienten mit einem VP-Shunt sicher ist. Aufgrund dessen betrachteten sie alle in ihrem Institut im Zeitraum von sieben Jahren gelegten PEGs retrospektiv auf nachfolgende Komplikationen. Dabei wurden zwei Gruppen unterschieden, solche mit bereits bestehendem VP-Shunt und solche ohne. Von den 55 Patienten, welche mittels der Studie betrachtet wurden, hatten sieben einen ventrikuloperitonealen Shunt, welcher auch in allen Fällen bereits vor PEG-Anlage vorhanden war. Die Komplikationsraten zwischen beiden Gruppen unterschieden sich nicht. Auch in dieser Studie wurde der Zeitraum zwischen beiden Anlagen ermittelt und lag durchschnittlich bei 308,7 Tagen und die Follow-Up Zeit bei 6,4 Monaten (1 – 15 Monate). Bis auf eine kleine peristomale Infektion traten keine relevanten Komplikationen im Sinne von Shuntinfektionen, Fehlfunktionen, neurologischen Verschlechterungen oder Meningitis auf. Der insgesamt recht lange Zeitraum zwischen VP-Shunt-Implantation und PEG-Anlage hat nach Auffassung der Untersucher vermutlich auch dazu beigetragen, dass Shuntinfektionen fehlten, im Gegensatz zu den in anderen Studien beschriebenen Zeiträumen von einer Woche bis einem Monat zwischen beiden Prozeduren. Sie schlussfolgerten, dass die Platzierung einer PEG sicher ist bei Patienten mit VP-Shunt, vor allem bei denjenigen, bei denen der VP-Shunt bereits

längere Zeit vorhanden und das Intervall zwischen beiden Prozeduren größer als ein Monat war.

Selbst in dieser Studie war die Patientengruppe, welche letzten Endes untersucht wurde sehr klein. Gerade einmal sieben Patienten hatten sowohl PEG als auch Shunt. Als Vergleichsgruppe wurden die Patienten gewählt, die alle eine PEG, aber keinen VP-Shunt besaßen.

Besser wäre es gewesen, in der Vergleichsgruppe solche Patienten mit einem VP-Shunt und ohne PEG zu haben. Somit wurde eher der Einfluss eines VP-Shuntes auf die Infektionsrate von PEGs untersucht, als anders herum.

Graham empfahl ein Mindestintervall von einer Woche, in den meisten Studien wurden größere Intervalle untersucht. *Nabika* (Nabika, et al. 2006) empfahl ein Intervall von größer einem Monat, denn drei von vier Patienten dieser Studie mit Shuntinfektion hatten ein Intervall zwischen beiden Anlagen, welches kleiner als einen Monat war.

Taylor und Kollegen (Taylor, et al. 2001) untersuchten im Zeitraum von 1995 bis 1999 insgesamt 42 neurochirurgische Patienten, welche eine PEG angelegt bekamen. 21 dieser Patienten hatten begleitend einen bestehenden Hydrocephalus, welcher eine Ableitung überschüssigen Hirnwassers notwendig machte. 16 permanente VP-Shunts wurden bei 13 Patienten angelegt. Bei der Hälfte erfolgte dies vor und bei der anderen Hälfte nach PEG-Anlage. Bei den restlichen acht Patienten mit Hydrocephalus wurden externe Ventrikeldrainagen oder VA-Shunts angelegt.

Acht der Patienten mit VP-Shunt und Vorhandensein einer PEG benötigten eine Revision des Shunts aufgrund einer Infektion. Ein weiterer Patient benötigte eine Revision aufgrund einer Obstruktion des peritonealen Schenkels. Zuletzt genannter wurde nicht mit einbezogen in die Gruppe der Patienten mit einer Infektion.

Die Entwicklung einer Infektion war nicht abhängig von der Anlagenreihenfolge oder dem zeitlichen Abstand zwischen beiden Prozeduren. Bei allen acht Patienten mit einer Shuntinfektion war zum Zeitpunkt der PEG-Anlage ein Tracheostoma vorhanden jedoch nur bei einem Patienten ohne Infektion. Darüber hinaus wurde eine Gruppe begutachtet, die parallel VP-Shunt und Tracheostoma besaßen, jedoch keine PEG. In diesem Kollektiv konnte keine Shuntinfektion nachgewiesen werden. Das Vorliegen eines Tracheostoma bei Patienten mit VP-Shunt zum Zeitpunkt der PEG-Anlage scheint demnach einen Risikofaktor darzustellen. Dieser Einfluss wurde in dieser Studie nicht

mit geprüft, konnte aber im Verlauf durch *Kim* und Kollegen in der von ihnen durchgeführten Untersuchung zusätzlich bestätigt werden (Kim, et al. 2009).

Taylor und Kollegen fassten zusammen, dass neurochirurgische Patienten ca. zehn Prozent aller Patienten mit PEG ausmachen. Die Hälfte davon hat einen bestehenden Hydrocephalus. Die synchrone Platzierung von PEG und VP-Shunt während der akuten Phase im Krankenhaus, wenn die Patienten möglicherweise zusätzlich ein Tracheostoma besitzen, führt zu einer 50 %igen Infektionsrate. Folglich sollte die zeitgleiche Platzierung von VP-Shunt und PEG während dieser akuten Phase vermieden werden.

Obgleich *Nabika* und Mitarbeiter keine Korrelationen zwischen dem Auftreten von Infektionen und der Position des peritonealen Schenkels des VP-Katheters ermittelten, formulierten sie eine Empfehlung, die vorsieht, dass der peritoneale Schenkel des VP-Shuntes soweit wie möglich entfernt von der PEG platziert werden sollte. Diese Empfehlung kann durch die vorliegende Studie unterstützt werden.

In der aktuell durchgeführten Betrachtung wurde der räumliche Abstand des peritonealen Anteils des VP-Shunts zur PEG im Abdomen genauer bestimmt.

Innerhalb des Kollektivs der Patienten, welche im Verlauf einen Shuntinfekt bei vorhandenem Shunt und vorhandener PEG entwickelten, variierte dieser Abstand von 11,5 – 54 mm und durchschnittlich 31,6 mm (Median 30,5 mm).

Dahingegen betrug der Abstand im restlichen Patientenkollektiv durchschnittlich 84,9 mm (5 – 158 mm) und im Median 78 mm. Bei 16 Patienten in der Vergleichsgruppe konnte allerdings auch kein Abstand ausgemessen werden, da keine Bilder vorlagen.

Setzt man nun als Mindestabstand die 50 mm-Marke, so haben wir in der Gruppe der Patienten mit Shuntinfekt drei von vier Patienten (75 %) mit einem Abstand kleiner 50 mm und im restlichen Kollektiv acht von 37 (21,6 %). Da insgesamt nur bei 41 Patienten eine Messung durchgeführt werden konnte, ergibt sich für das restliche Kollektiv eine entsprechend kleinere Betrachtungsgröße.

Das heißt, mit abnehmendem Abstand des VP-Shunts zur PEG steigt das Risiko für das Auftreten einer Shuntinfektion signifikant an ($p=0,02$).

Je weiter die Systeme auseinander liegen, umso seltener kommt es zum Auftreten von Infektionen. Schlussfolgernd daraus sollte immer auf einen größtmöglichen Abstand geachtet werden.

Chong et al. haben indirekt Bezug zum räumlichen Abstand genommen und schlussfolgerten, dass die PEG-Anlage an sich allgemein unkompliziert ist, solange bestimmte Vorsichtsmaßnahmen eingehalten werden und die gewählte abdominelle Seite für die Insertion so gewählt wird, dass sie weit genug entfernt vom VP-Shunt ist. In der von ihnen durchgeführten Studie wurde für die PEG-Implantation immer die linke abdominelle Seite von der Mittellinie aus gesehen gewählt und die PEG so weit entfernt wie möglich vom VP-Shunt implantiert, um mögliche Komplikationen zu vermeiden. Eine genaue Messung führten sie jedoch nicht durch. Insgesamt betrachteten sie 86 Patienten mit einer PEG, wovon 14 auch einen VP-Shunt aufwiesen. Das durchschnittliche Intervall zwischen VP- und PEG-Anlage betrug 61 Tage (1-187Tage) und die Hauptindikationen für die VP-Shuntanlage waren auch hier der posthämorrhagische sowie der posttraumatische Hydrocephalus. Bei zwei der Patienten (16,7 %) traten Komplikationen im Sinne von leichten peristomalen Wundinfektionen auf. Diese konnten unproblematisch mittels Antibiose behandelt werden. Einer der beiden Patienten bedurfte allerdings im weiteren Verlauf zusätzlich einer Shuntrevision bei zuvor aufgetretener neurologischer Verschlechterung aufgrund einer VP-Shuntobstruktion. Alle Patienten überlebten die durchschnittliche Follow-up-Zeit von 140 Tagen und entwickelten keine weiteren Langzeitkomplikationen. Auch waren keine weiteren Shuntrevisionen notwendig. Somit konnten mittels der von ihnen untersuchten Methode gute Erfolge erzielt werden und sie formulierten die bereits genannte Empfehlung.

Darüber hinaus merkten sie an, dass sie die Antibiotikagabe im Rahmen der PEG-Anlage im Hinblick auf die möglichen Komplikationen trotz kontroverser Diskussionen als gerechtfertigt erachten und im Allgemeinen nicht darauf verzichtet werden sollte. Speziell die Empfehlung, einen größtmöglichen Abstand zu wählen, kann durch die Ergebnisse der aktuell durchgeführten Studie bekräftigt werden.

Graham äußerte bereits 1993 seine Bedenken bzgl. der Sicherheit der PEG-Implantation bei Patienten mit vorhandenem VP-Shunt. Er sah ein erhöhtes Risiko für die Entwicklung von Shunt-Fehlfunktionen, neurologischen Dekompensationen und Infektionen. Zur Bestätigung seiner These lagen bis zu diesem Zeitpunkt jedoch nicht ausreichende Daten vor. Daher führte er eine prospektive Betrachtung an 15 Patienten mit VP-Shunt durch (Graham, et al. 1993). Bei all seinen Patienten wurde, ähnlich wie bei Chong et al (Chong , et al. 2013), eine PEG-Platzierung im linken Oberbauch

durchgeführt, frühestens jedoch eine Woche (sieben Tage) nach VP-Shunt-Anlage. Unmittelbar postoperativ traten keine Wund- oder intraabdominellen Komplikationen auf. Lediglich ein Patient entwickelte eine neurologische Dekompensation aufgrund einer proximalen Shuntfehlfunktion und ein weiterer Patient starb an einer kardiopulmonalen Dekompensation, welche aber gemäß den Autoren in keinem Zusammenhang mit den untersuchten Eingriffen stand.

Die 14 überlebenden Patienten entwickelten keine Shuntfehlfunktionen und auch keine septischen Komplikationen während der Follow-up-Zeit von durchschnittlich 8,6 Monaten (1-24 Monate). Dies impliziert, dass die Anlage einer PEG bei bestehendem VP-Shunt sicher ist, sofern ein zeitlicher Mindestabstand von einer Woche nach erfolgter Shuntimplantation eingehalten wird sowie die Lokalisation der PEG-Anlage so gewählt wird, dass eine größtmögliche Distanz vorhanden ist. Diese zu einem sehr weit zurückliegenden Zeitpunkt gewonnene Erkenntnis bzw. gemachte Beobachtung konnte im Verlauf der Jahre bestätigt (Cairns, et al. 2009), (Chong , et al. 2013) und zusätzlich durch die Ergebnisse der aktuellen Studie untermauert werden.

Nicht genau die Reihenfolge von VP-Shuntanlage und PEG-Anlage untersuchend, aber den Zusammenhang von bauchchirurgischen Eingriffen auf das Entstehen von Shuntinfektionen betrachtend, wurden unter anderem folgende Studien durchgeführt: *Pittman* und Kollegen haben insgesamt 37 Kinder mit einem VP-Shunt untersucht, welche alle unterschiedlicher Bauchoperationen bedurften. Lediglich neun dieser Kinder erhielten keine Antibiose. Während einer Follow-Up Phase von einem bis zehn Jahren trat bei keinem der Kinder eine Shuntinfektion auf. Somit schlussfolgerten sie, dass die Durchführung einer Operation im Bereich des Bauches auch bei Kindern mit einem VP-Shunt sicher ist (Pittman, et al. 1992).

Dem hingegen kamen *Ching* und Mitarbeiter zu einem ganz anderen Ergebnis.

Sie untersuchten Kinder mit VP-Shunt, welche zusätzlich operiert werden mussten und verglichen diese mit anderen Kindern, welche ebenfalls einen Shunt besaßen, aber keiner anderen Operation bedurften. Sie legten ihren Schwerpunkt der Betrachtung dabei vor allem auf den Zeitpunkt des operativen Eingriffs und welchen Einfluss dieser und der Eingriff an sich auf das Fortbestehen des Shuntes und auf die Entwicklung einer Shuntinfektion hat. Sie kamen auf Grund ihrer Untersuchungen zu dem Ergebnis, dass jegliche Bauchoperation einen negativen Einfluss auf die Lebensdauer eines Shunts hat. Sollte eine Operation erforderlich sein, sollte diese wenn möglich, immer

mindestens ein Jahr nach Shuntanlage stattfinden bzw. die Shuntanlage mindestens ein Jahr nach einem solchen Eingriff. Dieses Vorgehen verlängert die Zeit, die diese Patienten außerhalb des Krankenhauses verbringen. Je länger die Lücke zwischen beiden Eingriffen ist, umso geringer ist das damit verbundene Risiko. Dabei ist es ganz egal, um welchen Eingriff es sich handelt oder in welcher Reihenfolge die Eingriffe stattfinden. In dem von ihnen untersuchten Klientel konnten sie einen Anstieg der Shuntfehlfunktionen um 55,4 % nach jeder zusätzlich durchgeführten Bauchoperation feststellen. Das Risiko für eine Shuntfehlfunktion konnte um 29 % reduziert werden, wenn ein Intervall von mindestens einem Jahr zwischen Shuntanlage und OP eingehalten wurde (Ching, et al. 2014).

Zu einem anderen Ergebnis kamen ein paar Jahre zuvor *Bui* und seine Mitarbeiter. Bei Patienten die sowohl einen VP-Shunt besaßen und im Verlauf operiert werden mussten, konnten sie kein verändertes Infektionsrisiko nachweisen als wenn diese sich ausschließlich einer Shunt-OP unterzogen hätten. Darüber hinaus stellten sie fest, dass die im Rahmen von Infektionen bei diesen Patienten nachweisbaren Keime die gleichen sind, welche sonst ursächlich bei Patienten mit Shuntinfektion und ohne weitere Operationen nachgewiesen werden (Bui, et al. 2007).

Die aktuellen Ergebnisse betrachtend, scheint jeder weitere Eingriff ein potentielles Risiko für das Auftreten von Shuntinfektionen darzustellen. Dies kann in Einklang mit den aktuell erhobenen Ergebnissen gebracht werden, wie bereits diskutiert.

Roeder et al. untersuchten im Zeitraum 1990 bis 2002 retrospektiv insgesamt 55 Patienten mit VP-Shunt und PEG hinsichtlich des Auftretens von Infektionen und einer erhöhten Sterblichkeit. Dieses Patientenkollektiv wurde in Bezug auf die 1-Jahres-Mortalität verglichen mit einer Kontrollgruppe, bestehend aus 105 Patienten, welche nur eine PEG und keinen Shunt besaßen.

Sie stellten vorab die Hypothese auf, dass Gastrostomien bei Patienten mit VP-Shunt sicher sind und nicht in einem Anstieg der VP-Shuntinfektionsraten oder der Mortalität münden würden.

Im Rahmen der Untersuchungen wurden sowohl Patienten betrachtet, welche zuerst den VP-Shunt und dann die PEG bekamen sowie bei anders herum erfolgter Analgenreihenfolge. Der Zeitraum zwischen beiden Prozeduren wurde hierbei nicht genauer betrachtet. Die minimale Follow-Up-Zeit lag bei einem Jahr, sofern die

Patienten nicht innerhalb des ersten Jahres verstarben. Die auftretenden Shuntinfektionen wurden mittels Liquoranalyse bestätigt. Es erfolgte im Rahmen beider Prozeduren eine evidenzbasierte Antibiotikagabe.

Die Kontrollgruppe der Patienten, welche nur mit einer PEG versorgt waren, wurde ebenfalls über einen Zeitraum von einem Jahr hinsichtlich der Mortalität betrachtet.

Das Durchschnittsalter der 55 Patienten mit PEG und VP-Shunt lag bei 38 Jahren bei einer relativ ausgeglichenen Geschlechterverteilung (w 23/m 32).

Das Infektionsrisiko wurde insgesamt mit 12,7 % angegeben, wobei im ersten Jahr nach PEG-Anlage das Risiko bei 7 % lag. Das Risiko für das Auftreten einer Infektion unterschied sich nicht hinsichtlich der Anlagenreihenfolge.

Darüber hinaus konnten hinsichtlich des Überlebens keine anderen möglichen Risikofaktoren (Alter, Geschlecht, Anlagenreihenfolge) ermittelt werden. Das Mortalitätsrisiko innerhalb eines Jahres lag im untersuchten Kollektiv bei 21 %, verglichen mit der Kontrollgruppe und einer Mortalitätsrate von 37 % im ersten Jahr (Roeder, et al. 2007).

Leider bestand die Kontrollgruppe aus Patienten, welche lediglich eine PEG besaßen. Für einen Vergleich mit der aktuell durchgeführten Betrachtung wäre es verwendbarer gewesen, wenn insbesondere hinsichtlich der Ein-Jahres-Mortalität die Patienten mit VP-Shunt und PEG mit einem Kollektiv, bestehend aus Patienten mit ausschließlich vorhandenem VP-Shunt verglichen worden wären. Wie wirkt sich die Anlage einer PEG auf die Mortalität aus bei Patienten, welche bereits einen Shunt besaßen? Diese Frage konnte mit der von ihnen durchgeführten Studie nicht beantwortet werden.

Dennoch, mit den erhobenen Ergebnissen bestätigten *Roeder und Kollegen* die Ergebnisse, zu welchen bereits *Graham* (Graham, et al. 1993) und *Baird* (Baird und Salasidis 2004) kamen. Die Platzierung einer PEG bei Patienten mit VP-Shunt ist sicher und mit keinem signifikanten Anstieg der Mortalität verbunden.

Sane und Kollegen untersuchten in ihrer retrospektiven Studie das Risiko für das Auftreten von ZNS- und/oder peritonealen Infektionen bei Kindern mit bestehendem VP-Shunt und neu hinzukommender PEG (Sane, et al. 1998). Es wurden 205 gastrostomale oder gastrojejunale Sonden gelegt. Bei 23 der 205 Kinder war zum Zeitpunkt der Anlage bereits ein VP-Shunt vorhanden.

Das untersuchte Kollektiv bestand ausschließlich aus Kindern zwischen acht Monaten und 16 Jahren, mit einem Durchschnittsalter von sechs Jahren und neun Monaten. Mindestens einen Monat vor PEG-Anlage erfolgte die VP-Shunt-Anlage.

Es wurde keine prophylaktische Antibiose im Vorfeld des Eingriffes gegeben, während der Anlage erfolgte jedoch die Gabe von Cephalosporinen der 1. Generation.

zwei der 23 Patienten (9 %) zeigten Zeichen einer Peritonitis nach PEG-Platzierung mit nachfolgender Entwicklung einer Shuntinfektion. Demgegenüber war die Erkrankungsrate unter den restlichen Kindern mit alleiniger PEG nur bei 2 %.

Die von den Kollegen erhobenen Ergebnisse deuten an, dass Kinder mit VP-Shunt, welche eine PEG bekommen, ein größeres Risiko für Shuntinfektionen und spätere Shuntfehlfunktionen haben.

Ihren Ergebnissen entsprechend gaben sie eine Empfehlung zur Antibiotikagabe, um gegenüber Keimen der Haut und der oropharyngealen Flora abgesichert zu sein, analog der Empfehlung von *Faias* (Faias, et al. 2006).

Ähnlich der Studie von *Roeder et al.* bestand auch in dieser Studie von *Sane et al.* die Kontrollgruppe aus Patienten, welche nur eine PEG besaßen. Aber gerade hinsichtlich der Untersuchung von Risikofaktoren für das Auftreten einer Shuntinfektion empfiehlt es sich, eine entsprechende Kontrollgruppe mit Patienten mit VP-Shunt zu bilden und damit zu vergleichen.

Wie sinnvoll ist es, die Patientenklientel, bei der ein VP-Shunt angelegt werden musste und darüber hinaus auch eine PEG-Anlage erfolgte, mit Patienten, welche nur einen PEG benötigten, hinsichtlich der Risikofaktoren für das Auftreten von Shuntinfektionen zu vergleichen?

In der allgemeinen VP-Shunt-Population, die solche Patienten mit ausschließlich vorhandenem VP-Shunt umfasst, sind die häufigsten Indikationen zur Shuntanlage eine benigne intrakranielle Druckerhöhung oder das Bestehen eines Normaldruckhydrocephalus. Nach Anlage eines Shunts führen diese Patienten oft ein normales Leben ohne eine weitere Interventionsbedürftigkeit. Dahingegen weisen die Patienten, welche zusätzlich eine PEG benötigen, häufig eine schwere neurologische Schädigung und Gesamtbeeinträchtigung auf. Bei diesen Patienten sind die häufigsten Indikationen für die Shuntanlage der posthämorrhagische und der posttraumatische Hydrocephalus (Vui, et al. 2013).

Aufgrund der zugrundeliegenden Erkrankung/Verletzung sind diese Patienten vielfach schwer hilfsbedürftig und nicht in der Lage, allein zu leben. Sie werden oft in

Heimen gepflegt, haben längere Hospitalisierungsphasen und weisen vermehrt pulmonale Infekte, Druckstellen und Harnwegsinfekte auf. All dies sind weitere mögliche Auslöser für eine VP-Shuntinfektion (Cairns, et al. 2009) (Mattos und Oliveira 2006).

Die lange Hospitalisation und die schwerwiegenden Grunderkrankungen dieser Patienten bergen darüber hinaus ein höheres Risiko für das Auftreten von Begleiterkrankungen und Infektionen. Der Körper ist insgesamt mehr geschwächt und anfälliger gegenüber äußeren Einflüssen. Mit jedem weiteren Tag im Krankenhaus steigt das Risiko für das Auftreten von Infektionen (Ducel, Fabry und Nicolle 2013) (American Society for Microbiology 2014).

Als ein weiterer möglicher Risikofaktor wurde in der aktuellen Studie zusätzlich die zugrundeliegende Erkrankung als Indikation für die Shuntimplantation betrachtet. Die häufigste Indikation für die Anlage eines VP-Shuntes innerhalb des Patientenkollektivs mit den späteren Shuntinfektionen war in der aktuellen Studie der posthämorrhagische Hydrozephalus.

Eine ähnliche Beobachtung machte 2003 *McGirt* (McGirt, Zaas, et al. 2003), der als einen Risikofaktor für das Auftreten von Shuntinfektionen u.a. das Vorhandensein von intraventrikulären Blutungen ermittelte.

McGirt und Kollegen untersuchten 442 Kinder, bei welchen insgesamt 820 VP-Shunts platziert wurden. Neben der Frühgeburtlichkeit, der Anwendung eines Neuroendoskops und vorhergehende Shuntinfektionen, wurde als weiterer Risikofaktor für das Auftreten einer Shuntinfektion eine intraventrikuläre Blutung als Ursache für die VP-Shuntanlage ermittelt. Letzteres war jedoch nur in der univariaten Betrachtung signifikant, wohingegen die anderen Risikofaktoren auch in der multivariaten, also von mehreren Variablen abhängigen Betrachtung, überzufällig waren. Dennoch ist auch dies eine Beobachtung, welche beachtet werden sollte.

Cantor und *Miskovitz*, *Baird* und *Salasidis* sowie *Graham* wiesen Infektionsraten von 0 % auf im Rahmen von Studien an fünf, sechs und 15 Patienten, welche eine PEG nach VP-Shunt-Anlage erhielten. Daraus wurde die Schlussfolgerung abgeleitet, dass dieses „Tandem-Verfahren“ sicher ist.

Dem hingegen hat *Taylor* in einer retrospektiven Studie an 16 Patienten eine Infektionsrate von 50 % nachgewiesen und schlussfolgerte genau das Gegenteil. Nämlich, dass dies eine gefährliche Kombination sei und vermieden werden sollte.

Sane und Kollegen untersuchten ein rein pädiatrisches Kollektiv und ermittelten eine Infektionsrate von neun Prozent bei 23 untersuchten Kindern.

Obgleich alle diese Studien wichtige Erkenntnisse bzgl. der untersuchten Problematik erbracht haben, sind keine wirklichen Trends oder einheitlichen Schlussfolgerungen erkennbar. Gründe dafür sind die sehr kleinen untersuchten Patientenkollektive und ganz unterschiedlichen Bedingungen.

Oterdoom und Kollegen veröffentlichten 2017 einen systematischen Review (*Oterdoom, et al. 2017*). Er und seine Kollegen werteten systematisch die zur Verfügung stehende Literatur zum Thema „VP-Shunt und PEG“ aus. Letztlich waren es 10 Studien, welche in die Auswertung einfließen. Zusammenfassend kamen sie zu der Schlussfolgerung, dass ein bestehender VP-Shunt nicht als Kontraindikation für die Anlage einer PEG angesehen werden sollte, obwohl immer der jeweilige Fall individuell betrachtet werden muss. Das im Review ermittelte durchschnittliche Shuntinfektionsrisiko von 4,4% wird von Seiten *Oterdoom* und Kollegen als durchaus akzeptabel bewertet.

Ob mit oder ohne PEG, bei Patienten mit einem ventrikuloperitonealen Shunt und somit einem neurochirurgischen Eingriff, besteht immer ein gewisses Risiko für das Auftreten von Komplikationen im Sinne von Shuntinfektionen, Meningitis oder Wundinfektionen. Der Literatur zufolge liegt dies bei ca. 5,3 % für neurochirurgische Eingriffe im Allgemeinen (*Karhade, et al. 2017*).

Grenzen und Fehler

Im Rahmen der retrospektiven Betrachtung konnte nur das einbezogen werden, was auch dokumentiert wurde. Infektionen, welche ggf. auswärts behandelt wurden, konnten nicht mit erfasst und ausgewertet werden.

Hinzu kommt, dass die Verläufe bei einigen Patienten recht kurz sind und sich lediglich auf einen längeren stationären Aufenthalt beziehen. Die Berichte über die Durchführung der PEG-Anlagen fehlten, somit war unklar, ob im Rahmen dessen eine Antibiotikagabe erfolgte.

Bei den Patienten mit Shuntinfektionen lagen keine Ergebnisse über Liquorkulturen vor. Angaben zum Erregerspektrum konnten daher keine gemacht werden.

Das Vorhandensein eines Tracheostoma wurde in die Betrachtung nicht mit einbezogen.

Eine Kontrollgruppe bestehend aus Patienten, welche ausschließlich einen VP-Shunt besaßen, gab es nicht.

Als positiv zu werten ist, dass im Vergleich zu vorhergehenden Studien das Kollektiv trotz der geringen Anzahl an Patienten eines der größten bisher betrachteten Kollektive darstellt. Außerdem wurden sowohl Erwachsene als auch Kinder betrachtet und erstmals eine genaue räumliche Abstandsmessung vorgenommen. Darüber hinaus war der Beobachtungszeitraum im Vergleich zu anderen Studien deutlich länger und erstreckte sich über mehrere Jahre.

5 Zusammenfassung

Bereits seit vielen Jahren hat sich die Implantation eines ventrikuloperitonealen Shunts (VP-Shunt) zur Normalisierung des intrakraniellen Drucks bei bestehendem Hydrocephalus unterschiedlicher Genese etabliert. Diese Patienten weisen oft parallel bestehende Schädigungen oder Lähmungen der unteren Hirnnerven mit Beeinträchtigung des Schluckaktes bis hin zum kompletten Ausfall dessen auf. Zur Sicherstellung einer ausreichenden Nahrungsmittel- und Nährstoffzufuhr ist meist die Versorgung mittels Perkutaner endoskopischer Gastrostomie (PEG) erforderlich. Ein bestehender VP-Shunt stellt prinzipiell keine absolute, sondern vielmehr eine relative Kontraindikation für eine PEG-Anlage dar.

Zur genauen Überprüfung des tatsächlich vorhandenen Risikos wurde hiermit eine der umfangreichsten Studien zu diesem Thema durchgeführt und zusätzlich in Frage kommende Risikofaktoren wie Alter, Indikation für Shunt- und PEG-Anlage, zeitlicher Abstand zwischen der Implantation beider Systeme und lokaler Abstand dieser Devices intraabdominell erörtert. Dazu wurden insgesamt 148 Patienten mittels Datenbankabfrage ermittelt, welche im Zeitraum von 1989 bis 2013 einen VP-Shunt sowie eine PEG-Anlage bekommen haben. Davon wurden 57 Patienten letztlich in die Betrachtung eingeschlossen.

Von diesen 57 Patienten, welche zeitgleich einen VP-Shunt sowie eine PEG besaßen, entwickelten acht Patienten einen Shuntinfekt, vier allerdings erst nach Implantation beider Systeme, die anderen bereits vor Anlage der PEG. Der Altersdurchschnitt dieser vier Patienten zum Zeitpunkt der Shuntanlage lag bei 22,5 Jahren (Minimum ein Jahr, Maximum 68 Jahre). Das Infektionsrisiko bei Kindern im Alter von Null bis ein Jahr war mit 12,5% etwas höher als bei den restlichen Kindern, mit $p=0,52$ jedoch nicht signifikant. Mit abnehmendem Abstand des intraabdominellen Schenkels des VP-Shuntes zur PEG stieg das Risiko für das Auftreten von Shuntinfektionen signifikant an ($p=0,02$).

Bei Patienten, welche bei bestehendem VP-Shunt zusätzlich eine langfristige Versorgung mittels PEG benötigen, kann ein Anstieg der Infektionsrate verhindert werden, wenn sowohl der zeitliche als auch der räumliche Abstand eingehalten und

überflüssige invasive Eingriffe vermieden werden. Das parallele Vorhandensein beider Systeme kann als sicher betrachtet werden.

Neben den bereits durchgeführten Studien zur gleichen oder ähnlichen Thematik konnte in dieser Studie mit einem größeren tatsächlich untersuchten Patientenkollektiv und einem ermittelten Infektionsrisiko von sieben Prozent kein Anstieg einer Rate an Shuntinfektionen ermittelt werden, bei Patienten, welche neben einem VP-Shunt auch eine PEG besaßen.

Die betrachteten Risikofaktoren wie das Geschlecht, Alter zum Zeitpunkt Shuntanlage, Alter zum Zeitpunkt PEG-Anlage, zugrunde liegende Indikation für die jeweilig notwendigen Eingriffe, zeitlicher Abstand zwischen beiden Prozeduren, Anzahl der insgesamt notwendigen Eingriffe und Revisionen sowie eine ggf. erfolgte Antibiotikagabe haben sich am Ende nicht in Gänze als solche erwiesen. Tendenzen sind zu erkennen, wie zum Beispiel bei den sehr jungen Patienten. Neu in der Betrachtung und offenbar nicht ganz irrelevant ist der genaue räumliche Abstand beider Devices zueinander. Wenn auch die PEG nur einen sehr kurzen intraperitoneal verlaufenden Abschnitt hat, so spielt die Position dessen eine große Rolle und sollte soweit wie möglich entfernt vom VP-Shunt liegen.

Dabei ist es nicht ausreichend, wie teilweise empfohlen, einfach die von der Mittellinie links liegende abdominelle Seite zu wählen. Nach Möglichkeit sollte der Abstand größer fünf Zentimeter zwischen VP-Shunt und PEG sein, damit sich das Risiko signifikant verringert.

Zusätzlich erscheint die kalkulierte Gabe eines Antibiotikums im Rahmen VP-Shuntanlage oder -Revision und PEG-Anlage sinnvoll.

Insbesondere bei zusätzlichen Eingriffen ist besondere Vorsicht geboten, da mit jedem weiteren Eingriff das Infektionsrisiko steigt.

Bei Beachtung all dieser Faktoren führt die PEG-Anlage bei Patienten mit VP-Shunt zu keinem signifikanten Anstieg der Infektionsrate und kann als eine sichere Kombination betrachtet werden.

6 Literaturverzeichnis

1. Ahmad , I, et al. „Antibiotic prophylaxis for percutaneous endoscopic gastrostomy - a prospective, randomised, double-blind trial.“ *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 2003: 209-215.
2. Akkersdijk, WL, et al. „Percutaneous Endoscopic Gastrostomy (PEG): Comparison of Push and Pull Methods and Evaluation of Antibiotic Prophylaxis.“ *Endoscopy*, 1995: 313-316.
3. Akkersdijk, WL., JA. Roukema und C. van der Werken. „Percutaneous endoscopic gastrostomy for patients with severe cerebral injury.“ *Injury*, 1998: 11-14.
4. American Society for Microbiology. „Each day in the Hospital raises risk of multidrug-resistant infection.“ 7. 09 2014.
<http://www.sciencedaily.com/releases/2014/09/140907181158.htm> (Zugriff am 07. 09 2014).
5. Ammirati, M., und AJ. Raimondi. „Cerebrospinal fluid shunt infections in children. A Study on the relationship between etiology of hydrocephalus, age at the time of shunt placement, and infection rate.“ *Child's Nervous System*, 1987: 106-109.
6. Aoyama, Y., Y. Kinoshita, A. Yokota , und T. Hamada . „Neuronal damage in hydrocephalus and its restoration by shunt insertion in experimental hydrocephalus: a study involving the neurofilament-immunostaining method.“ *Journal of Neurosurgery: Pediatrics*, 2006: 332-339.
7. Baird , C., D. O'Connor und T. Pittman „Late Shunt Infections.“ *Pediatric Neurosurgery*, 1999: 269-273.
8. Baird, R., und R. Salasidis . „Percutaneous gastrostomy in patients with a ventriculoperitoneal shunt: case series and review.“ *Gastrointestinal Endoscopy*, 2004: 570-574.
9. Bannermann, E., J. Pendlebury, F. Phillips, und S. Ghosh. „A cross-sectional and longitudinal study of health-related quality of life after percutaneous gastrostomy.“ *European Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 2000: 1101-1109.
10. Barnes, NP., SJ. Jones , RD. Hayward , WJ. Harkness, und D. Thompson. „Ventriculoperitoneal shunt block: what are the best predictive clinical

- indicators?" *Archives of Disease in Childhood*, 2002: 198-201.
11. Bayston, R. „Antibiotic prophylaxis in shunt surgery.“ *Developmental Medicine and Child Neurology*, 1975: 99-103.
 12. Bayston, R., et al. „Biofilm formation by *Propionibacterium acnes* on biomaterials in vitro and in vivo: impact on diagnosis and treatment.“ *Journal of Biomedical Materials Research*, 2007: 705-709.
 13. Bayston, R., TS. Leung, BM. Wilkins, und B. Hodges. „Bacteriological examination of removed cerebrospinal fluid shunts.“ *Journal of Clinical Pathology*, 1983: 987-990.
 14. Becker, Karsten, Christine Heilmann und Georg Peters. „Coagulase-Negative Staphylococci.“ *Clinical Microbial Reviews*, 2014: 870-926.
 15. Beni-Adani, L., N. Biani und L. Ben-Sirak. „The occurrence of obstructive vs absorptive hydrocephalus in newborns and infants: relevance to treatment choices.“ *Child's Nervous System*, 2006: 1543-1563.
 16. Bhasin, RR., MK. Chen und DW. Pincus. „Salvaging the "lost peritoneum" after ventriculoatrial shunt failures.“ *Child's Nervous System*, 2007: 483-486.
 17. Blomstedt , GC. „Infections in Neurosurgery: A Retrospective Study of 1143 Patients and 1517 Operations.“ *Acta Neurochirurgica*, 1985: 81-90.
 18. Boch, AL., E. Hermelin , C. Sainte-Rose , und S. Sgouros. „Mechanical dysfunction of ventrikuloperitoneal shunts caused by calcification of the silicone rubber catheter.“ *Journal of Neurosurgery*, 1998: 975-982.
 19. Borgbjerg, BM., F. Gjerris , MJ. Albeck , und SE. Borgesen. „Risk of Infection after cerebrospinal fluid shunt: an analysis of 884 first-time shunts.“ *Acta neurochirurgica*, 1995: 1-7.
 20. Borgbjerg, BM., F. Gjerris, MJ. Albeck , J. Hauerberg, und SE. Borgesen. „Frequency and causes of shunt revisions in different cerebrospinal fluid shunt types.“ *Acta Neurochirurgica*, 1995: 189-194.
 21. Bramble, MG. „Antibiotic Prophylaxis in Gastrointestinal Endoscopy.“ *British Society of Gastroenterology*, 2001: 1-10.
 22. Bruinsma, N., EE. Steobberingh, MJ. Herpers, JS. Vles , BJ. Weber, und DA. Gavilanes . „Subcutaneous ventricular catheter reservoir and ventriculoperitoneal drain-related infections in preterm infants and young children.“ *Clinical Microbiology and Infection*, 2000: 202-206.
 23. Bui, CJ., et al. „Infections of pediatric cerebrospinal fluid shunts related to

- fundoplication and gastrostomy." *Journal of Neurosurgery*, 2007: 365-367.
24. Cairns, A., J. Geraghty, A. Al-Rifai, und C. Babbs. „Percutaneous endoscopic gastrostomy and ventriculoperitoneal shunts: a dangerous combination?“ *Digestive Endoscopy*, 2009: 228-231.
 25. Català-Temprano, A., GC. Teruel, FJC. Lasaosa, MP. Ódena, AN. Julián, und AP. Rico. „Intracranial pressure and cerebral perfusion pressure as risk factors in children with traumatic brain injuries.“ *Journal of Neurosurgery: Pediatrics*, 2007: 463-466.
 26. Chaudhary, KA., OJ. Smith, PG. Cuddy , und WK. Clarkston. „PEG Site Infections: The Emergence of Methicillin Resistant Staphylococcus aureus as a Major Pathogen.“ *The American Journal of Gastroenterology*, 2002: 1713-1716.
 27. Ching, AL., G. Humphrey und ID. Kamaly-Asl. „Ventriculoperitoneal shunt survival in children who require additional abdominal surgery - are our estimations of the additional risk accurate?“ *British Journal of Neurosurgery*, 2014: 40-48.
 28. Chiou, CC., et al. „Fungal Infection of Ventriculoperitoneal Shunts in Children.“ *Clinical Infectious Diseases*, 1994: 1049-1053.
 29. Chong , VH., LW. Chian, L. Hwalin, und N. Basir. „Percutaneous Endoscopic Gastrostomy in Patients with ventriculoperitoneal Shunt.“ *Medical Journal of Malaysia*, 2013: 389-392.
 30. Costerton, JW., PS. Stewart und EP. Greenbert. „Bacterial Biofilms: A Common Cause of Persistent Infections.“ *Science*, 21. May 1999: 1318-1322.
 31. Czosnyka, M., Z. Czosnyka, KJ. Agarwal-Harding, und JD. Pickard . „Modeling of CSF Dynamics: Legacy of Professor Anthony Marmarou.“ *Acta Neurochirurgica*, 2012: 9-14.
 32. Dallacasa, P., A. Dappozzo, E. Galassi, F. Sandri , G. Cocchi, und M. Masi. „Cerebrospinal fluid shunt infections in infants.“ *Child's Nervous system*, 1995: 643-649.
 33. Davis, JP., M. Entrop und SJ. Read. „The Incidence of percutaneous gastrostomy infection and variation in wound care practices.“ *Primary Intention*, 2004: 73-75, 77, 80-81.
 34. Davis, SE., ML. Levy , JG. McComb und L. Masri-Lavine. „Does Age or other Factors influence the incidence of ventrikuloperitoneal Shunt Infections?“ *Pediatric Neurosurgery*, 1999: 253-257.

35. Deitch, EA., WJ, MA, L. MA, RD. Berg, und RD. Specian . „Protein malnutrition predisposes to inflammatory-induced gut-origin septic states.“ *Annals of Surgery*, 1987: 681-692.
36. Del Bigio, MR. „Cellular damage and prevention in childhood hydrocephalus.“ *Brain Pathology*, 2004: 317-324.
37. Diez, Claudius, Dietrich Stoevesandt, und Peter Mohr. „Der schwerste Teil - Das Schreiben.“ In *Die medizinische Doktorarbeit*, 119-125. Berlin, Berlin: Lehmanns Media, 2010.
38. Dormann, A. , et al. „DGEM-Leitlinie Enterale Ernährung: Grundlagen.“ *Aktuelle Ernährungsmedizin*, 2003: 26-35.
39. Dormann, AJ., et al. „A Single Dose of Ceftriaxone Administered 30 Minutes Before Percutaneous Endoscopic Gastrostomy Significantly Reduces Local and Systemic Infective Complications.“ *The American Journal of Gastroenterology*, 1999: 3220-3224.
40. Dormann, AJ., et al. „Antibiotic prophylaxis in percutaneous endoscopic gastrostomy (PEG) - results from a prospective randomised multicenter trial.“ *Zeitschrift für Gastroenterologie*, 2000: 229-234.
41. Dormann, AJ., O. Müssig , B. Wejda, und H. Huchzermeyer. „Erfolgreicher Einsatz eines Buttonsystems bei Burried Bumper-Syndrom.“ *Deutsche Medizinische Wochenschrift*, 2001: 722-724.
42. Drake, JM., et al. „Randomized trial of cerebrospinal fluid shunt valve design in pediatric hydrocephalus.“ *Neurosurgery*, 1998: 294-303.
43. Drake, JM., und MR. Iantosca. „Management of pediatric hydrocephalus with shunts.“ *Pediatric neurosurgery: surgery of the developing nervous system*, 2001: 505.
44. Ducel, G., J. Fabry, und L. Nicolle. „www.who.int.“ 2013.
<http://www.who.int/csr/resources/publications/whocdscsreph200212.pdf?ua=1> (Zugriff am 07. 11 2015).
45. Duckworth, PF., DF. Kirby, L. McHenry , MH. DeLegge , und A. Foxx-Orenstein. „Percutaneous endoscopic gastrojejunostomy made easy: A new over-the-wire technique.“ *Gastrointestinal Endoscopy*, 1994: 350-353.
46. Enger, PO., F. Svendsen und K. Wester. „CSF shunt infections in children: experiences from a population-based study.“ *Acta Neurochirurgica*, 2003: 243-248.

47. Faias, S., M. Cravo, I. Claro, P. Lage, und C. Nobre-Leitao. „High rate of percutaneous endoscopic gastrostomy site infections due to oropharyngeal colonization.“ *Digestive Diseases and Science*, 2006: 2384-2388.
48. Farahmand, D., H. Hilmarsson, M. Högfeltdt, und M. Tisell. „Perioperative risk factors for short term shunt revisions in adult hydrocephalus patients.“ *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 2009: 1248-1253.
49. Filka, J., M. Huttova, J. Tuharsky, T. Sagat, K. Kralinsky, und V. Krcmery. „Nosocomial meningitis in children after ventriculoperitoneal shunt insertion.“ *Acta Paediatrica*, 1999: 576-578.
50. Fux, CA., et al. „Biofilm-related infections of cerebrospinal fluid shunts.“ *Clinical Microbiology and Infection*, 2006: 331-337.
51. Gardner, BP., und DS. Gordon. „Postoperative Infection in shunts for hydrocephalus: are prophylactic antibiotics necessary?“ *British Medical Journal*, 1982: 1914-1915.
52. Gauderer, MWL., JL. Ponsky und RJ. Jr. Izant. „Gastrostomy without laparotomy: a percutaneous endoscopic technique.“ *Journal of Pediatric Surgery*, 1980: 872-875.
53. George, R., L. Leibrock und M. Epstein. „Long-term analysis of cerebrospinal fluid shunt infections. A 25-year experience.“ *Journal of Neurosurgery*, 1979: 804-811.
54. Goldenberg-Cohen, N., et al. „Long-Term ophthalmological follow-up of children with Parinaud Syndrome.“ *Ophthalmic Surgery, Lasers & Imaging: The Official Journal of The International Society for Imaging in the Eye*, 2010: 467-471.
55. Gordon, C., RL. Hower und DT. Wade. „Dysphagia in acute stroke.“ *British Medical Journal*, 1987: 411-414.
56. Gossner, L., J. Keymling, EG. Hahn, und C. Ell. „Antibiotic Prophylaxis in Percutaneous Endoscopic Gastrostomy (PEG): A prospective Randomized Clinical Trial.“ *Endoscopy*, 1999: 119-124.
57. Gouello, G., O. Hamel, K. Asehnoune, E. Bord, R. Robert, und K. Buffenoir. „Study of the Long-Term Results of Decompressive Craniectomy after Severe Traumatic Brain Injury Based on a Series of 60 Consecutive Cases.“ *The Scientific World Journal*, 2014: 1-10.

58. Goumnerova, E., und DM. Frim. „Treatment of hydrocephalus with third ventriculocisternostomy: outcome and CSF flow patterns.“ *Pediatric Neurosurgery*, 1997: 149-157.
59. Graham, S., J. Flowers, T. Scott, F. Lin, und D. Rigamonti . „Safety of percutaneous Endoscopic Gastrostomy in Patients with a Ventriculoperitoneal shunt.“ *Neurosurgery*, 1993: 932-934.
60. Gristina, AG., PT. Naylor und QN. Myrvik. „Biomaterial-Centered Infections: Microbial Adhesion versus Tissue Integration.“ In *Pathogenesis of Wound and Biomaterial-Associated Infections*, von Wadström T., 193-216. London: Springer, 1990.
61. Guevara, JA., G. Zuccaro , A. Trevisan, und CD. Denoya . „Bacterial adhesion in cerebrospinal fluid shunts.“ *Journal of Neurosurgery*, 1987: 438-445.
62. Guyot, LL., und DB. Michael. „Post-traumatic hydrocephalus.“ *Neurological Research*, 2000: 25-28.
63. Habash, M., und G. Reid. „Microbial biofilms: their development and significance for medical device-related infections.“ *Journal of Clinical Pharmacology*, 1999: 887-898.
64. Haines, SJ., und F. Taylor . „Prophylactic methicillin for shunt operations: effects on incidence of shunt malfunction and infection.“ *Child's Brain*, 1982: 10-22.
65. Harriott, MM., und MC. Noverr. „Candida albicans and Staphylococcus aureus form polymicrobial Biofilms: Effects on Antimicrobial Resistance.“ *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 2009: 3914-3922.
66. Herrmann, M., Q. Lai, R. Albrecht, DE. Mosher, und RA. Proctor . „Adhesion of Staphylococcus aureus to surface-Bound Platelets: Role of Fibrinogen/Fibrin and Platelet Integrins.“ *The Journal of Infectious Diseases*, 1993: 312-322.
67. Hlatky, R., AB. Valadka und CS. Robertson. „Intracranial hypertension and cerebral ischemia after severe traumatic brain injury.“ *Neurosurgical Focus*, 2003: 1-4.
68. Hopf, NJ., P. Grunert, G. Fries, KDM. Resch, und A. Perneczky. „Endoscopic third ventriculostomy: outcome analysis of 100 consecutive procedures.“ *Neurosurgery*, 1999: 795-806.
69. Itkin, M, MH DeLegge , JC Fang, SA McClave , S Kundu, und BJ d'Othee. „Multidisciplinary Practical Guidelines for Gastrointestinal Access for Enteral

- Nutrition and Decompression From the Society of Interventional Radiology and American Gastroenterological Association (AGA) Institute, With Endorsement by Canadian Interventional Radiological Association (CIRA) and Cardiovascular and Interventional Radiological Society of Europe (CIRSE).“ *Gastroenterology*, 2011: 742-765.
70. Jain, NK., et al. „Antibiotic prophylaxis for percutaneous endoscopic gastrostomy. A prospective, randomized, double-blind clinical trial.“ *Annals of Internal Medicine*, 1987: 824-828.
 71. Jones, HC., NG. Harris, JR. Rocca, und RW. Andersohn. „Progressive tissue injury in infantile hydrocephalus and prevention/reversal with shunt treatment.“ *Neurological Research*, 2000: 89-96.
 72. Karhade, AV., DJ. Cote, AMG. Larsen, und TR. Smith. „Neurosurgical Infection Rates and Risk Factors: A National Surgical Quality Improvement Program Analysis of 132.000 Patients, 2006-2014.“ *World Neurosurgery*, 2017: 205-212.
 73. Keymling M., M. Schröder, W. Wörner, M. Keymling, M. Schröder und W. Wörner. „Erfahrungen mit der percutanen endoskopisch kontrollierten Gastrostomie.“ *Die Medizinische Welt*, 1985: 1297.
 74. Khan, F., A. Rehman, MS. Shamim, und ME. Bari. „Factors effecting ventriculoperitoneal shunt survival in adult patients.“ *Surgical Neurology International*, 2015: 25.
 75. Kim, JS., YW. Park, HK. Kim, YS. Cho, NR. Youn, und HS. Chae. „Is percutaneous endoscopic gastrostomy tube placement safe in patients with ventriculoperitoneal shunts?“ *World Journal of Gastroenterology*, 2009: 3148-3152.
 76. Kim, Paul. „www.kenhub.com.“ 2015.
<https://www.kenhub.com/de/library/anatomie/hirn-und-ruckenmarkshaute-mit-liquorsystem> (Zugriff am 12. 03 2018).
 77. Kimber, CP., IU. Khattak, EM. Kiely, und L. Spitz. „Peritonitis following percutaneous gastrostomy in children: management guidelines.“ *Australian and New Zealand Journal of Surgery*, 1998: 268-270.
 78. Klein, S., BR. Heare und RD. Soloway. „The "Burried Bumper Syndrome": A Complication of Percutaneous Endoscopic Gastrostomy.“ *The American Journal of Gastroenterology*, 1990: 448-451.
 79. Klimo Jr, Paul, Mark Van Poppel, Clinton J. Thompson, Lissa C. Baird, Ann-

- Christine Duhaime, und Ann Marie Flannery. „Pediatric hydrocephalus: systematic literatur review and evidence-based guidlines. Part 6: Preoperative antibiotics for shunt surgery in children with hydrocephalus: a systematic review and meta-analysis.“ *Journal of Neurosurgery: Pediatrics*, 2014: 44-52.
80. Kockro, RA., et al. „Use of scanning electron microscopy to investigate the prophylactic efficacy of rifampin-impregnated CSF shunt catheters.“ *Journal of Medical Microbiology*, 2000: 441-450.
81. Kontny, U., B. Höfling , P. Gutjahr , HJ. Schmitt, D. Voth, und M. Schwarz. „CSF Shunt Infections in children.“ *Infection*, 1993: 88-92.
82. Korinek, AM., L. Fulla-Oller, AL. Boch, JL. Golmard , B. Hadiji, und L. Puybasset. „Morbidity of ventricular cerebrospinal fluid shunt surgery in adults: An 8-year study.“ *Neurosurgery*, 2011: 985-995.
83. Kubiak, R., C. Skerritt und HW. Grant. „Laparoscopic Fundoplication in Children with Ventriculo-Peritoneal Shunts.“ *Journal of Laparoendoscopic & Advanced surgical Techniques*, 2012: 840-843.
84. Kulkarni, AV., JM. Drake und M. Lamberti-Pasculli. „Cerebrospinal fluid shunt infection: a prospective study of risk factors.“ *Journal of Neurosurgery*, 2001: 195-201.
85. Löser, C., S. Wolters und UR. Fölsch. „Enteral Long-term nutrition via percutaneous endoscopic gastrostomy (PEG) in 210 Patients: a four year prospective study.“ *Digestive Disease and Science*, 1998: 2549-2557.
86. Langley, JM., JC. LeBlanc, J. Drake , und R. Milner. „Efficacy of antimicrobial prophylaxis in placement of cerebrospinal fluid shunts: meta-analysis.“ *Clinical Infectious Diseases*, 1993: 98-103.
87. Larson, DE., DD. Burton, KW. Schroeder, und EP. DiMagno. „Percutaneous Endoscopic Gastrostomy - Indications, Success, Complications and Mortality in 314 Consecutive Patients.“ *Gastroenterology*, 1987: 48-52.
88. Lee, JK., et al. „Incidence and Risk Factors of ventriculoperitoneal Shunt infections in Children: a study of 333 Consecutive Shunts in 6 Years.“ *Journal of Korean Medical Science*, 2012: 1563-1568.
89. Lockett, MA., ML. Templeton, TK. Byrne, und ED. Norcross. „Percutaneous Endoscopic Gastrostomy Complications in a Tertiary-Care Center.“ *The American Surgeon*, 2002: 117-120.
90. Lynch, CR., und JC. Fang. „Prevention and Management of Complications of

- Percutaneous Endoscopic Gastrostomy (PEG) Tubes.“ *Practical Gastroenterology*, 2004.
91. Mancao, M., C. Miller, B. Cochrane, C. Hoff, K. Sauter, und E. Weber . „Cerebrospinal fluid shunt infections in infants and children in Mobile, Alabama.“ *Acta Paediatrica*, 1998: 667-670.
 92. Marmarou, A., K. Shulman und RM. Rosende. „A nonlinear analysis of the cerebrospinal fluid system and intracranial pressure dynamics.“ *Journal of Neurosurgery*, 1978: 332-344.
 93. Marshall, LF., RW. Smith und HM. Shapiro. „The Outcome with aggressive treatment in severe head injuries. Part I: the significance of intracranial pressure monitoring.“ *Journal of Neurosurgery*, 1979: 20-25.
 94. Martinez-Martinez, L., A. Pascual und EJ. Perea. „Effect of three plastic catheters on survival and growth of Pseudomonas aeruginosa.“ *Journal of Hospital Infection*, 1990: 311-318.
 95. Mattos, JP., und E. Oliveira. „Kommentar zum Artikel "Risk of Infection in Coplacement of PEG and VP Shunt".“ *Neurologia Medico-Chirurgica*, 2006: 229.
 96. Mauer, UM., C. King'ori, H. Hummler, und U. Kunz. „Surgery without Assistance in Newborns and Infants with Hydrocephalus and Neural Tube Defects.“ *Pediatric Neurosurgery*, 2008: 199-203.
 97. McClelland, S., und WA. Hall. „Postoperative central nervous system infection: incidence and associated factors in 2111 neurosurgical procedures.“ *Clinical Infectious and Diseases*, 2007: 55-59.
 98. McGirt, MJ., A. Zaas, HE. Fuchs, TM. George , K. Kaye, und DJ. Sexton. „Risk factors for pediatric ventriculoperitoneal shunt infections and predictors of infectious pathogens.“ *Clinical Infectious Diseases*, 2003: 858-862.
 99. McGirt, MJ., et al. „Cerebrospinal fluid shunt survival and etiology of failures: a seven-year institutional experience.“ *Pediatric Neurosurgery*, 2002: 248-255.
 100. Miller, C., und A. Steinmetz. *infoneuro.mcgill.ca*. 2002.
http://infoneuro.mcgill.ca/images/stories/Documents/vp_shunteng.pdf
(Zugriff am 20. 09 2015).
 101. Miller, JD., DP. Becker, JD. Ward, HG. Sullivan, WE. Adams, und MJ. Rosner. „Significance of intracranial hypertension in severe head injury.“ *Journal of Neurosurgery*, 1977: 503-516.

102. Miller, JD., et al. „Further experience in the management of severe head injury.“ *Journal of Neurosurgery*, 1981: 289-299.
103. Nabika, S., S. Oki, M. Sumida , N. Isobe , Y. Kanou, und Y. Watanabe. „Analysis of risk factors for infection in coplacement of percutaneous endoscopic gastrostomy and ventriculoperitoneal shunt.“ *Neurologia medico-chirurgica*, 2006: 226-229.
104. Nelson, SL. *Hydrocephalus Clinical Presentation*. April 2014.
emedicine.medscape.com/article/1135286-clinical (Zugriff am 12.. Mai 2015).
105. Nirula, R., et al. „Decompressive craniectomy or medical management for refractory intracranial hypertension: An AAST-MIT propensity score analysis.“ *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 2014: 944-955.
106. Odio, C., E. Mohs, FH. Sklar, JD. Nelson, und GH. McCracken. „Adverse reactions to vancomycin used as prophylaxis for CSF shunt procedures.“ *American Journal of Diseases of Children*, 1984: 17-19.
107. Odio, C., GH. McCracken, und JD. Neelson. „CSF Shunt Infections in Pediatrics. A Seven Year Experience.“ *The American Journal of diseases of Children*, 1984: 1103-1108.
108. Oi, S., und C. Di Rocco. „Proposal of "evolution theory in cerebrospinal fluid dynamics" and minor pathway hydrocephalus in developing immature brain.“ *Child's Nervous System*, 2006: 662-669.
109. Oterdoom, Leendert H., Marinus Oterdoom, Johannes C.F. Ket, J.Marc C. van Dijk, und Pieter Scholten. „Systematic Review of ventricular peritoneal shunt and percutaneous endoscopic gastrostomy: a safe combination. .“ *Journal of Neurosurgery* , 2017: 899-904.
110. Owler, B. „CSF Shunt failure: an ongoing epidemic?“ *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 2009: 1185.
111. Panagea, S., TD. Cartmill und H. Panigrahi. „Intracerebral sepsis due to intestinal perforation by ventriculo-peritoneal shunts: two cases.“ *The Journal of Infection*, 1997: 86-88.
112. Papile, L., J. Burstein, R. Burstein, und H. Koffer. „Incidence and evolution of subependymal and intraventricular hemorrhage. A study of infants with birt weight less thann 1500 grams.“ *Journal of Pediatrics*, 1978: 529-534.

113. Patir, R., AK. Mahapatra und AK. Banerji. „Risk factors in postoperative neurosurgical infection. A prospective study.“ *Acta neurochirurgica*, 1992: 80-84.
114. Peters, G., R. Locci und G. Pulverer. „Adherence and growth of coagulase-negative staphylococci on surfaces of intravenous catheters.“ *The Journal of Infectious Diseases*, 1982: 479-482.
115. Petersen , TI., und A. Kruse. „Complications of percutaneous endoscopic gastrostomy.“ *European Journal of Surgery*, 1997: 351-356.
116. Piatt, JH., und CV. Carlson. „A search for determinants of cerebrospinal fluid shunt survival: retrospective analysis of a 14-years institutional experience.“ *Pediatric Neurosurgery*, 1993: 233-241.
117. Pidala, MJ., FA. Slezak und JA. Porter. „Pneumoperitoneum following percutaneous endoscopic gastrostomy.“ *Surgical Endoscopy*, 1992: 128-129.
118. Pien, EC., KE. Hume und FD. Pien. „Gastrostomy tube infection in a community hospital.“ *American Journal of Infection Control*, 1996: 353-358.
119. Pittman, T., D. Williams, TR. Weber, G. Steinhardt, und T. Tracy . „The risk of abdominal operations in children with ventriculoperitoneal shunts.“ *Journal of Pediatric Surgery*, 1992: 1051-1053.
120. Ponsky, JL., MWL. Gauderer, TA. Stellato, und A. Aszodi. „Percutaneous approaches to enteral alimentation.“ *The American Journal of Surgery*, 1985: 102-105.
121. Ponsky, JL., und MWL. Gauderer. „Percutaneous endoscopic gastrostomy: a nonoperative technique for feeding gastrostomy.“ *Gastrointestinal Endoscopy*, 1981: 9-11.
122. Pople, IK., R. Bayston und RD. Hayward. „Infection of cerebrospinal fluid shunt in infants: a study of etiological factors.“ *Journal of Neurosurgery*, 1992: 29-36.
123. Preclik, G., et al. „Prospective, randomised, double blind trial of prophylaxis with single dose of co-amoxiclav before percutaneous endoscopic gastrostomy.“ *British Medical Journal*, 1999: 881-884.
124. Quigley, MR., DH. Reigel und R. Kortyna. „Cerebrospinal Fluid Shunt infections: Report of 41 cases and a critical review of the literature.“ *Journal of Pediatric Neuroscience*, 1989: 111-120.

125. Rabadi, MH. „Unilateral midbrain infarct presenting as dorsal midbrain syndrome.“ *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 2013: 973-975.
126. Rabast, U., J. Krause und E. Grzyszczok. „Indikationen, Frühkomplikationen und Überlebensraten bei 444 konsekutiven PEG-Patienten unter enteraler Ernährung.“ *Aktuelle Ernährungsmedizin*, 2008: 189-194.
127. Rabeneck, L., NP. Wray, und NJ. Petersen. „Long-Term outcomes of patients receiving percutaneous endoscopic gastrostomy tubes.“ *Journal of general internal Medicine*, 1996: 287-293.
128. Rahnemai-Azar, AA., AA. Rahnemaiazar, R. Naghshizadian, A. Kurtz, und DT. Farkas. „Percutaneous endoscopic gastrostomy: Indications, technique, complications and management.“ *World Journal of Gastroenterology*, 2014: 7739-7751.
129. Reddy, GK., P. Bollam und G. Caldito. „Long-Term outcomes of ventriculoperitoneal shunt surgery in patients with hydrocephalus.“ *World Neurosurgery*, 2014: 404-410.
130. Reddy, GK., P. Bollam, R. Shi, B. Guthikonda, und A. Nanda. „Management of adult hydrocephalus with ventriculoperitoneal shunts:longterm single-institution experience.“ *Journal of Neurosurgery*, 2011: 780-781.
131. Rekate, HL. „A Contemporary Definition and Classification of Hydrocephalus.“ In *Seminars in Pediatrics Neurology*. 2009.
132. Rekate, HL. „The definition and classification of hydrocephalus: a personal recommendation to stimulate debate.“ *Cerebrospinal Fluid Research* 5, 2008.
133. Renier, D., J. Lacombe, A. Pierre-Kahn, C. Sainte-Rose , und JF. Hirsch. „Factors causing acute shunt infection. Computer analysis of 1174 operations.“ *Journal of Neurosurgery*, 1984: 1072-1078.
134. Roeder , BE., A. Said, M. Reichelderfer , und DV. Gopal. „Placement of gastrostomy tubes in patients with ventriculoperitoneal shunts does not result in increased incidence of shunt infection or decreased survival.“ *Digestive Diseases and sciences*, 2007: 518-522.
135. Ronan, A., GG. Hogg, und GL. Klug. „Cerebrospinal fluid shunt infections in children.“ *The Pediatric Infectious Disease Journal*, 1995: 782-786.
136. Rotim, K., P. Miklic, J. Paladino, A. Melada, M. Marcikic, und M. Scap. „Reducing the incidence of infection in pediatric cerebrospinal fluid shunt operations.“ *Child's Nervous System*, 1997: 585-587.

137. Russel, TR., M. Brotman und F. Norris. „Percutaneous gastrostomy: A new simplified and cost-effective technique.“ *American Journal of Surgery*, 1984: 132-137.
138. Saadeddin, A. , DA. Freshwter, NC. Fisher, und BJM. Jones. „Antibiotic prophylaxis for percutaneous endoscopic gastrostomy for non-malignant conditions: a double-blind prospective randomized controlled trial.“ *Alimentary Pharmacology and Therapeutics*, 2005: 565-570.
139. Sainte-Rose, C. , et al. „Mechanical Complications in shunts.“ *Pediatric Neurosurgery*, 1991: 2-9.
140. Sane, SS., A. Towbin, EA. Bergey, und RD. Kaye. „Percutaneous gastrostomy tube placement in patients with ventriculoperitoneal shunts.“ *Pediatric radiology*, 1998: 521-523.
141. Schmidt, K., et al. „Antibiotic prophylaxis in cerebrospinal fluid shunting: a prospective randomized trial in 152 hydrocephalic patients.“ *Neurosurgery*, 1985: 1-5.
142. Schoenbaum, SD., P. Garnder und J. Shillito. „Infections of cerebrospinal fluid shunts: Epidemiology, clinical manifestations, and therapy.“ *The Journal of Infectious Diseases*, 1975: 543-552.
143. Schrag, SP., et al. „Complications Related to percutaneous Endoscopic Gastrostomy (PEG) Tubes. A Comprehensive Clinical Review.“ *Journal of Gastrointestinal and Liver Diseases*, 2007: 407-418.
144. Schulman, AS., und RG. Sawyer. „The Safety of Percutaneous Gastrostomy Tube Placement in Patients with Existing Ventriculoperitoneal Shunts.“ *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 2005: 442-444.
145. Sells, CJ., DB. Shurtleff und JD. Loeser. „Gram-negative Cerebrospina fluid Shunt-association Infections.“ *Pediatrics*, 1977: 614-618.
146. Serlo, W., E. Fernell, E. Heikkinen, H. Anderson, und L. von Wendt. „Functions and complications of shunts in different etiologies of childhood hydrocephalus.“ *Child's Nervous System*, 1990: 92-94.
147. Shapiro, S., J. Boaz, M. Kleiman, J. Kalsbeck, und J. Mealey. „Origin of organisms infecting ventricular shunts.“ *Neurosurgery*, 1988: 868-872.
148. Sharma, VK., und CW. Howden. „Meta-analysis of Randomized, Controlled Trials of Antibiotic Prophylaxis Before Percutaneous Endoscopic Gastrostomy.“ *The American Journal of Gastroenterology*, 2000: 3133-3136.

149. Simon, TD, et al. „Risk Factors for first Cerebrospinal Fluid Shunt Infection: Findings from a Multi-Center Prospective Cohort Study.“ *The Journal of Pediatrics*, 2014: 1462-1468.
150. Simon, TD., et al. „Revision surgeries are associated with significant increased risk of subsequent cerebrospinal fluid shunt infection.“ *The Pediatric Infectious Disease Journal*, 2012: 551-556.
151. Spanu, G., G. Karussos, D. Adinolfi, and N. Bonfanti. „An analysis of cerebrospinal fluid shunt infections in adults. A clinical experience of twelve years.“ *Acta neurochirurgica*, 1986: 79-82.
152. Stein, S., und W. Guo. „Have we made progress in preventing shunt failure? A critical analysis.“ *Journal of Neurosurgery: pediatrics*, 2008: 40-47.
153. Stevens, NT., et al. „Ventriculoperitoneal shunt-related infections caused by Staphylococcus epidermidis: pathogenesis and implications for treatment.“ *British Journal of Neurosurgery*, 2012: 792-797.
154. Stevens, NT., M. Tharmabala, T. Dillane, CM. Greene, JP. O'Gara, und H. Humphreys . „Biofilm and the role of the ica operon and aap in Staphylococcus epidermidis isolates causing neurosurgical meningitis.“ *Clinical Microbiology and Infection*, 2008: 719-722.
155. Stone, JJ., CT. Walker, M. Jacobson, V. Phillips, und HJ. Silberstein. „Revision Rate of pediatric ventriculoperitoneal shunts after 15 years.“ *Journal of Neurosurgery: Pediatrics*, 2013: 15-19.
156. Stute, A., B. Ley und AJ. Dormann. „Komplikationsmanagement bei perkutanen endoskopischen Gastrostomien.“ *Endo-Praxis*, 2010: 150-157.
157. Taylor, AL., TA. Carroll, J. Jakubowski, und G. O'Reilly. „Percutaneous endoscopic gastrostomy in patients with ventriculoperitoneal shunts.“ *British Journal of Surgery*, 2001: 724-727.
158. Tebbs, SE., A. Sawyer, und TS. Elliott. „Influence of surface morphology on in vitro bacterial adherence to central venous catheters.“ *British Journal of Anaesthesia*, 1994: 587-591.
159. Tuan, Teresa J, Emily A Thorell, Nicole Mayer Hamblett, John R.W. Kestle, Margaret Rosenfeld , und Tamara D Simon. „Treatment and microbiology of repeated cerebrospinal fluid shunt infections in children .“ *The Pediatric Infectious Disease Journal*, 2011: 731-735.

160. Tuli, S., J. Drake, J. Lawless, M. Wigg, und M. Lamberti-Paculli. „Risk Factors for repeated cerebrospinal shunt failures in pediatric patients with hydrocephalus.“ *Journal of Neurosurgery*, 2000: 31-38.
161. Tuli, S., J. Tuli, J. Drake, und J. Spears. „Predictors of death in pediatric patients requiring cerebrospinal fluid shunts.“ *Journal of Neurosurgery*, 2004: 442-446.
162. Tunney, MM., et al. „Detection of Prosthetic Hip Infection at Revision Arthroplasty by Immunofluorescence Microscopy and PCR Amplification of the Bacterial 16S rRN Gene.“ *Journal of Clinical Microbiology*, 1999: 3281-3290.
163. Turgut, M., et al. „Cerebrospinal Fluid Shunt Infections in Children.“ *Pediatric Neurosurgery*, 2005: 131-136.
164. Valletta, E., G. Angelini, E. Fontana, R. Piccoli, und D. Ulmi. „Percutaneous endoscopic gastrostomy in children with ventriculoperitoneal shunt.“ *La Pediatria Medica e Chirurgica*, 2003: 360-363.
165. van Lindert, Erik J., Martine Van Bilsen, Michiel van der Flier, Eva Kolwijck, Hans Delye, und Jaap ten Oever. „Topical vancomycin reduces the cerebrospinal fluid shunt infection rate: A retrospective cohort study.“ <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190249>. 2018. (Zugriff am 26. 05 2018).
166. Vervloessem, D., et al. „Percutaneous endoscopic gastrostomy (PEG) in children is not a minor procedure: risk factors for major complications.“ *Seminars for pediatric Surgery*, 2009: 93-97.
167. Vinchon, M., und P. Dhellemmes. „Cerebrospinal fluid shunt infection: risk factors and long term follow-up.“ *Child's Nervous System*, 2006: 692-697.
168. Young, C., C. Gerke, GA. Somerville, ER. Fischer, und M. Otto. „Quorum-Sensing Control of Biofilm Factors in Staphylococcus epidermidis.“ *The Journal of Infectious Diseases*, 2003: 706-718.
169. Vui, HC., WC. Lim, HL. Law, B. Norwani, und VU. Charles. „Percutaneous endoscopic gastrostomy in patients with ventriculoperitoneal shunt.“ *The Medical Journal of Malaysia*, 2013: 289-392.
170. Walters, BC., HJ. Hoffman, EB. Hendrick, und RP. Humphreys. „Cerebrospinal fluid shunt infection. Influence on initial management and subsequent outcome.“ *Journal of Neurosurgery*, 1984: 1014-1021.
171. Walters, BC., HJ. Hoffmann, EB. Hendrick, und RP. Humphreys. „Decreased Risk of infection in cerebrospinal fluid shunt surgery using prophylactic antibiotics: a case-control study.“ *Zeitschrift für Kinderchirurgie*, 1985: 15-18.

172. Walters, BC., L. Goumnerova, HJ. Hoffman, EB. Hendrick, RP. Humphreys, und C. Levinton. „A randomized controlled trial of perioperative rifampin/trimethoprim in cerebrospinal fluid shunt surgery.“ *Child's Nervous System*, 1992: 253-257.
173. Wang, KW., et al. „Infection of cerebrospinal fluid shunts: causative pathogens, clinical features and outcomes.“ *Japanese Journal of Infectious Disease*, 2004: 44-48.
174. Willis, JS., und JT. Oglesby. „Percutaneous gastrostomy: further experience.“ *Radiology*, 1985: 71-74.
175. Winograd, SA. „Percutaneous Endoscopic Gastrostomy.“ *American Journal of Gastroenterology*, 1992: 1683-1684.
176. Winston, KR. „Hair and neurosurgery.“ *Neurosurgery*, 1992: 320-329.
177. Wojtowycz, MM., JA. Arata, TJ. Micklis, und FJ. Miller. „CT Findings after uncomplicated Percutaneous gastrostomy.“ *American Journal of Roentgenology*, 1988: 307-309.
178. Wollmann, B., HB: D'Agostino, JR. Walus-Wigle, DW. Easter, und A. Beale. „Radiologic, endoscopic and surgical gastrostomy: an institutional evaluation and meta-analysis of the literature.“ *Radiology*, 1995: 699-704.
179. Wu, Y., N. Green, M. Wrensch, S. Zhao, und N. Gupta. „Ventriculoperitoneal Shunt Complications in California: 1990 to 2000.“ *Neurosurgery*, 2007: 557-563.
180. „www.thieme.de.“ 2015.
https://www.thieme.de/statics/dokumente/thieme/final/de/dokumente/tw_pflegepaedagogik/abb-25-04-peg-anlage.jpg (Zugriff am 20. 09 2015).
181. Yang, Hua, Yongjia Feng, Xiaoyi Sun, und Daniel H Teitelbaum. „Enteral versus Parenteral Nutrition: Effect on Intestinal Barrier Function.“ *Annals Of The New York Academy Of Sciences*, 2009: 338-346.
182. Younger, JJ., und FF. Barrett. „Infections of Central-Nervous-System Shunts.“ In *Infections of the nervous system*, von Schlossberg D., 64-72. Berlin: Springer, 1990.
183. Zobell, CE. „The Effect of solid surfaces upon Bacterial Activity.“ *The Journal of Bacteriology*, 1943: 39-56.

Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| TABELLE 1 ÜBERSICHT DER INDIKATIONEN FÜR EINE SHUNTANLAGE, AUF GRUNDLAGE VERSCHIEDENER VORANGEGANGENER INTERNATIONALER STUDIEN (KHAN F 2015) (STONE JJ 2013) (WU Y 2007). | 3 |
| TABELLE 2 MÖGLICHE KOMPLIKATIONEN NACH VENTRIKULOPERITONEALER-SHUNT-ANLAGE, ERHOBEN IN VERSCHIEDENEN STUDIEN. HIER EXEMPLARISCH DIE ERGEBNISSE AUS ZWEI STUDIEN DARGESTELLT (KIM JS 2009) (WU Y 2007)..... | 5 |
| TABELLE 3 ÜBERSICHT ÜBER DIE BISLANG DOKUMENTIERTEN INFEKTIONS-RATEN EINES VENTRIKULOPERITONEALEN-SHUNT. | 6 |
| TABELLE 4 EINTEILUNG DES HYDROCEPHALUS NACH LOKALISATION DER OBSTRUKTION, GEMÄß ERLÄUTERUNGEN IN DER ARBEIT VON (REKATE 2008)..... | 15 |
| TABELLE 5 TABELLARISCHE DARSTELLUNG DER KLASSIFIKATION EINER HIRNBLUTUNG BEI FRÜHGEBORENEN (PAPILE L 1978)..... | 18 |
| TABELLE 6 ÜBERSICHT DER INDIKATIONEN FÜR EINE PERKUTANE ENDOSKOPISCHE GASTROSTOMIE-(PEG)-IMPLANTATION AUF GRUNDLAGE VERSCHIEDENER STUDIEN. HIER EXEMPLARISCH DIE ERGEBNISSE AUS ZWEI STUDIEN DARGESTELLT (RAHNEMAI-AZAR AA 2014) (KEYMLING M, 1987)..... | 21 |
| TABELLE 7 ÜBERSICHT MÖGLICHER KONTRAINDIKATIONEN FÜR EINE PERKUTANE ENDOSKOPISCHE GASTROSTOMIE-(PEG)-ANLAGE GEMÄß VERSCHIEDENER STUDIENERGEBNISSE. HIER EXEMPLARISCH DIE ERGEBNISSE VON DREI STUDIEN DARGESTELLT (RAHNEMAI-AZAR AA 2014) (SCHRAG SP 2007) (STUTE A 2010)..... | 22 |
| TABELLE 8 ÜBERSICHT MÖGLICHER KOMPLIKATIONEN IM RAHMEN PERKUTANE ENDOSKOPISCHE GASTROSTOMIE-(PEG)-ANLAGE , AUF GRUNDLAGE VON STUDIENERGEBNISSEN. HIER DIE ERGEBNISSE VON DREI STUDIEN DARGESTELLT (RAHNEMAI-AZAR AA 2014) (SCHRAG SP 2007) (STUTE A 2010)..... | 27 |
| TABELLE 9 VERGLEICH DER DREI BETRACHTETEN PATIENTENKOLLEKTIVE AM BUNDESWEHRKRANKENHAUS ULM IM BETRACHTUNGSZEITRAUM 1989-2015. VP SHUNT = VENTRIKULOPERITONEALER SHUNT, PEG = PERKUTANE ENDOSKOPISCHE GASTROSTOMIE, M= MÄNNLICH, W= WEIBLICH..... | 50 |
| ABILDUNG 1 BILDHAFTE DARSTELLUNG EINES VENTRIKULOPERITONEALEN SHUNTS BEIM ERWACHSENEN ©D. SINCLAIR, ABDRUCK MIT FREUNDLICHER GENEHMIGUNG VON DR. DAVID SINCLAIR (MILLER UND STEINMETZ 2002)..... | 10 |
| ABILDUNG 2 MAGNETRESONANZTOMOGRAPHIE-DARSTELLUNG EINES HYDROCEPHALUS BEI EINEM KIND, 10 JAHRE ALT. ES SIND DEUTLICH ERWEITERTE LIQUORRÄUME ERKENNBAR (BUNDESWEHRKRANKENHAUS ULM, RADIOLOGIE, 2010)..... | 12 |
| ABILDUNG 3 BILDHAFTE DARSTELLUNG DES VENTRIKELSYSTEM (ROT BESCHRIFTET SIND MÖGLICHE ENGSTELLEN ALS URSACHEN FÜR EINEN HYDROCEPHALUS) ©KENHUB WWW.KENHUB.COM (KIM 2015)..... | 16 |
| ABILDUNG 4 BILDHAFTE DARSTELLUNG DER DURCHFÜHRUNG EINER PERKUTANEN ENDOSKOPISCHEN GASTROSTOMIE (PEG)-ANLAGE , „PULL TECHNIK“ ©THIEME, „I CARE PFLEGE“ [E-BOOK], ABB. 25.04, 2015. | 23 |
| ABILDUNG 5 BILDHAFTE DARSTELLUNG UND ÜBERSICHT EINER LIEGENDEN PERKUTANEN ENDOSKOPISCHEN GASTROSTOMIE (PEG). © THIEME, „I CARE PFLEGE“ [E-BOOK], ABB. 25.05, 2015. | 25 |

| | |
|--|----|
| ABBILDUNG 6: UNTERSUCHUNGSSPEZIFISCHE PATIENTENVERTEILUNG IM BETRACHTUNGSZEITRAUM (1989 BIS 2015). EINBEZOGEN WURDEN ALLE PATIENTEN DES BUNDESWEHRKRANKENHAUSES ULM DIE ZUM ZEITPUNKT DER ABFRAGE 2013 ERFASST WURDEN..... | 32 |
| ABBILDUNG 7 ANZAHLMÄßIGE VERTEILUNG DER GESCHLECHTER INNERHALB DES BETRACHTETEN GESAMTKOLLEKTIVS DER PATIENTEN MIT VENTRIKULOPERITONEALEN SHUNT UND PERKUTANER ENDOSKOPISCHER GASTROSTOMIE (N=57) IM BUNDESWEHRKRANKENHAUS ULM ZUM ZEITPUNKT DER ABFRAGE 2013..... | 34 |
| ABBILDUNG 9 ÜBERSICHT DER ANTEILSMÄßIGEN VERTEILUNG DER INDIKATIONEN FÜR EINE PERKUTANE ENDOSKOPISCHE GASTROSTOMIE-(PEG)-ANLAGE IM GESAMTEN BETRACHTETEN KOLLEKTIV DER PATIENTEN MIT VENTRIKULOPERITONEALEN SHUNT UND PERKUTANER ENDOSKOPISCHER GASTROSTOMIE IM BUNDESWEHRKRANKENHAUS ULM ZUM ZEITPUNKT DER ABFRAGE 2013..... | 35 |
| ABBILDUNG 10 RADIOLOGISCHE ABDOMENÜBERSICHT BEI EINEM PATIENTEN, 14 JAHRE ALT. DARGESTELLT SIND PERKUTANE ENDOSKOPISCHE GASTROSTOMIE (PEG) UND DER PERITONEALE ANTEIL DES VENTRIKULOPERITONEALEN-SHUNTES. IN ROT GEMESSEN DIE DISTANZ BEIDER SYSTEME ZUEINANDER (BUNDESWEHRKRANKENHAUS ULM, RADIOLOGIE 2011)..... | 36 |
| ABBILDUNG 11 ÜBERSICHT HINSICHTLICH DES VERFÜGBAREN BILDMATERIALS FÜR DIE DURCHFÜHRUNG EINER ABSTANDSMESSUNG IM GESAMTEN BETRACHTETEN KOLLEKTIV DER PATIENTEN MIT VENTRIKULOPERITONEALEN SHUNT UND PERKUTANER ENDOSKOPISCHER GASTROSTOMIE IM BUNDESWEHRKRANKENHAUS ULM (STAND 2015) | 37 |
| ABBILDUNG 12 DARSTELLUNG DER VERTEILUNG DER PATIENTEN AUF DIE JEWEILIGEN ALTERSKLASSEN IM GESAMTEN BETRACHTETEN KOLLEKTIV DER PATIENTEN MIT VENTRIKULOPERITONEALEN SHUNT UND PERKUTANER ENDOSKOPISCHER GASTROSTOMIE (PEG) IM BUNDESWEHRKRANKENHAUS ULM ZUM ZEITPUNKT DER ABFRAGE 2013. BLAU DARGESTELLT ALLE PATIENTEN, ROT ALLE PATIENTEN MIT SHUNTINFEKT, GRÜN DIE PATIENTEN, WELCHE EINEN SHUNTINFEKT ERST NACH PEG-ANLAGE ENTWICKELTEN. | 38 |
| ABBILDUNG 13 ÜBERSICHT DER ANTEILE DER PATIENTEN MIT (JA) UND OHNE (NEIN) ERHALTENER ANTIBIOTIKAGABE BZW. MIT NICHT BEKANNTER (NICHT BEKANNT) ANTIBIOTIKAGABE IM GESAMTEN BETRACHTETEN KOLLEKTIV DER PATIENTEN MIT VENTRIKULOPERITONEALEN SHUNT UND PERKUTANER ENDOSKOPISCHER GASTROSTOMIE IM BUNDESWEHRKRANKENHAUS ULM (STAND 2015)..... | 39 |
| ABBILDUNG 14 DARSTELLUNG DER VERTEILUNG DER PATIENTEN MIT UND OHNE SHUNTINFEKTION IM GESAMTEN BETRACHTETEN KOLLEKTIV IM DER PATIENTEN MIT VENTRIKULOPERITONEALEN SHUNT UND PERKUTANER ENDOSKOPISCHER GASTROSTOMIE BUNDESWEHRKRANKENHAUS ULM (STAND 2015)..... | 39 |
| ABBILDUNG 15 ÜBERSICHT ÜBER SONSTIGE AUFGETRETENE INFEKTIONEN, NEBEN DEM AUFTRETEN VON SHUNTINFEKTIONEN, IM GESAMTEN BETRACHTETEN KOLLEKTIV DER PATIENTEN MIT VENTRIKULOPERITONEALEN SHUNT UND PERKUTANER ENDOSKOPISCHER GASTROSTOMIE IM BUNDESWEHRKRANKENHAUS ULM (STAND 2015). PEG = PERKUTANE ENDOSKOPISCHE GASTROSTOMIE. | 40 |
| ABBILDUNG 16 ANZAHL DER PATIENTEN, DIE EINE SHUNTREVISION ERHALTEN HABEN UND ANZAHL DERER, OHNE REVISION, IM GESAMTEN BETRACHTETEN KOLLEKTIV DER PATIENTEN MIT VENTRIKULOPERITONEALEN SHUNT UND PERKUTANER ENDOSKOPISCHER GASTROSTOMIE IM BUNDESWEHRKRANKENHAUS ULM (STAND 2015) .. | 41 |
| ABBILDUNG 17 ÜBERSICHT DER REVISIONSGRÜNDE BEI DEN PATIENTEN, DIE EINE SHUNTREVISION ERHALTEN HABEN, IM GESAMTEN BETRACHTETEN KOLLEKTIV DER PATIENTEN MIT VENTRIKULOPERITONEALEN SHUNT UND PERKUTANER ENDOSKOPISCHER GASTROSTOMIE IM BUNDESWEHRKRANKENHAUS ULM (STAND 2015) | 41 |

| | |
|---|----|
| ABBILDUNG 18 ANZAHL DER INSGESAMT NOTWENDIGEN REVISIONEN JE PATIENT IM GESAMTEN KOLLEKTIV DER PATIENTEN MIT VENTRIKULOPERITONEALEN SHUNT UND PERKUTANER ENDOSKOPISCHER GASTROSTOMIE. MIT AUFGEFÜHRT DIE PATIENTEN, WELCHE KEINE REVISION (0) ERHALTEN HABEN. DARGESTELLT SIND ALLE PATIENTEN IM GESAMTEN BETRACHTETEN KOLLEKTIV IM BUNDESWEHRKRANKENHAUS ULM (STAND 2015). | 42 |
| ABBILDUNG 19 DARSTELLUNG DER MÖGLICHKEIT EINER VERLAUFSBEURTEILUNG. LAGEN NUR EINZELNE ARZTBRIEFE VOR, KONNTE KEIN VERLAUF ANGEGEBEN WERDEN. BEI DEN RESTLICHEN PATIENTEN KONNTE EIN GENAUER VERLAUF BEURTEILT WERDEN. DARGESTELLT DAS GESAMTE BETRACHTETE KOLLEKTIV DER PATIENTEN MIT VENTRIKULOPERITONEALEN SHUNT UND PERKUTANER ENDOSKOPISCHER GASTROSTOMIE IM BUNDESWEHRKRANKENHAUS ULM (STAND 2015). | 43 |
| ABBILDUNG 20 GESCHLECHTERVERTEILUNG IM AUSGEWÄHLTEN KOLLEKTIV DER PATIENTEN MIT SHUNTINFektion, BEI VORHANDENER PERKUTANER ENDOSKOPISCHER GASTROSTOMIE IM BUNDESWEHRKRANKENHAUS ULM (STAND 2015). | 45 |
| ABBILDUNG 21 ÜBERSICHT ÜBER DIE INDIKATIONEN ZUR VENTRIKULOPERITONEALEN-(VP)-SHUNTANLAGE BEI DEN PATIENTEN, WELCHE SPÄTER EINE SHUNTINFektion ENTWICKELTEN, BEI LIEGENDER PERKUTANER ENDOSKOPISCHER GASTROSTOMIE (PEG) IM AUSGEWÄHLTEN KOLLEKTIV DES BUNDESWEHRKRANKENHAUSES ULM (STAND 2015). | 46 |
| ABBILDUNG 22 ÜBERSICHT ÜBER DIE ERFOLGTE ANTIBIOTIKAGABE IM RAHMEN SHUNTANLAGE, BEI PATIENTEN MIT SPÄTERER SHUNTINFektion BEI BESTEHENDEM VENTRIKULOPERITONEALEN-SHUNT UND EXISTIERENDER PERKUTANER ENDOSKOPISCHER GASTROSTOMIE. AUSGEWÄHLTES PATIENTENKOLLEKTIV DES BUNDESWEHRKRANKENHAUSES ULM (STAND 2015). | 46 |
| ABBILDUNG 23 ÜBERSICHT DER INDIKATIONEN ZUR PERKUTANEN ENDOSKOPISCHEN GASTROSTOMIE-(PEG)-ANLAGE BEI PATIENTEN, WELCHE IM VERLAUF BEI VORHANDENER PEG UND VENTRIKULOPERITONEALEN-(VP)-SHUNT EINE SHUNTINFektion ENTWICKELTEN. AUSGEWÄHLTES KOLLEKTIV DER PATIENTEN DES BUNDESWEHRKRANKENHAUSES ULM (STAND 2015). | 47 |
| ABBILDUNG 24 DARSTELLUNG DER ANLAGENREIHENFOLGE VON VENTRIKULOPERITONEALEN-SHUNT UND PERKUTANER ENDOSKOPISCHER GASTROSTOMIE (PEG) IM KOLLEKTIV DER PATIENTEN, WELCHE IM VERLAUF BEI LIEGENDER PEG UND VORHANDENEM SHUNT EINE SHUNTINFektion ENTWICKELTEN. AUSGEWÄHLTES PATIENTENKOLLEKTIV DES BUNDESWEHRKRANKENHAUSES ULM (STAND 2015). | 48 |
| ABBILDUNG 25 DARSTELLUNG DES ZEITPUNKTES DER SHUNTINFektion IN ABHÄNGIGKEIT ZUR ZULETZT DURCHFÜHRTEN MAßNAHME IM KOLLEKTIV DER PATIENTEN, WELCHE BEI LIEGENDER PERKUTANER ENDOSKOPISCHER GASTROSTOMIE (PEG) SOWIE VORHANDENEM VENTRIKULOPERITONEALEN-(VP)-SHUNT EINE SHUNTINFektion ENTWICKELTEN. AUSGEWÄHLTES PATIENTENKOLLEKTIV DES BUNDESWEHRKRANKENHAUSES ULM (STAND 2015). | 49 |
| ABBILDUNG 26 COMPUTERRADIOGRAPHIE-AUFNAHME DES SCHÄDELS BEI 10JÄHRIGEM PATIENTEN MIT LIEGENDEM SHUNT, LINKS AM TAG DER SHUNTANLAGE, RECHTS SIEBEN MONATE SPÄTER. EINE ABNAHME DER WEITE DER LIQUORRÄUME IST ERKENNBAR (BUNDESWEHRKRANKENHAUS ULM, 2010). | 52 |
| ABBILDUNG 27 RADIOLOGISCHE DARSTELLUNG DER VENTRIKEL BEI EINEM 10JÄHRIGEN JUNGEN MIT EINLIEGENDEM SHUNT. RECHTS AM TAG VOR SHUNTANLAGE, LINKS ZWÖLF MONATE SPÄTER. ES IST EINE DEUTLICHE ABNAHME DER VENTRIKELWEITE ERKENNBAR (BUNDESWEHRKRANKENHAUS ULM, RADIOLOGIE, 2010 UND 2011). | 53 |

| | |
|---|----|
| <p>ABBILDUNG 28 ABDOMENÜBERSICHT MIT ERKENNBAREM PERITONEALEM KATHETERANTEIL DES VENTRIKULOPERITONEALEN-SHUNTS UND MITTIG IN PROJEKTION AUF DIE WIRBELSÄULE, DIE PERKUTANE ENDOSKOPISCHE GASTROSTOMIE BEI EINEM ZEHN JAHRE ALTEN JUNGEN. (BUNDESWEHRKRANKENHAUS ULM, RADIOLOGIE, 2010)</p> | 53 |
| <p>ABBILDUNG 29 MAGNETRESONANZ-AUFNAHME DES SCHÄDELS, SAGITTAL UND TRANSVERSAL IM VERGLEICH, BEI EINEM ACHT JAHRE ALTEN JUNGEN DREI JAHRE NACH SHUNTANLAGE (BUNDESWEHRKRANKENHAUS ULM, RADIOLOGIE, 2010).</p> | 56 |
| <p>ABBILDUNG 30 RÖNTGEN-ÜBERSICHT ABDOMEN MIT LIEGENDEM VENTRIKULOPERITONEALEN-SHUNT BEI NOCH NICHT VORHANDENER PERKUTANER ENDOSKOPISCHER GASTROSTOMIE BEI EINEM ZWEI JAHRE ALTEM JUNGEN (BUNDESWEHRKRANKENHAUS ULM, RADIOLOGIE, 2004).....</p> | 56 |

Danksagung

An erster Stelle gilt mein Dank meinem Doktorvater Prof. Dr. U.M. Mauer, der mir zum einen die Möglichkeit zum Erstellen dieser Arbeit gab und zum anderen zu jeder Zeit methodische und wissenschaftliche Unterstützung und Beratung bot.

Vielen Dank an meine Familie und Freunde, die mich den ganzen langen Weg begleitet haben, besonders natürlich an meinen Mann Tom.

Großer Dank an meinen Papa, ich glaube wir haben beide viel gelernt. Er über dieses Thema, ich über Excel. Du warst mir eine unendliche Hilfe.

Danke an Dr. David B., der mit Vorliebe nachts meine Arbeit nach kleinsten Rechtschreibfehlern durchsucht und meistens auch gefunden hat. Ich danke dir für diese wertvolle Unterstützung.

Danke.

Wissenschaftlicher Lebenslauf

Persönliches

Stefanie Baier
geboren 1984
in Räckelwitz (Kamenz)

Ausbildung

| | |
|-------------------|---|
| 1990 – 1996 | Grundschule am Akaziengrund, Berlin |
| 1996 – 1998 | Marc Chagall Realschule, Berlin |
| 1998 – 2003 | Mahatma Gandhi Gymnasium, Berlin |
| 01.07.2003 | Eintritt in die Bundeswehr |
| 10/2003 -10/2009 | Justus Liebig Universität Gießen, Studium der Humanmedizin |
| 05.11.2009 | Approbation als Ärztin |
| 2010-2012 | Weiterbildungsassistentin Bundeswehrkrankenhaus Berlin (Abteilungen Chirurgie, Innere Medizin, Anästhesie) |
| 2012-2014 | Truppenärztin Standortsanitätszentrum Stadtallendorf |
| 01/2015 – 01/2016 | Weiterbildungsassistentin Praxis für Allgemeinmedizin Schubert und Lüdtko |
| 02/2016-07/2016 | Weiterbildungsassistentin Bundeswehrzentral Krankenhaus Koblenz, Abteilung Innere Medizin |
| 08/2016 – 10/2016 | Truppenärztin Sanitätsversorgungszentrum Stadtallendorf |
| 09/2016 | Fachärztin für Allgemeinmedizin |
| seit 11/2016 | Leiterin Sanitätsversorgungszentrum Stadtallendorf |