Bundeswehrkrankenhaus Ulm
Klinik für Neurochirurgie
Direktor: Prof. Dr. med. Uwe Max Mauer

Retrospektive Überprüfung der Indikationsstellung zur Anlage eines ventrikuloperitonealen Shunts bei Verdacht auf einen Normaldruckhydrozephalus

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

vorgelegt von
Kerstin Seisenberger
geboren in Mühldorf am Inn

2022

Amtierender Dekan: Prof. T. Wirth

1. Berichterstatter: PD C. Schulz

2. Berichterstatter: Prof. B. Schmitz

Tag der Promotion: 28.04.2023

Inhalt aus Gründen des Datenschutzes entfernt

Inhaltsverzeichnis

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS **VI**

1. EINLEITUNG **1**
1.1. Der idiopathische Normaldruck-Hydrocephalus **2**
1.2. Pathologie **3**
1.3. Epidemiologie **5**
1.4. Diagnostik **6**
1.4.1. Klinik 6
1.4.2. Komorbiditäten 7
1.4.3. Bildgebung 8
1.4.4. Intrakranielle Druckmessung 11
1.4.5. Bolusinfusionstest 13
1.5. Chirurgische Therapie **14**
1.6. Fragestellung **16**

2. MATERIAL UND METHODEN **17**
2.1. Patientenkollektiv **17**
2.2. Studiendesign **17**
2.2.1. Aufbau des Fragebogens mit Patienten-Steckbriefen 18
2.2.2. Klinik 18
2.2.3. Bildgebung 18
2.2.4. Intrakranielle Druckmessung 19
2.2.5. Bolusinfusionstest 21
2.2.6. Chirurgische Therapie: VP-Shunt 22
2.3. Erhebung zur Diagnostik an anderen Neurochirurgischen Kliniken **23**
2.4. Statistische Methoden **23**
2.4.1. Intrarater-Konkordanz 24
2.4.2. Vergleich anonymisierte Shuntindikation mit tatsächlicher Therapieentscheidung 25
2.4.3. Vergleich der anonymisierten Bewertung mit der tatsächlichen Shuntindikation 25
2.4.4. Einfluss einzelner Parameter auf die anonymisierte Shuntindikation 26
2.5. Ökonomische Aspekte **26**
2.5.1. Demonstration anhand repräsentativer Zahlen des BWK Ulm 26
2.5.2. Vergütungssystematik 27
2.5.3. Kostenstruktur 29
2.6. Ethikantrag **35**

3. ERGEBNISSE **36**
3.1. Patientenkollektiv **36**
3.2. Diagnostik anderer neurochirurgischer Kliniken **37**
3.3. Auswertung Fragebögen **40**
3.3.1. Intrarater-Konkordanz 40
3.3.2. Vergleich anonymisierte Shuntindikation mit tatsächlicher Therapieentscheidung 50
3.3.3. Vergleich der anonymisierten Bewertung mit der tatsächlichen Shuntindikation 52
3.3.4. Einfluss einzelner Parameter auf die anonymisierte Shuntindikation 56
3.3.5. Zusammenfassung der Ergebnisse 60
3.4. Ökonomische Analyse **61**

4. DISKUSSION **62**
4.1. Patientenkollektiv im Vergleich **62**

4.2. Interpretation der Ergebnisse 62
4.2.1. Intrarater-Konkordanz 63
4.2.2. Vergleich anonymisierte Shuntindikation mit tatsächlicher Therapieentscheidung 63
4.2.3. Vergleich der anonymisierten Bewertung mit der tatsächlichen Shuntindikation 63
4.2.4. Einfluss einzelner Parameter auf die anonymisierte Shuntindikation 64
4.2.5. Diagnostik ohne signifikanten Einfluss auf Shuntindikation 65
4.2.6. Fach- vs. Assistenzarzt 66
4.2.7. Aussagekraft größerer Datensätze 69
4.3. Invasivität der Diagnostik: Risiko/Nutzen- Abwägung 70
4.3.1. Komorbidität als Einflussfaktor 70
4.3.2. Komplikationen 71
4.3.3. Irreversibilität 72
4.4. Ökonomische Bewertung: 73
4.4.1. Spannungsfeld zwischen Profitmaximierung und Solidargemeinschaft 74
4.4.2. Weniger ist mehr 75
4.5. Überlegungen zur Qualitätssicherung 76
4.5.1. Wertigkeit klinischer Tests 76
4.5.2. Objektivierung und Standardisierung 77
4.5.3. Zentralisierung von Diagnostik und Therapie 79
4.6. Der Faktor Mensch - Verhaltenspsychologische Aspekte 84
4.6.1. Das menschliche Gehirn ist kein Computer 84
4.6.2. Etablierung Untersucher-unabhängiger Entscheidungsstrategien 86
4.6.3. EbM und ihre Limitationen – statistical illiteracy 88
4.6.4. Nutzung moderner Techniken zur Vereinfachung der Entscheidungsfindung 90
4.6.5. Sapere aude! – Menschliches Gehirn vs. Künstliche Intelligenz 90
4.6.6. Scio non scio - wissenschaftliche Kontroversen beim iNPH 92
4.7. Schlussfolgerung und Ausblick 98

5. ZUSAMMENFASSUNG 101

6. LITERATURVERZEICHNIS 103

7. ANHANG 113

DANKSAGUNG 125

LEBENSLAUF 126

Abkürzungsverzeichnis

(a)G-DRG	(ausgegliederte) German Diagnosis Related Groups
AI(S)Cs	antibiotic-impregnated (shunt) catheters
AVIM	Asymptomatic ventriculomegaly with the iNPH features on MRI
AWMF	Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften
BfArM	Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte
BI(F)T	Bolus-Infusions-Test
Bwkrhs/BWK	Bundeswehrkrankenhaus
(c)CT	(craniale) Computertomographie
CMI	co-morbidity index
(c)MRT/MRI	(craniale) Magnetresonanztomographie
DESH	disproportionately enlarged subarachnoid space hydrocephalus
df	degree of freedom (Anzahl der statistischen Freiheitsgrade)
ΔP	Druckdifferenz
EbM	Evidenz-basierte Medizin
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
ELD	externe Lumbaldrainage
ETV	endoscopic third ventriculostomy
ICP	inracranial pressure (intrakranieller Druck)
InEK	Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus GmbH
(i)NPH	(idiopathischer) Normaldruckhydrozephalus
KI	Künstliche Intelligenz
M.	Morbus
MDC	Major Diagnostic Categories
MDK	Medizinischer Dienst der Krankenkassen
MMST	Mini-Mental-Status-Test
MOCA-Test	Montreal Cognitive Assessment Test
MRS	Magnetresonanzspektroskopie
NPH	Normaldruckhydrozephalus
OGVD	obere Grenzverweildauer

OPS	Operationen- und Prozedurenschlüssel
P	Druck
P_0	Ausgangsdruck
PCCL	Patient Clinical Complexity Level
P_{inj}	Injektionsdruck
$P_{Plateau}$	Plateaudruck
PET/CT	Positronen-Emissions-Tomographie mit Computer-Tomographie
PVI	Pressure-Volume-Index
QUALY	Quality Adjusted Life Year
RCT	randomized controlled trial
R_{out}	Resorptionswiderstand
SAB	Subarachnoidalblutung
SAE	subkortikale arteriosklerotische Enzephalopathie
SPECT	Single-Photon-Emissionscomputertomographie
SVASONA	Shunt Valves plus shunt Assistant versus Shunt valves alone for controlling Overdrainage in idiopathic Normal pressure hydrocephalus in Adults: Studie
t	Zeit
Time-SLIP	Time-spatial-labeling-inverson-pulse-Technik
V_{inj}	Injektionsvolumen
vp-Shunt	ventrikuloperitonealer Shunt
VWD	Verweildauer

1. Einleitung

Wir finden uns im Zeitalter der Digitalisierung mit einer ständigen Flut an Daten konfrontiert, wobei unser Gehirn an die Grenzen seiner Leistungsfähigkeit stößt. Es wird angenommen, dass eine einzige Online-Tageszeitung heutzutage mehr Informationen enthält, als einem Menschen im 17. Jahrhundert in seinem ganzen Leben zur Verfügung standen. Wichtige komplexitätsreduzierende Mechanismen, die das menschliche Frontalhirn zum effizienten Arbeiten nutzt, drohen dabei zu überlasten. Künstliche Intelligenz und Algorithmen sind bei der Integration großer Datenmengen bereits überlegen. Allerdings können diese nicht im eigentlichen Sinne denken, Assoziationen herstellen oder Dinge im Kontext betrachten, um Bezüge herzustellen und Sinnhaftigkeit in Daten zu erkennen [18].

Die Angst vor dem Verlust des Gedächtnisses sowie die Angst vor dem Verlust der Mobilität gehören weltweit zu den Top drei der Dinge, die uns Angst vor dem Älterwerden machen. Dies ergab eine Studie des Meinungsforschungsinstituts IPSOS 2018, bei der in 30 Ländern 20.788 Personen im Alter zwischen 16 und 64 Jahren zu ihren Sorgen in Bezug auf das Altern befragt wurden. Somit liegen diese beiden Ängste, nur geschlagen von Angst vor Altersarmut, weit vor anderen Gesundheitssorgen wie Schmerzen oder Hör- und Sehverlust [52].

Das Krankheitsbild des Normaldruckhydrozephalus vereint als eine Demenz, welche mit Gangstörung einhergeht, sowohl Gedächtnis- als auch Mobilitätsverlust in sich. Die gute Nachricht für eine immer weiter überalternde Gesellschaft ist, dass diese Demenz eine der wenigen behandelbaren ist. Leider ist ihre Diagnose nach wie vor sehr komplex und die Datenlage dazu uneinheitlich. Seit der Erstbeschreibung durch Adams und Hakim [1] wurden zahlreiche Verfahren entwickelt und erprobt, um die Diagnose – und damit die Indikation zur Implantation eines Shunts als Therapie – zu stellen. Die uneinheitliche Datenlage dazu wird auch in der aktuellen deutschen Leitlinie, welche zuletzt 2018 überarbeitet wurde, bemängelt. In ihr finden sich zahlreiche technisch aufwendige oder invasive Methoden wieder [104], deren prädiktive Aussagekraft daher nicht zuletzt unter gesundheitsökonomischen Gesichtspunkten von Relevanz ist.

Dabei stellt sich die Frage, welches Maß an Diagnostik zielführend ist bzw., ob zusätzliche Untersuchungen und ein Mehr an Informationen zu besseren Entscheidungen führen.

Die Qualität unserer Daten zeichnet sich dadurch aus, dass wir in unserer Klinik auf hochwertige und aufwändige Untersuchungsverfahren zurückgreifen können, welche anderen Zentren nicht zur Verfügung stehen oder zumindest nicht routinemäßig durchgeführt werden.

1.1. Der idiopathische Normaldruck-Hydrocephalus

Unter einem Normaldruckhydrozephalus versteht man gemäß der gemeinsamen aktuellen Leitlinie der beiden deutschen Gesellschaften für Neurologie und Neurochirurgie eine „Durch einen kommunizierenden Hydrozephalus mit Ventrikelerweiterung ausgelöste Symptomentrias aus Gangstörung, Demenz und Harninkontinenz, die in der Regel durch eine Shunt-Implantation gebessert werden kann." [104, S.6]. Bereits in der Einführung dieser 2018 überarbeitet erschienenen S1-Leitlinie wird Bezug genommen auf die hohe Therapierelevanz dieses Krankheitsbildes, jedoch im gleichen Atemzug die uneinheitliche Datenlage dazu bemängelt [104]. Bedenkt man, dass der Normaldruckhydrozephalus unter den behandelbaren Demenzen mit einem Anteil von ca. 10% an vierter Stelle steht [32] ist es offensichtlich, dass hier noch reichlich Handlungsbedarf in der Forschung besteht. In der genannten Definition wird bereits ersichtlich, dass die Shunt-Implantation das Mittel der Wahl bei der Therapie des iNPHs ist. Die der Indikationsstellung vorausgesetzte Diagnose ist jedoch beim NPH häufig durch Komorbiditäten wie Morbus Alzheimer, Morbus Parkinson [68], subkortikale arteriosklerotische Enzephalopathie (SAE) oder Multiinfarktdemenz bei ähnlichen MRT-Veränderungen [9] [128] erschwert. Andererseits ist die Abgrenzung zu diesen Erkrankungen umso wichtiger, als dass eine Fehldiagnose nicht nur zu einem fehlenden Therapieerfolg, sondern die Folgen einer Liquor-Überdrainage gar bis zum Tod führen können. Aber auch das gleichzeitige Vorliegen von iNPH und einer weiteren Demenz, kann beispielsweise im Falle einer Alzheimer-Demenz zu einem schlechteren Verlauf postoperativ führen [43], bei einer vaskulären Demenz hingegen nicht zwangsläufig [122]. Häufig sind Klinik und Diagnostik nicht komplett eindeutig und es ist daher notwendig, diese in der Zusammenschau zu bewerten. „Die diagnostische Aussagekraft der klinischen Symptome sowie der präoperativen Tests hängt vom Patientenalter, von der Geschwindigkeit des Auftretens der Symptome und deren Progredienz, der Ätiologie und dem Gesamtzustand des Patienten ab. Kein einzelnes Symptom oder einzelner Test gilt

als beweisend für einen iNPH.“ [104, S. 9]. Erschwerend hinzu kommt, dass der iNPH ein in seiner Natur progressives Syndrom ist. So kann ein Fehlen einzelner Symptome schlichtweg darauf zurückzuführen sein, dass sich der Patient noch am Anfang des Krankheitsverlaufs befindet [4]. Umgekehrt kann das Vorliegen einzelner Diagnosekriterien ohne entsprechende Klinik unter Umständen auf ein präklinisches Stadium eines NPH hinweisen [53]. Als einzig verlässliches Kriterium zur Diagnosestellung NPH wird das postoperative Ansprechen auf die Implantation eines Shunts angesehen [15]. Da die retrospektive Gewissheit nach Operation aber natürlich zur Indikationsstellung nicht dienlich ist, wurde in internationalen Kriterien zur Diagnosestellung die Unterscheidung eines möglichen und eines wahrscheinlichen Normaldruckhydrozephalus etabliert [99] [111]. Diese Kategorien, neben der definitiven Diagnose durch Symptomverbesserung nach Shuntimplantation, spiegeln sich auch in der Deutschen Leitlinie wider. Vereinfacht werden zur wahrscheinlichen Diagnose folgende Kriterien verlangt: Ein schleichender, seit mindestens drei Monaten anhaltender Verlauf der Klinik mit mindestens zwei der drei Kardinalsymptome der Hakim-Trias und eine NPH-typische Ventrikelerweiterung in der Schnittbildgebung. Zudem muss eine andere Erkrankung, welche ursächlich für einen sekundären NPH ist oder selbst die Symptome besser erklärt, ausgeschlossen sein [104].

1.2. Pathologie

Um die Komplexität des NPH und seiner Diagnostik darzustellen, ist es notwendig, auch auf die Pathogenese des Krankheitsbildes einzugehen. Der anfänglich postulierte normale Hirndruck ist mittlerweile hinreichend widerlegt. Man weiß, dass der basale Hirndruck zwar im Mittel normwertig oder allenfalls leicht erhöht ist, er jedoch zumindest phasenweise erhöht gewesen sein muss, sodass das N im Namen nur noch historisch bedingt ist [67]. Eine zugrunde liegende Ursache wurde aber nach wie vor noch nicht nachgewiesen. Es wurden zwar verschiedenerlei Theorien aufgestellt, jedoch konnte keine davon nachhaltig belegt werden [100]. Konsens besteht darin, dass keine vermehrte Liquorproduktion, sondern eine Abflussstörung vorliegt [67]. Hirngeweblich haben sich in unterschiedlichen Studien teilweise Pathologien wie entzündliche und arteriosklerotische Veränderungen oder abnorme Proteinablagerungen gezeigt, wie sie sich auch bei anderen demenziellen Erkrankungen finden, aber schlussendlich konnte keine davon als

ursächlich für das Krankheitsbild belegt werden. Während in früheren Studien das Vorliegen von Zeichen einer vaskulären oder Alzheimer-Demenz eher gegen einen iNPH gewertet wurde, vermuten neuere Hypothesen einen möglichen Zusammenhang aufgrund der auffällig häufigen Komorbidität [67]. Dies trägt weiter zur Komplexität der (Differential-)Diagnostik bei: Legt man das „hydrodynamische Konzept“ zugrunde, bei dem arteriosklerotische Gefäßdegenerationen maßgeblich beteiligt sind, so ist eine Abgrenzung zu vaskulären Demenzen umso schwieriger. Gleiches gilt für die Theorie, dass Liquorstau zu einer Ansammlung toxischer Proteine wie beim M. Alzheimer führt, welche durch einen Shunt abgeleitet werden sollen [62]. Eine Korrelation zwischen den Pathologien und dem Outcome nach einer Shunt-Implantation wurde jedoch bisher nicht nachgewiesen. Hier reiht sich eine jüngere Studie ein, welche die Rolle Molekularer Demenz-Bildgebung zur Patienten-Selektion beim iNPH untersucht. Mittels Amyloid-Plaque-PET/CT wird das Vorliegen Alzheimer-typischer Ablagerungen detektiert. Dabei zeigt sich, dass deren Vorhandensein weder als positiver noch als negativer prädiktiver Faktor für das Shuntansprechen gewertet werden kann [85]. Modernste Hypothesen beinhalten ein komplexes Zusammenspiel unterschiedlicher Faktoren, die im Einzelnen nicht umfassend verstanden sind (s. Abbildung 1) [138].

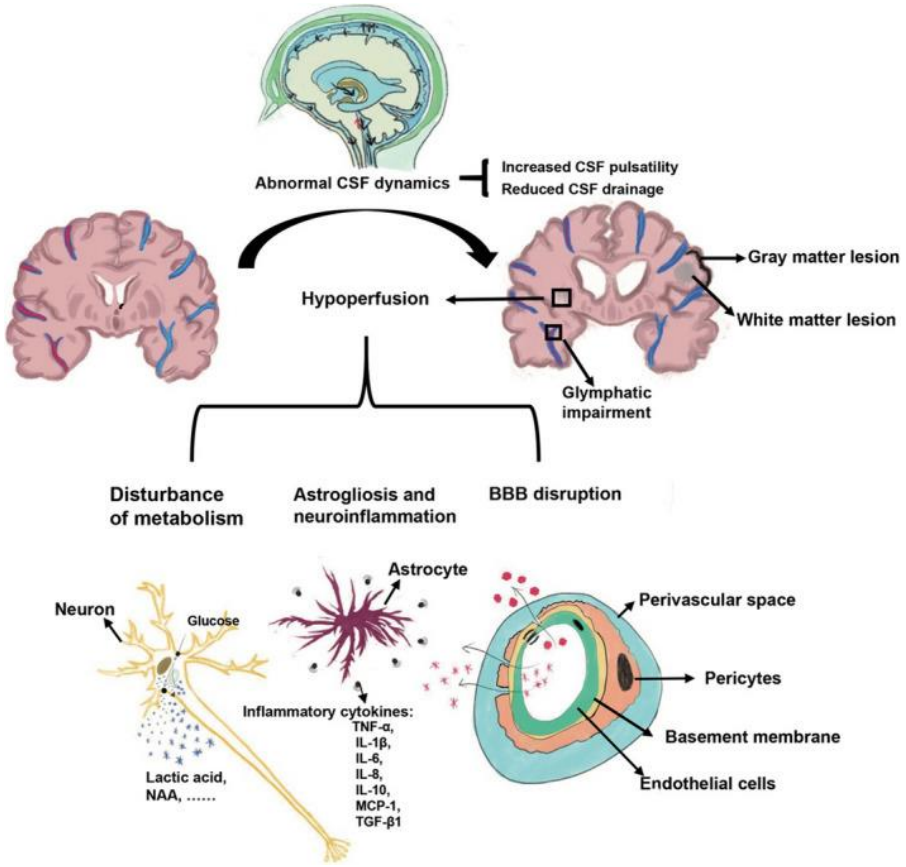


Abbildung 1: Modell zu Pathogenese und pathophysiologischen Veränderungen des iNPH
BBB: blood-brain barrier; CSF: cerebrospinal fluid; IL-10: interleukin 10; IL-1β: interleukin 1beta; IL-6: interleukin 6; IL-8: interleukin 8; iNPH: Idiopathic normal pressure hydrocephalus; MCP-1: monocyte chemoattractant protein-1; NAA: N-acetylaspartate; TGF-β1: transforming growth factor-beta1; TNF-α: tumor necrosis factor-alpha
Quelle: [138] Mit freundlicher Genehmigung der John Wiley & Sons, Inc.

Somit bleibt der Normaldruckhydrozephalus, wenn er nicht sekundär als Folge einer anderen neurologischen Erkrankung vorliegt, weiterhin ein idiopathisches Syndrom und Gegenstand künftiger Forschung, um valide Methoden für Diagnostik und Therapie zu entwickeln [100].

1.3. Epidemiologie

Die Datenlage zur Häufigkeit des iNPH ist sehr uneinheitlich. Populationsbasierte Studien sind bei einem so komplex zu diagnostizierenden Syndrom sehr schwer durchzuführen. Die Prävalenz in der Bevölkerung ist nur ungenau zu erheben, weil vielschichtige, zum Teil invasive Diagnostik vonnöten wäre, um genauere Zahlen zu erfassen. Epidemiologische Untersuchungen müssen sich jedoch in erster Linie auf nichtinvasive Diagnostik wie MRT oder die Klinik stützen, während sich invasivere Methoden zur reinen statistischen

Datenerhebung ethisch selbstredend verbieten [99]. Einig ist man sich in Studien, dass es zu einer Zunahme der Prävalenz mit fortschreitendem Lebensalter kommt. Während in der Literatur meist von einer gehäuften Manifestation ab der 6. Lebensdekade die Rede ist, kommen einzelne Studien auch zu einem noch späteren Ansteigen ab 80 Jahren [57] [82] [125]. In drei epidemiologischen Studien in der älteren Bevölkerung Japans lagen die erhobenen Prävalenzen kumulativ bei 1,1%. Diese stützten sich auf NPH-typische Konfigurationen im MRT und das Vorliegen typischer klinischer Symptome [48] [53] [121]. Interessant ist, dass in der Studie an einem eher jüngeren Kollektiv über 61 Jahren die niedrigste Rate von 0,5% vorlag, aber gleichzeitig postuliert wurde, dass bei weiteren Probanden möglicherweise ein präklinisches Stadium vorlag. Diese wiesen NPH-typische Auffälligkeiten im MRT auf, ohne dabei Symptome zu zeigen. Bei einem Teil der Menschen mit diesem sogenannten AVIM (Asymptomatic ventriculomegaly with the iNPH features on MRI) entwickelte sich im Follow-Up tatsächlich ein NPH. Ob des Fehlens invasiverer Methoden lässt sich nur vermuten, dass die Dunkelziffer höher liegt, als in derlei Studien erhoben wurde [99]. Krankenhausbasierte Studien kommen auf noch niedrigere Zahlen, weil hier in der Regel nur Patienten gezählt werden, die a priori für eine Shuntimplantation infrage kommen [73] oder tatsächlich mit einem Shunt versorgt werden und positiv darauf ansprechen. Dadurch aber fallen all jene heraus, bei denen zwar das Krankheitsbild vorliegt, die jedoch nicht hospitalisiert werden oder wo eine Shuntanlage ausgeschlossen wird [15]. Ähnlich verhält es sich mit den Zahlen einer Erhebung in Deutschland, welche auf der Basis von Krankenkassendaten eine Inzidenz von 1,36/100.000/Jahr erhob [81]. Insgesamt deutet sich also an, dass die Zahl an Personen mit iNPH wesentlich höher liegt als die derer, die aktuell behandelt werden [58]. Somit wird in einer 2011 veröffentlichten Metaanalyse von fünf Studien postuliert, die gefundene Prävalenz von im Mittel 0,76% (zwischen 0.41 und 2.94%) als Minimalschätzung zu werten und eine Erkrankung von 1% der 65-Jährigen anzunehmen [22].

1.4. Diagnostik

1.4.1. Klinik

Von der typischen Symptomtrias nach Hakim, bestehend aus Gangstörung, Demenz und Harninkontinenz, ist lediglich die motorische Störung obligat. Diese zeichnet sich durch

ein verlangsamtes, breitbasiges und kleinschrittiges Gangbild aus [30] [116]. Die Demenz ist sehr variabel ausgeprägt und lässt sich klinisch häufig schwer von anderen dementiellen Syndromen abgrenzen. Testpsychologisch kann jedoch bei fast allen NPH-Patienten ein kognitives Defizit nachgewiesen werden. [95]. Zu Beginn des Krankheitsverlaufs stehen insbesondere eine verlangsamte Psychomotorik, sowie Einschränkung von subkortikalen und frontalen Funktionen im Vordergrund [104].
Eine Harninkontinenz in Form einer neurogenen Blasenstörung tritt hingegen bei nicht einmal der Hälfte der Patienten auf [98].

1.4.2. Komorbiditäten

Die Kohorte der Patienten, die unter der Symptomatik eines Normaldruckhydrozephalus leiden, ist schon aufgrund der Altersstruktur prädisponiert für das Vorliegen weiterer Erkrankungen, insbesondere neurologischer oder internistischer Art. Es zeigt sich, dass bei iNPH-Patienten im Vergleich zu einer altersgleichen Kontrollgruppe sogar überproportional häufig kardiovaskuläre Risikofaktoren vorliegen [71].
Die Tatsache, dass oft Komorbiditäten vorliegen, führt in vielerlei Hinsicht zu Schwierigkeiten, bereits beginnend bei der erschwerten Diagnosestellung und endend bei der Frage nach der OP-Fähigkeit des Patienten. Letztere ist bei einer chirurgischen Therapie essenziell. Im Rahmen dieser Arbeit führte das Vorliegen einer derart schweren Vorerkrankung in einem Fall dazu, dass eine Patientin trotz vorliegender Indikation keinen Shunt erhalten konnte. Somit scheint dies ein eher seltenes, aber beim Eintreten für den Patienten gravierendes Problem zu sein.
Regelhaft problematisch ist das synchrone Vorliegen anderer demenzieller Erkrankungen für die Diagnosestellung. In dreiviertel der Fälle besteht gleichzeitig eine vaskuläre oder Alzheimer Demenz. Während in früheren Studien das Vorliegen von Zeichen einer vaskulären oder Alzheimer-Demenz eher gegen einen iNPH gewertet wurde, beziehen neuere Hypothesen arteriosklerotische Veränderungen und Ablagerungen hirntoxischer Proteine in die Theorien zur Pathogenese mit ein. Somit sollten Anzeichen einer anderen Demenz nicht zwangsläufig dazu führen, dass Patienten ein Shunt vorenthalten wird [62] [108] [122] [129]. Die Prognose bezüglich des Outcomes wird jedoch sicherlich erschwert. Hier lässt sich anmerken, dass allgemein bei einem Teil der Patienten zu beobachten ist, dass bei initialem Ansprechen vor allem die Besserung von Hirnleistung und Inkontinenz

über die Zeit wieder etwas nachlässt, was vermuten lässt, dass es hier parallel zu einem Fortschreiten anderer neurologischer Grunderkrankungen kommt [92] [108]. Statistisch gesehen ist das Vorliegen höhergradiger Komorbiditäten ein signifikant negativer Prädiktor für das Outcome, jedoch resultieren auch bei stark komorbiden Patienten zur Hälfte günstige Ergebnisse [94]. Jedoch zeigt sich kein signifikanter Unterschied beim Shunt-Ansprechen zwischen iNPH-Patienten und solchen mit nicht-idiopathischem Normaldruckhydrozephalus bei vergleichbarer Komorbidität. Beide Gruppen sprechen umso besser auf die Therapie an, je weniger begleiterkrankt sie sind [66]. Hohes Alter gilt nicht als negativ prädiktiver Faktor [42].

1.4.3. Bildgebung

Ein wesentlicher Baustein in der Diagnostik des NPH ist die radiologische Schnittbildgebung. Sie ist dabei auf zweifache Weise dienlich: Zum einen, um mögliche Differentialdiagnosen, welche sich bildmorphologisch demaskieren, auszuschließen, und zum anderen, um typische Merkmale für einen NPH festzustellen. Hierbei ist die MRT der CT vorzuziehen, da sie im Vergleich wichtige Mehrinformationen liefert [91]. So ist die Diagnose einer vaskulären Demenz als wichtige Differentialdiagnose zum NPH zwingend an den Nachweis vaskulärer Hirnveränderungen in der Bildgebung gebunden. Fehlen diese, kann eine solche ausgeschlossen werden [24] und die Diagnose NPH enger in den Fokus rücken. Außerdem muss auch eine Hirnatrophie als Ursache der Ventrikulomegalie in Betracht gezogen werden.

Für den iNPH selbst muss in der Schnittbildgebung definitionsgemäß eine Ventrikulomegalie nachweislich sein [82]. Hierzu gibt es zahlreiche qualitative und quantitative radiologische Diagnosekriterien, deren Validität sehr variabel ist. Ein maßgeblicher Komplex ist der sogenannte DESH, was als Akronym für „Disproportionately Enlarged Subarachnoid space Hydrocephalus“ eingeführt wurde. Ein Bestandteil, um die Ventrikelerweiterung an sich zu quantifizieren ist der hierfür lange etablierte Evans-Index > 0,3 (s. Abbildung 2 links). Da er allein zu unspezifisch ist, wird darüber hinaus Augenmerk auf disproportional erweiterte äußere Liquorräume gerichtet. Typisch für den NPH ist eine Erweiterung der Sulci laterales mit zugleich engen vertexnahen Sulci. Diese Kombination aus erweiterten inneren Liquorräumen, engen hohen Subarachnoidalräumen und einer erweiterten Sylvischen Fissur (s. Abbildung 2) wird als

DESH zusammengefasst und gilt als charakteristisch für den iNPH [45]. Während ihm mit seiner Zusammensetzung aus quantitativen und qualitativen Parametern überwiegend eine positive Vorhersagekraft für ein gutes postoperatives Outcome zugschrieben wird [100], findet sich teilweise auch Evidenz dagegen [2].

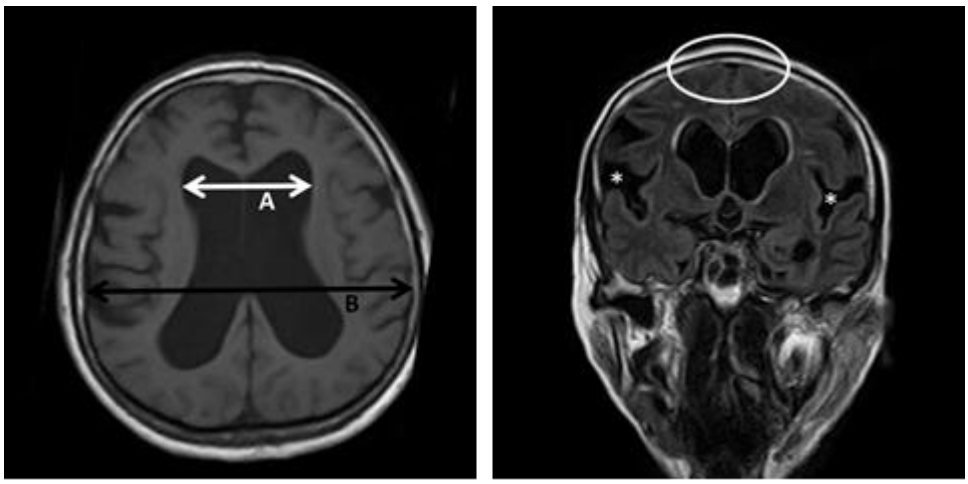


Abbildung 2: Darstellung der DESH-Kriterien („Disproportionately Enlarged Subarachnoid space Hydrocephalus“) am Beispiel von Patient 2 (Eigenes Bild, Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2016):
links: Evans-Index = Max. Weite der Vorderhörner (A) im Verhältnis zum max. Kalotteninnendurchmesser derselben Schicht (B): Normal bis 0,3; hier mit 0,4 pathologisch
rechts: erweiterte Sulci laterales (*) bei engen vertexnahen Sulci (ovale Markierung)

Weitere gebräuchliche Indices sind der Cella-Media-Index und der Corpus Callosum Winkel. Dieser beträgt beim Gesunden 100°-120°, gilt unter 90° als Zeichen für eine Ventrikulomegalie (s. Abbildung 3) und ist beim iNPH mit 50°-80° häufig noch enger v-förmig konfiguriert [54]. Es wurde festgestellt, dass er bei Patienten, bei denen eine Shunt-Behandlung erfolgreich war, signifikant kleiner war als bei denen, wo sie nicht erfolgreich war [135].

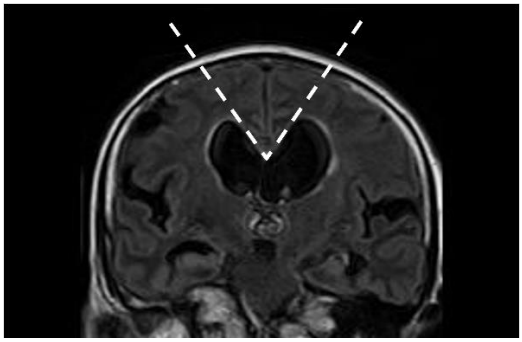


Abbildung 3: Pathologisch spitzer Corpus Callosum Winkel (CCW) bei Patient 2 (Eigenes Bild, Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2016): Der CCW wird in der Koronaren auf Höhe der hinteren Kommissur im Lot zur ACPC-Ebene gemessen und beträgt beim Gesunden 100°-120° und gilt unter 90° als Zeichen für eine Ventrikulomegalie, beim iNPH oft 50-80°;
ACPC-Ebene: horizontale Schicht entlang einer Linie durch anteriore (AC) und posteriore (PC) Commisur; iNPH: idiopathischer Normaldruckhydrocephalus

Werden quantitative Kriterien mit qualitativen Merkmalen kombiniert, verlieren sie dadurch ihre objektiv messbare Vergleichbarkeit, erhöhen jedoch die Spezifität. Diese angesprochenen Charakteristika in der Schnittbildgebung sind zum Teil umstritten, unterlagen einem Wandel im Laufe der Zeit oder sind noch Gegenstand aktueller Studien zur Untersuchung ihrer Validität. Obwohl beispielsweise die Ventrikelvolumetrie wesentlich präziser zur Detektion eines Hydrozephalus ist, wird sie in der Routinediagnostik kaum angewandt, sondern häufiger der simple Evans-Index, der häufig falsch negativ ausfällt [123].

Ein zusätzliches Problem birgt die radiologische Beurteilung insbesondere beim Vorliegen von Marklagerläsionen, da deren differentialdiagnostische und prädiktive Bedeutung nicht abschließend geklärt ist [67] [129] [74].

Weitere Verfahren beruhen auf der Beobachtung, dass sich bei Patienten mit Normaldruckhydrozephalus häufig eine gestörte Liquorzirkulation zeigt. Das daraus abgeleitete abgeschwächte MRT-Signal aufgrund erhöhter Flussgeschwindigkeiten im Aquädukt und den angrenzenden Ventrikeln, welches als Flow-void-Phänomen bezeichnet wird, lässt sich häufig bei NPH-Patienten beobachten, besitzt aber keine diagnostische Wertigkeit [75] [99]. Es erfolgte die Entwicklung moderner MRT-Techniken zur hydrodynamischen Untersuchung des Liquorflusses, wie die pulsgetriggerte Phasenkontrast-MRT zur nicht-invasiven Darstellung von Volumen, Richtung und Geschwindigkeit des Liquorflusses [82] oder die Time-spatial-labeling-inversion-pulse-

Technik (Time- SLIP) zur Visualisierung des Liquorflusses. Die diagnostische Wertigkeit dieser Methoden ist jedoch umstritten bzw. deren klinische Bedeutung noch unklar [142]. Ferner erschien die szintigraphische oder computertomographische Zisternographie zunächst als ein vielversprechendes Verfahren zur Detektion des abnormen Liquorflusses. Es zeigte sich jedoch, dass sie keine verlässliche Prädiktion hinsichtlich einer Shunt-Versorgung treffen kann und keinen Mehrwert im Vergleich zu herkömmlicher Diagnostik bringt [55] [133].

Ähnlich verhält es sich mit weiteren MRT-gestützten Techniken wie der Magnetresonanzspektroskopie (MRS) oder diffusionsgewichteter Sequenzen, deren Nutzen insbesondere auch zur differenzialdiagnostischen Abgrenzung anderer Demenzen evaluiert wird [99]. Ein prädiktiver Wert ist bisher aber ebenso wenig belegt wie für Voxel-basierte Methoden zur Analyse des zerebralen Blutflusses [99]. Gleiches gilt für nuklearmedizinische Verfahren wie SPECT oder PET zur Untersuchung hämodynamischer Parameter [91] [99], wie z.B. des zerebralen Blutflusses nach Azetazolamidgabe [42].

1.4.4. Intrakranielle Druckmessung

Auf Basis der Monro-Kellie-Doktrin findet an einigen Zentren als zusätzliche Diagnostik eine kontinuierliche Liquordruckmessung, in der Regel für 12-48h, vorrangig nachts, statt [55]. Aber auch hieraus lässt sich kein eindeutiger Parameter ableiten, der absolut für oder gegen einen Normaldruckhydrozephalus spricht [99]. Es zeigt sich, dass zwischen einem eindeutig pathologischen und einem eindeutig normalen Befund zahlreiche Graustufen liegen [141]. Bei der Untersuchung werden Oszillationen des intrakraniellen Drucks auf sogenannte rampenförmige B-Wellen untersucht, welche sich typischerweise bei Patienten mit iNPH feststellen lassen.

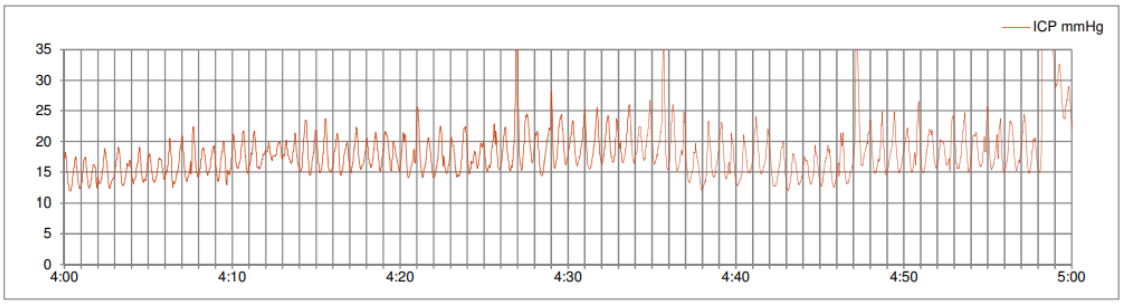


Abbildung 4: pathologisches Wellenmuster in der ICP-Messung, exemplarisch an einem Auszug aus der ICP-Messung von Patient 35 dargestellt (eigenes Bild, Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2016)
Druckkurve mit hoher Amplitude, Muster vereinbar mit rampenförmigen B-Wellen, sowie durchgehendem Baseline-ICP-Wert von über 10-15mmHg
x-Achse: Uhrzeit in Stunden; y-Achse: Intrakranieller Druck (ICP) in mmHg

Während das Vorliegen derartig konfigurierter Wellen zunächst als pathognomonisch für einen iNPH gesehen wurde [91], zeigte sich, dass dies auch zu falsch positiven Ergebnissen führen kann [70] [99]. Sie treten zwar bei Patienten mit Normaldruckhydrozephalus signifikant häufiger auf [109], finden sich jedoch auch beim Gesunden [27]. Schließlich konnten bisher keine standardisierten Normwerte abgeleitet werden, um eine quantitativ vergleichbare Auswertung zu gewährleisten [104]. Einige Autoren postulieren für das Vorliegen von B-Wellen einen Schwellenwert von über der Hälfte der Messzeit, um daraus eine positive Prognose abzuleiten, während andere lediglich 15% fordern oder einfach eine positive Korrelation beschreiben, die jedoch andernorts wiederum komplett in Frage gestellt wird [23] [99]. Ähnlich verhält es sich mit der fraglichen Aussagekraft des Baseline-ICP-Werts. Sollten höhere Drücke prädiktiven Wert besitzen, ist unklar, ab welcher Höhe [99].

Da sich bisher keine nicht-invasiven Methoden zur adäquaten intrakraniellen Druckmessung durchsetzen konnten, ist die direkte Manometrie mit einer Sonde erforderlich [49]. Aufgrund der Komplexität der Untersuchung und dem damit erforderlichen Maß an Expertise in der Klinik wird die generelle Anwendung in der Routinediagnostik nicht empfohlen [67]. Sie kann jedoch in Zusammenschau mit anderen Tests in den Händen erfahrener Untersucher einen wertvollen Beitrag zur Diagnosestellung leisten [141].

1.4.5. Bolusinfusionstest

Schon allein aufgrund der einfachen Durchführbarkeit wird von der AWMF die routinemäßige Anwendung eines Liquorablassversuchs über eine Lumbalpunktion empfohlen, nicht zuletzt auch zur Differentialdiagnostik entzündlicher, degenerativer oder raumfordernder Prozesse mittels Liquoruntersuchung. Durch die einmalige Entnahme von ca. 30 – 50 ml Hirnwasser soll der Shunt-Effekt simuliert werden. Dieser sogenannte Spinal Tap Test besitzt einen sehr hohen prädiktiven Vorhersagewert: Es zeigt sich eine Sensitivität von 71,3% und eine Spezifität von 65%, wobei letztere bei einem initial erhöhten Liquordruck von über 15 cmH2O auf 82,5% steigt [56]. Somit kann er nur bei positivem Ergebnis zur Indikationsstellung verwendet werden, gilt aber auch dann nicht als beweisend für einen NPH [99] [108]. Im negativen Fall ist er nicht zu verwerten und ggf. zu wiederholen [137].

Dann wird die Durchführung weiterer funktioneller Untersuchungen empfohlen. Da Liquorinfusionstests und eine kontinuierliche Liquordrainage als gleichwertig betrachtet werden, soll das Verfahren angewandt werden, für welches in der jeweiligen Klinik die meisten Erfahrungen vorliegen [104].

Allen Tests gemeinsam ist, dass sie invasive Untersuchungsmethoden darstellen, welche entsprechende Komplikationen mit sich bringen können. Hierzu zählt die Ausbildung einer Meningitis oder Radikulitis ebenso wie ein chronisches Subduralhämatom oder ein postpunktionelles Syndrom. Genauso können technische Schwierigkeiten wie frustrane Punktionen aufgrund von Spinalkanalstenosen auftreten. Ferner entstehen durch die notwendige Hospitalisation zusätzliche Kosten [23].

Die Tests sind in ihrer Aussagekraft umstritten, da sie als schwer standardisierbar gelten [55].

Für die mehrtägige Liquordrainage zeigt sich als Alternative zum Spinal Tap Test eine ähnliche diagnostische Wertigkeit: bei positivem Ergebnis ist dieses verwertbar, ein negatives schließt jedoch eine positive Shunt-Response nicht aus [103].

Als das am ehesten verlässliche Kriterium hat sich im Liquor-Infusionstest der R_{out}-Wert erwiesen, der ein besseres Outcome verspricht, je höher er ist [42]. Heute werden dazu modifizierte Verfahren nach dem Grundprinzip von Katzman und Hussey verwendet, wonach unter intrakranieller Druckmessung eine kontinuierliche Flüssigkeitsinfusion in den Liquorraum bis zum Erreichen eines Druckplateaus als Ausdruck eines

Fließgleichgewichts erfolgt [60]. Aus diesem ermittelten Druck, dem Druck in Ruhe und der Infusionsgeschwindigkeit wird dann der Liquorabflusswiderstand R_{out} errechnet [104]. Aus der Testung abgeleitete Parameter wie der R_{out}-Wert oder die Compliance C_{out}, welche signifikant niedrig bei Normaldruckhydrozephalus-Patienten ist [55], zeigen in Studien jedoch kontroverse Ergebnisse hinsichtlich ihrer Verlässlichkeit [133] und scheinen wie auch das Ergebnis des Spinal-tap-Test besonders im wenig fortgeschrittenen Stadium der Erkrankung unzuverlässig [93] und somit auch bei Normalwerten nicht zum Ausschluss geeignet [42]. Zudem besteht das Problem, dass sich an unterschiedlichen Kliniken jeweils eigene Referenzwerte ergeben, sodass diese untereinander nicht vergleichbar sind [55]. Da sich im Infusionstest aber ein wesentlich niedrigerer falsch-negativer Vorhersagewert zeigt als im Spinal Tap Test, wird empfohlen, diese Tests ergänzend zueinander anzuwenden [59].

1.5. Chirurgische Therapie

Es existiert keine effektive medikamentöse Therapie des Normaldruckhydrozephalus. Die Anwendung von Diuretika wie Acetazolamid oder Schleifendiuretika kann zwar durch Reduktion der Liquorproduktion zu einer vorübergehenden Senkung des intrakraniellen Drucks führen, zeigt jedoch keinen nachhaltigen Effekt. Daher muss eine invasive Intervention erfolgen. Bei nicht operablen Patienten besteht die Möglichkeit zur wiederholten Durchführung einer therapeutischen Liquorpunktion. Diese erweist sich jedoch ebenfalls als nicht andauernd effektiv. Weitere operative Ansätze, wie die endoskopische Drittventrikulostomie (ETV) zeigen sich im Outcome unterlegen [106] [127]. Diese kommt nur in speziellen Fällen, wie dem Vorliegen eines intrazisternalen infratentoriellen obstruktiven Hydrozephalus, der sich klinisch ebenfalls als NPH präsentiert, als echte therapeutische Alternative infrage [62]. Daher hat sich als Erstlinien-Therapie die Implantation eines Liquor ableitenden Systems, meist ventrikuloperitoneal oder seltener ventrikuloatrial, im asiatischen Raum bevorzugt lumboperitoneal, etabliert [67]. Heutzutage wird hierzulande die Form eines ventrikuloperitonealen Shunt-Systems mit Differenzialdruck- oder gravitationsabhängigen Ventilen bevorzugt [40] [104].

Es bestehen verschiedene negative und positive Prädiktoren für den Operationserfolg einer Shunt-Implantation, welche zum Teil mehr oder minder stark umstritten und größtenteils nach wie vor Gegenstand der Forschung sind. Gleichzeitig hängt aber der

Erfolg der Therapie maßgeblich von der kritischen Auswahl der Patienten ab, wie sich beim Vergleich mit wesentlich schlechteren OP-Ergebnissen in älterer Literatur der 90er Jahre zeigt [46] [131]. Durch sorgfältige präoperative Selektion und moderne therapeutische Verfahren werden in relevanten neueren Studien Shuntresponseraten von über 70-90% genannt [67] [129] und sogar subjektiv 96% bzw. 83% im Gangtest nach einem halben Jahr [42]. Zudem ergeben sich bessere Ergebnisse bei früherer Implantation. Der natürliche Verlauf des Krankheitsbilds beinhaltet eine Progression der Symptome über die Zeit, welche sich durch die Shuntversorgung nur partiell umkehren lässt. Somit sollte für den maximalen Benefit eine frühestmögliche Implantation erfolgen [5]. Für die Risikoabwägung ist aus chirurgischer Sicht die Häufigkeit interventionsbezogener Mortalität und Komplikationen entscheidend. In einer Übersichtsarbeit von 2001 findet sich eine Langzeitkomplikationsrate von gemittelt 38% (5-100%) mit Notwendigkeit einer weiteren chirurgischen Intervention von 22 % (0-47%), einer kombinierten Rate von 6% (0-35%) dauerhafter neurologischer Schäden bzw. Tod [46]. Aus jüngeren Studien geht eine 11%ige Wahrscheinlichkeit für ernsthafte Komplikationen hervor sowie schon länger eine konstant niedrige Mortalität von meistens 0% bis 0,7% [14] [92]. Dabei sind höhere Werte auf nicht durch den Shunt bedingte Todesfälle zurückzuführen, sodass die Shunt-bezogene Mortalität zu vernachlässigen ist [96].

Eine Regression vor allem von Shunt-assoziierten Komplikationen und der Shunt-bezogenen Mortalität im Vergleich zu älteren Studien [46] lässt sich durch den Einsatz moderner Materialien wie Antibiotika-beschichteter Katheter (AICs) oder neuer Ventil-Techniken erklären. Deren Einsatz führt zwar zu höheren Kosten bei der Implantation, kann aber weitaus kostenintensivere Revisionen aufgrund von Shunt-Infektionen oder Ventil-Dysfunktionen oder gar tödliche Verläufe verhindern [29] [93] [112]. Während es beispielsweise bei Differentialdruckventilen kaum zu Unterdrainage kommt, neigen diese häufiger zur Überdrainage als Gravitationsventile. Dieser Vorteil der Gravitationsventile, bei denen sich in der Folge weniger Hygrome und Hämatome beobachten lassen, kann ebenfalls durch die Kombination von Differentialdruckventilen mit einem Shuntassistenten erzielt werden [65] [80].

Um Shunt-bezogene Komplikationen und eine dauerhafte Abhängigkeit vom Shunt-System zu vermeiden, wird die endoskopische Drittventrikulostomie (ETV) als

Behandlungsalternative evaluiert. Sie führt zwar bei ca. 2/3 Patienten zu einer klinischen Besserung, zeigt jedoch signifikant schlechtere Ergebnisse als eine Shuntimplantation [106] [127] sowie eine höhere perioperative Mortalität und häufigere Komplikationsraten, sodass sie keine echte Alternative beim NPH darstellt [20].

1.6. Fragestellung

Im Gegensatz zu vielen bisherigen Studien, welche die diagnostische Wertigkeit einzelner Methoden überprüfen, soll diese Arbeit einen anderen Ansatz verfolgen:

Ziel dieser Dissertation ist es nicht, die Verlässlichkeit der diagnostischen Tools zu untersuchen, sondern der Frage nachzugehen, inwiefern diese bei der Indikationsstellung überhaupt beachtet werden und damit einhergehend, ob unterschiedliche Ärzte anhand derselben Daten zu kongruenten Ergebnissen kommen. Denn sicherlich spielt im klinischen Alltag bei vielen Entscheidungen das Bauchgefühl des Arztes eine wichtige Rolle. Gerade im Zeitalter der Evidenz-based Medicine soll jedoch eine wissenschaftlich fundierte Entscheidungsfindung im Sinne des Patienten angestrebt werden. Diese Arbeit untersucht daher, inwiefern im Prozess der Therapieentscheidung beim Normaldruckhydrozephalus objektive Kriterien berücksichtigt und gegeneinander abgewogen werden. Wozu schließlich eine teure oder invasive Methode durchführen, wenn sie letztendlich keine therapeutische Konsequenz hat?

2. Material und Methoden

2.1. Patientenkollektiv

In das Patientenkollektiv eingeschlossen werden alle Patienten über 18 Jahren, bei denen in den Jahren 2012 bis 2016 eine Diagnostik bei V.a. Normaldruckhydrozephalus erfolgte. Voraussetzung für den Einschluss in das Kollektiv sind eine erfolgte Hirndruckmessung und eine vorliegende kranielle Bildgebung. Hieraus ergibt sich eine Fallzahl von 53 mit einem Alter zwischen 22 und 87 Jahren bei einem Durchschnitt von 70 Jahren, davon 20 Frauen und 33 Männer (s. Anhang iii) Übersicht über das Patientenkollektiv).

2.2. Studiendesign

Beim Design der Studie handelt es sich um eine retrospektive Auswertung monozentrisch erhobener Patientendaten mit anschließend prospektiver Beurteilung der anonymisierten Daten durch Rater, sowie folgender Auswertung der Rater-Ergebnisse. Zusätzlich wird über eine telefonische Befragung von 25 neurochirurgischen Kliniken eine vergleichende Erhebung der Diagnostik bei NPH durchgeführt.

Außerdem erfolgt mithilfe hauseigener Controlling-Daten eine ökonomische Analyse der operativen Prozedur.

Diagnostik und Behandlung sind zum Zeitpunkt der Studie vollständig abgeschlossen, sodass durch die Studie keinerlei Einfluss auf die Behandlung erfolgen kann. Bei den Patienten werden daher keine zusätzlichen Untersuchungen, operativen Eingriffe oder bildgebenden Verfahren eingesetzt.

Im Anschluss werden die Daten anonymisiert in Form eines Patienten-Steckbriefs aufgearbeitet. Diese werden mithilfe von Excel randomisiert und in zufälliger Reihenfolge mehreren Ärzten unterschiedlicher Ausbildungsstände der Neurochirurgie vorgelegt (Rater). Dabei handelt es sich um vier Fachärzte der Neurochirurgie und fünf Assistenzärzte in der Weiterbildung zum Neurochirurgen. Die Rater haben allesamt Erfahrung mit Normaldruckhydrozephalus-Patienten, jedoch unterschiedlich ausgeprägte Routine mit der Interpretation der Diagnostik. Die Rater prüfen anhand der anonymen Daten und Befunde aller 53 Patienten, ohne Kenntnis des Patienten, die Indikation zur Anlage eines vp-Shuntes und sollen eine Entscheidung für oder gegen einen vp-Shunt treffen. Diese Entscheidung wird dann untereinander auf Kongruenz geprüft und mit der tatsächlichen Entscheidung der Behandler verglichen. Zur Überprüfung der Intrarater-

Reliabilität werden im Abstand von wenigen Monaten denselben Ratern erneut anonymisierte Patientendatensätze vorgelegt. Hierfür wurden mittels zufälliger Stichprobe aus dem vorherigen Patientengut zehn Datensätze ausgewählt, die denselben Ärzten unter abgeänderter Anonymisierung erneut zur Bewertung vorgelegt wurden.

2.2.1. Aufbau des Fragebogens mit Patienten-Steckbriefen

Der in dieser Studie verwendete Fragebogen stützt sich auf den nach derzeitigen in der klinischen Praxis üblichen Kriterien zur Diagnostik. Darin finden sich neben den von der Leitlinie geforderten Parametern wie Hakim-Trias und Schnittbildgebung zusätzliche Untersuchungen, die über das Minimum an Diagnostik hinausgehend im Ulmer BWK angewandt werden. Die Daten des in der Studie verwendeten Steckbriefs (s. Anhang i) a. Musterfragebogen) umfassen das Vorliegen der Hakim-Trias und neben Geschlecht und Alter sowie Begleiterkrankungen des Patienten, die Ergebnisse und Messwerte des intrakraniellen Drucks und Bolus-Infusions-Tests sowie eine MRT-Bildgebung des Kopfes.

2.2.2. Klinik

Zur Objektivierung wird im Auswertungsbogen angegeben, ob im Einzelnen Gangstörung, Demenz und Harninkontinenz jeweils vorliegen oder nicht. Der zeitliche Verlauf findet keinen Eingang in die Bewertungsbögen, da die Wahrnehmung des zeitlichen Verlaufs stark subjektiv schwankt, wenn Patienten oder Angehörige beispielsweise von einem protrahierten oder beschleunigten Verlauf berichten, um eine Therapie zu forcieren. Ziel dieser Arbeit ist es jedoch, derartige subjektive Störfaktoren zu eliminieren und gerade die objektivierbaren Parameter zu bewerten. Ferner erfolgt die Evaluation der Patienten im Krankenhaus regelhaft, nachdem sie bereits im niedergelassenen Bereich vorstellig waren, sodass eine gewisse zeitliche Protraktion naturgemäß vorauszusetzen ist. Aufgrund der schwierigen Einordnung der Komorbiditäten in den Diagnosestellungsprozess finden sich diese nur in untergeordneter Rolle in dem erstellten Fragebogen wieder.

2.2.3. Bildgebung

Im Ulmer Bundeswehrkrankenhaus wird regelhaft zur Diagnostik eine MRT durchgeführt, die zudem eine Phasenkontrastsequenz enthält, welche die Messung der Flussgeschwindigkeit im Aquädukt ermöglicht. Somit stellt die Kernspinaufnahme ein hier

immer zur Verfügung stehendes, objektivierbares Diagnosekriterium dar und bietet sich als eines der zentralen Punkte des Patientensteckbriefs an. Sie wird in dem Studien-Setting den Ratern digital vorgelegt, sodass sie diese wie im realen klinischen Alltag begutachten und in ihren Entscheidungsprozess einpflegen können.

2.2.4. Intrakranielle Druckmessung

In der Neurochirurgie des BWK Ulm wird im Gegensatz zum Diagnosealgorithmus anderer Kliniken jedem Patienten mit begründetem Verdacht auf einen NPH eine mehrtägige parenchymatöse ICP-Messung zuteil. Somit herrscht in dieser Klinik eine außergewöhnliche Expertise in der Anwendung dieser invasiven Methode. Zur Durchführung wird die Neurovent-P-Sonde der Firma Raumedic mit dem zugehörigen Bolt-Drill-Kit CH5 implantiert (s. Abbildung 5, Abbildung 6), üblicherweise frontal präkoronar. Um den Durchtritt des Messkatheters durch die Schädelkalotte zu ermöglichen, wird diese zuerst mit der Handbohrmaschine trepaniert, welche mit einem Drill bestückt ist, der auf den anschließend verwendeten Bolt abgestimmt ist. Dieser wird mit dem Eindrehwerkzeug fixiert. Durch zusätzliche Verschraubung mit einem flexiblen Dichtelement erhält die Messsonde eine sterile Abdichtung und gewisse Zugentlastung zum Schutz gegen Bewegungen des Patienten.



Abbildung 5: Drill-Kit und Bohrmaschine der Firma Raumedic zur ICP-Sonden-Implantation
li: Drill-Kit: Drill, der auf den verwendeten Bolt für die ICP-Sonde abgestimmt ist, mit Imbus
re: autoklavierbare RALK-Handbohrmaschine
ICP: intracranieller Druck
Quelle: https://www.raumedic.com/de/klinik-und-praxis/neuromonitoring/zubehoer (29.12.2021)
Mit freundlicher Genehmigung der Raumedic AG



Abbildung 6: Bolt-Kit und ICP-Messsonde der Firma Raumedic

rechts: Druckkatheter Neurovent P zur parenchymatösen ICP-Messung

li oben: Bolt CH5 für die Positionierung der Neurovent P Sonde

li unten: Eindrehwerkzeug zur Fixierung des Bolts

ICP: intracranieller Druck

Quelle: https://www.raumedic.com/fileadmin/user_upload/Hospital-Care/Neuromonitoring/Documents/raumedic_neuromonitoring_brochure_DE.pdf (29.12.2021)

Mit freundlicher Genehmigung der Raumedic AG

Die Hirndruckwerte werden vom Messgerät MPR 2 logO derselben Firma registriert und per USB-Anschluss an einen Computer zur weiteren Datenverarbeitung mittels der Raumedic-Software DATALOG REF 283962 übertragen, um eine in der Abteilung entwickelte, standardisierte Excel-Auswertung zur genauen Analyse durchzuführen.



Abbildung 7: Messgerät zur Erfassung des über eine Messsonde abgeleiteten intrakraniellen Drucks: Firma Raumedic, Modell MPR 2 logO

Quelle: https://www.raumedic.com/de/klinik-und-praxis/neuromonitoring/datalogger-und-easy-logo (09.06.2022)

Mit freundlicher Genehmigung der Raumedic AG

Als weiterer objektiver Parameter findet die kontinuierliche ICP-Messung über 48 h als zentrales Element Eingang in den Fragebogen und stellt ein herausragendes Merkmal im Vergleich zur Diagnostik an anderen Zentren dar.

2.2.5. Bolusinfusionstest

Aufgrund der umstrittenen Wertigkeit des Spinal-Tap-Tests, wird am BwKrhs Ulm der umfassendere BIFT durchgeführt, an dessen Ende regelhaft auch ein Spinal Tap Test erfolgt. Eine Besonderheit der in dieser Arbeit angewandten Diagnostik ist die routinemäßige Anwendung des Bolusinfusionstests. Diese wird im Studienzeitraum am BWK Ulm regelhaft Patienten mit Verdacht auf einen NPH zuteil. Ausnahmen bilden lediglich Patienten, bei denen beispielsweise eine Punktion nicht möglich ist, wie es bei Älteren oder solchen mit einer Spinalkanalstenose der Fall sein kann. Somit herrscht in dieser Klinik eine besondere Erfahrung in der Anwendung dieser Untersuchung.

Zur Durchführung wird nach Implantation einer ICP-Sonde für die Aufzeichnung des intrakraniellen Drucks das ICP-Messgerät der Fa. Raumedic an die Drucksonde angeschlossen. Danach wird eine Lumbalpunktion durchgeführt und der Patient in Seitlage gebracht. Anschließend gliedert sich die Durchführung des Tests in Bolus- und Infusionsbelastungstest. Hierzu wird zuerst die korrekte Lage der Punktionsnadel überprüft und der Ausgangswert P_0 notiert. Dann werden einzelne Boli von 1, 2, 4 und 8 ml (V_{inj}) steriler, isotoner Kochsalzlösung in den Subarachnoidalraum injiziert. Nach jedem Bolus wird der ausgelöste Druckanstieg P_{inj} registriert und die Druckdifferenz ΔP ermittelt. Im Anschluss wird das Injektionsvolumen wieder abgelassen und der Abfall des Ducks auf das Ausgangsniveau abgewartet, bevor der nächste Bolus appliziert wird. Dieser Test dient der Abschätzung der Compliance der Liquorräume, jedoch werden aufgrund seiner Ungenauigkeit keine weiteren Berechnungen an dieser Stelle durchgeführt.

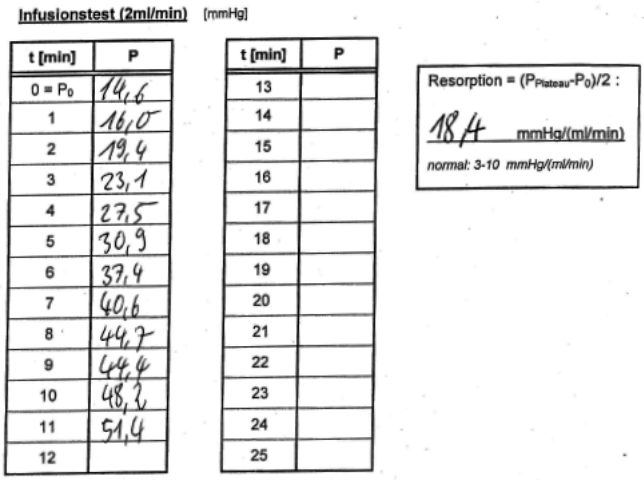
Bolusinjektion [mmHg]

V_{inj} [ml]	P_0	P_{inj}	ΔP
1	14,4	15,4	1
2	14,0	16,5	2,1
4	14,3	19,4	5,1
8	14,5	29,3	14,8

Abbildung 8: Testprotokoll zur Bolusinjektion im Rahmen eines Bolusinfusionstests bei Verdacht auf idiopathischen Normaldruckhydrocephalus am Beispiel von Pat. 40 (eigenes Bild, Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2016)

V_{inj} (Injektionsvolumen) in ml; P_0 (Ausgangs-), P_{inj} (Injektionsdruck), ΔP (Druckdifferenz) in mmHg

Nach dem Bolusbelastungstest erfolgt die Infusionstestung. Hierzu wird nach erneuter Registration des P_0-Werts mittels Perfusor ED 2 der Fa. Braun eine kontinuierliche Infusion mit der konstanten Geschwindigkeit von 2ml pro Minute injiziert und jede Minute der resultierende ICP notiert. Dieser steigt zunächst unterschiedlich stark an, bis eine patientenindividuelle Stagnation erreicht wird. Hält dieses Plateau mehrere Minuten an, wird dieser Druck als $P_{Plateau}$ registriert, der Test beendet und das Volumen zunächst auf Ausgangsdruck abgelassen, bevor daraufhin ein Spinal Tap Test erfolgt.



Infusionstest (2ml/min) [mmHg]

t [min]	P
0 = P_0	14,6
1	16,0
2	19,4
3	23,1
4	27,5
5	30,9
6	37,4
7	40,6
8	44,7
9	44,4
10	48,2
11	51,4
12	

t [min]	P
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	

Resorption = ($P_{Plateau}$-P_0)/2 :

18,4 mmHg/(ml/min)

normal: 3-10 mmHg/(ml/min)

Abbildung 9: Testprotokoll zum Infusionstest im Rahmen eines Bolusinfusionstests bei Verdacht auf idiopathischen Normaldruckhydrocephalus am Beispiel von Pat. 40 (eigenes Bild, Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2016)

t (Infusionsdauer) in min

P0 (Ausgangsdruck), P (gemessener intrakranieller Druck), $P_{Plateau}$ (Plateaudruck) in mmHg

Bei der Aufarbeitung der Papierakten ist nicht in allen Fällen das Original-Protokoll des Bolus-Infusionstest vorhanden. Wenn sich nur unvollständige Aufzeichnungen oder lediglich Notizen zu Ergebnis bzw. Interpretation finden, so wird gänzlich auf deren Verwendung verzichtet, um das eigene Urteil der Rater nicht zu verfälschen. Bei 33 von 53 Patienten kann abschließend der vollständige BIFT verwendet werden (s. Anhang i) b. BIFT Beispiel Patient 8). Als objektiver Parameter findet er Eingang in den Fragebogen und stellt einen Vorteil im Vergleich zur Diagnostik an anderen Kliniken dar.

2.2.6. Chirurgische Therapie: VP-Shunt

Leitliniengerecht erfolgt in der Regel die zur Erstlinien-Therapie empfohlene Versorgung in Form eines ventrikuloperitonealen Shuntsystems. Zum Zeitpunkt der Datenerhebung

werden am BWK Ulm Patienten verstellbare Differenzialdruckventile vom Typ Codman-Hakim implantiert (s. Abbildung 10).



Abbildung 10: verstellbares Differenzialdruckventil Typ Codman Hakim und seine Komponenten
a Einlass, b Vorkammer, c einstellbares Ventil nach Kugel-Konus-Prinzip mit Blattfeder und Spiralnocken, d Pumpkammer, e Nulldruck-Auslassventil
Quelle: https://www.integralife.com/file/general/1542301599.pdf (09.06.2022)
Mit freundlicher Genehmigung der Integra GmbH

2.3. Erhebung zur Diagnostik an anderen Neurochirurgischen Kliniken

Zur Einordnung der Wertigkeit der eigenen diagnostischen Verfahren wird eine telefonische Erhebung an anderen Neurochirurgischen Kliniken durchgeführt. Hierbei werden im August 2020 mittels des Online-Portals „klinikradar.de“ die 25 nach Bettenanzahl größten Neurochirurgie-Kliniken Deutschlands (s. Anhang ii)) ermittelt. Anschließend werden diese telefonisch kontaktiert und ein ärztlicher Mitarbeiter, meistens Stationsarzt oder Diensthabender, zu deren diagnostischem Pfad bei der Verdachtsdiagnose NPH befragt. Hierbei wird insbesondere Augenmerk daraufgelegt, welche diagnostischen Tests verwendet werden und ob invasive Methoden zum Einsatz kommen. Außerdem wird nach der präferierten Methode zur kraniellen Bildgebung gefragt.

2.4. Statistische Methoden

Alle statistischen Berechnungen werden mit der Software SPSS (IBM) Version 26.0 durchgeführt. Die Datenanalyse erfolgt unter biometrisch-statistischer Beratung. Die Überprüfung der Daten auf Normalverteilung wird mittels Kolmogorov-Smirnov-Test durchgeführt. Fällt dieser signifikant aus ($p < 0,05$), sind die Werte nicht normalverteilt.
Zur Analyse der Fragebögen werden die erhobenen Daten in Tabellen überführt und in Kontingenztafeln übertagen, wobei zur besseren Datenverarbeitung zuvor die einzelnen Parameter von zehn auf fünf Stufen konzentriert werden.

Die Erstellung der Kontingenztafeln erfolgt in unterschiedlichen Gruppierungen anhand differenzierter Gesichtspunkte:
Zum einen wird die durchschnittliche anonymisierte Bewertung durch die Rater mit der tatsächlich in der Klinik gestellten Shunt-Indikation verglichen.
Zum anderen wird die Korrelation einzelner Diagnostikmodalitäten mit der anhand der anonymisierten Daten gestellten Shuntindikation untersucht. Darüber hinaus werden die Ergebnisse der ersten Bewertung mit denen der zweiten für jeden einzelnen Rater aufgeschlüsselt nach den einzelnen Parametern einander gegenübergestellt, um die Intraraterkonkordanz zu überprüfen. Da von dem Ergebnis der Konkordanzanalyse alle weiteren Berechnungen abhängen, wird diese im Folgenden als erstes behandelt.
Es wird im Einzelnen wie folgt vorgegangen:

2.4.1. Intrarater-Konkordanz

Zur Überprüfung der Intrarater-Reliabilität erfolgt nach wenigen Monaten eine Reevaluation der anonymisierten Bewertungen. Dafür wird aus dem bestehenden Datensatz eine zufällige Stichprobe von zehn Patienten ausgewählt. Diese wird anschließend wie bei der initialen Bewertung als Steckbrief aufbereitet mit der zugehörigen Diagnostik den Ratern zur erneuten Bewertung vorgelegt. Zur Prävention einer Verzerrung durch Wiedererkennung werden die Daten abgeändert anonymisiert und den Ratern suggeriert, dass es sich um neues Patientengut handelt. Somit wird gewährleistet, dass eine unvoreingenommene Bewertung erfolgt.
Die erhobenen Daten werden wiederum in Tabellen überführt und nach Reduktion auf fünf Stufen in Kontingenztafeln übertagen.
Um die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse zu untersuchen, erfolgt die Überprüfung der Intrarater-Konkordanz in Form eines Zusammenhangs zwischen dem ersten und zweiten Durchgang. Da einzelne Felder einen erwarteten Wert <5 enthalten, ist eine Auswertung mittels Chi-Quadrat Test nicht valide. Deswegen findet hier der bei kleinen Stichproben genauere Exakte Test nach Fisher Anwendung. Anschließend wird im Falle eines Zusammenhangs dessen Stärke mit Cramer's V ermittelt. Bei Werten über 0,1 wird ein kleiner, über 0,3 ein mittlerer und über 0,5 ein starker Zusammenhang postuliert.
Es wird für jeden bewertenden Arzt ein eigenes Set an Tafeln erstellt, bei dem jeweils die Bewertungen des ersten und zweiten Durchgangs einander gegenüber aufgestellt sind (s.

Anhang iv) b. Vielfeldertafeln der einzelnen Parameter 1. Und 2. Bewertung exemplarisch dargestellt anhand von Arzt 7). Als Beispiel finden sich im Anhang die Kontingenztafeln zur gestellten Shuntindikation für jeden einzelnen Arzt. Diese zeigen die Entscheidung des einzelnen Arztes für bzw. gegen die Anlage eines Shuntes bei den Patienten in den beiden Bewertungsdurchgängen (s. Anhang iv) a. Intrarater-Konkordanz: Vergleich Shuntindikation 1. und 2. Bewertung).

Abschließend werden die Ergebnisse der Konkordanzanalyse von Shuntindikation und den einzelnen Parametern in einer Gegenüberstellung der Subgruppen auf Unterschiede zwischen Fach- und Assistenzärzten untersucht.

2.4.2. Vergleich anonymisierte Shuntindikation mit tatsächlicher Therapieentscheidung

Um zu überprüfen, ob zwischen der Shuntindikation, welche die Rater anhand der anonymisierten Daten stellen und der tatsächlich gestellten Shuntindikation ein Zusammenhang besteht, werden für jeden Rater seine Entscheidungen mit der realen Shuntindikation in einer Vierfeldertafel gegenübergestellt (s. Anhang v) Kontingenztafeln zum Vergleich der anonymisierten Shuntindikation mit der tatsächlichen Therapieentscheidung). Da mathematisch für keine Felder eine Häufigkeit von unter 5 erwartet wird, kann der Chi-Quadrat-Test nach Pearson zur Überprüfung der Unabhängigkeit verwendet werden. Bei den 2x2-Feldertafeln liegt ein Freiheitsgrad von 1 df und daher bei einem angelegten Signifikanzniveau von 95% ein kritischer Wert von 3,84 für einen angenommenen Zusammenhang vor. Zur Berechnung dessen Ausprägung wird der Phi-Koeffizient verwendet, da es sich bei der Shuntindikation um eine dichotome Variable handelt. Bei Werten über 0,1 wird ein kleiner, über 0,3 ein mittlerer und über 0,5 eine starke Korrelation angenommen. Auch hier erfolgt ein Vergleich zwischen Fach- und Assistenzärzten.

2.4.3. Vergleich der anonymisierten Bewertung mit der tatsächlichen Shuntindikation

Zur Auswertung der einzelnen Diagnostik-Modalitäten werden diese jeweils in ihrer durchschnittlichen anonymisierten Bewertung mit der tatsächlich gestellten Shunt-Indikation in einer Kontingenztafel gegenübergestellt (s. Anhang vi) a. Kontingenztafeln zum Vergleich der anonymisierten Bewertung mit der tatsächlichen Therapieentscheidung: Bewertung durch alle Rater).

Hier wird wiederum aufgrund für einzelne Felder erwarteter Häufigkeiten von <5 der Fisher-Exakt-Test angewandt und ein Signifikanzniveau von 95% angelegt. Mit dessen Hilfe wird untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen durchschnittlicher Bewertung von Klinik, Bildgebung, ICP-Messung und BIFT mit der gestellten Shuntindikation besteht. Ist der Test mit einem Signifikanzniveau von 95% positiv, wird anschließend die Effektstärke mit Cramer's V bestimmt. Dieselben Analysen werden anschließend getrennt nach den beiden Subgruppen erneut durchgeführt, um mögliche Diskrepanzen zwischen den Bewertungen durch Fach- bzw. Assistenzärzte und der Gesamtheit festzustellen (s. Anhang vi) b. Kontingenztafeln zum Vergleich der anonymisierten Bewertung mit der tatsächlichen Therapieentscheidung: Bewertung nach Subgruppen geteilt).

2.4.4. Einfluss einzelner Parameter auf die anonymisierte Shuntindikation

Um den Zusammenhang zwischen der Bewertung der einzelnen Parameter und der anhand der anonymisierten Daten gestellten Shuntindikation zu überprüfen, werden die tabellarisierten Daten in Kontingenztafeln überführt. Dabei wird jede Kategorie einzeln der Shuntindikation gegenübergestellt und mittels Chi-Quadrat-Test auf deren Unabhängigkeit überprüft. Dieser kann angewandt werden, da keine Zellen eine erwartete Häufigkeit kleiner 5 besitzen. Bei 2x5 Kreuztabellen ergibt sich ein Freiheitsgrad (df) von 4 und somit bei einem Signifikanzniveau von 95% ein kritischer Wert von 9,49 in der Chi-Verteilung. Zur Bewertung des Zusammenhangs wird erneut Cramer's V als Effektstärkemaß angewandt (s. Anhang vii) Kontingenztafeln zum Einfluss einzelner Parameter auf die anonymisierte Shuntindikation: Bewertung durch alle Rater).

Um die Subgruppen zu vergleichen, wurden im Anschluss für diese dieselben Analysen erneut durchgeführt (s. Anhang vii) a. Kontingenztafeln zum Einfluss einzelner Parameter auf die anonymisierte Shuntindikation: Bewertung nach Subgruppen geteilt).

2.5. Ökonomische Aspekte

2.5.1. Demonstration anhand repräsentativer Zahlen des BWK Ulm

Im Folgenden wird zur Illustration der ökonomischen Aspekte das diagnostische Vorgehen im Bundeswehrkrankenhaus Ulm beim idiopathischen Normaldruckhydrozephalus beleuchtet. Dazu werden mittels Klinikinformationssystem aus den Jahren 2019 – 2020 26 stationäre Aufenthalte mit der Diagnose G91.20 nach ICD-10 ermittelt und diejenigen

herausgefiltert, bei denen sie als Hauptdiagnose eines stationären Aufenthaltes in der Neurologie oder Neurochirurgie codiert ist. Hieraus ergeben sich 16 Fälle, von denen zwei eine Wiederaufnahme darstellen, sodass insgesamt eine Fallzahl von 14 Patienten resultiert. Damit zeigt sich bereits andeutungsweise das Hauptproblem bei der Auswertung der Daten, nämlich ihre große Heterogenität. Ein Teil der Patienten wird mit dem initialen Verdacht auf einen Normaldruckhydrozephalus, beispielsweise durch einen niedergelassenen ärztlichen Kollegen, in der Klinik vorgestellt, dementsprechend abgeklärt und gegebenenfalls mit einem Shunt versorgt. Daneben finden sich jedoch nicht zuletzt aufgrund der sehr variabel ausgeprägten klinischen Erscheinung und häufig vorliegender Komorbiditäten auch andere Pfade. Dazu gehört zum Beispiel der Weg über die Neurologie nach Abklärung eines Parkinson-Syndroms oder über die Innere Medizin aufgrund anderer Erkrankungen. Ferner ergeben sich zusätzliche Kontakte durch Kontrollen oder Komplikationen bis hin zu Shunt-Revisionen. Angesichts der Komplexität und einer niedrigen Fallzahl ist keine statistisch signifikante Auswertung der Daten möglich. Zur Demonstration der Fragestellung lassen sie sich jedoch gut heranziehen. Dazu werden zur Vereinfachung die komplexen Fälle mit Wiedervorstellungen herausgenommen. Schließlich können fünf repräsentative neurochirurgische Patienten mit ICP-Messung und fünf konservative neurologische untersucht werden.
Um die ökonomische Bilanz aufzustellen, werden zunächst die finanziellen Einnahmen aus dem Gesundheitssystem erläutert, im Weiteren folgt die Zusammensetzung der Kosten.

2.5.2. Vergütungssystematik

In Deutschland erfolgt die Vergütung nach dem DRG-System in Form von nach der Hauptdiagnose gerichteten Fallpauschalen. Im Folgenden werden zum Verständnis wichtige Eckpunkte des DRG-Systems umrissen. Die Höhe der Fallpauschale berechnet sich aus dem einheitlichen Basisfallwert multipliziert mit einer sogenannten Bewertungsrelation. Diese ist jeder einzelnen DRG spezifisch zugeordnet und richtet sich nach dem durchschnittlichen Behandlungsaufwand. Die genaue Gruppierung zur Berechnung der Fallpauschale eines konkreten Behandlungsfalles erfolgt nach einem komplexen Verfahren auf der Grundlage des Handbuches zur „Kalkulation von Fallkosten“ welches vom InEK zur Verfügung gestellt wird. Dieses setzt sich unter anderem aus den kodierten ICD-10 und OPS-Codes, der Verweildauer, sowie Zusatzentgelten für besonders

aufwendige Maßnahmen und Sonderregelungen für neue Untersuchungs- und Behandlungsmethoden zusammen. In der Praxis erfolgt dies durch zertifizierte EDV-Programme, sogenannte Grouper [11]. Dies soll hier nicht im Einzelnen bis ins Detail ausgeführt, sondern die relevanten Punkte aufgezeigt werden.

Die Hauptdiagnose G91.20 (Idiopathischer Normaldruckhydrozephalus) gehört zur MDC 01 Krankheiten und Störungen des Nervensystems. Folgt man der zugehörigen Entscheidungslogik, so ergibt sich daraus im Falle einer konservativen Abklärung im stationären Setting ohne operativen Eingriff die Basis-DRG B85.

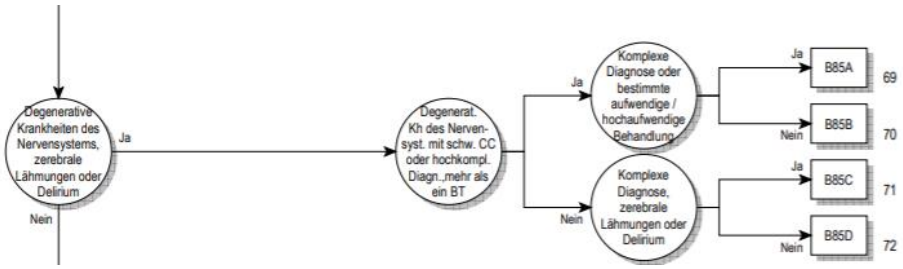


Abbildung 11: Auszug aus der Entscheidungslogik MDC 01 Krankheiten und Störungen des Nervensystems aus dem InEk aG-DRG Definitionshandbuch, Version 2020 [50]

InEk: Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus

aG-DRG: German Diagnosis Related Groups mit ausgegliederten Pflegepersonalkosten

MDC: Major Diagnostic Categories

Kh: Krankheit; CC: Komplikationen oder Komorbiditäten; BT: Belegungstag

Die Durchführung einer Bohrlochtrepanation (OPS 5-010.2 Schädeleröffnung über die Kalotte) qualifiziert zur Einordnung des Falls unter die Basis-DRG B20.

Innerhalb der Basis-DRG erfolgt eine weitere Abstufung abhängig vom Ressourcenverbrauch anhand unterschiedlicher Faktoren. Zur Vereinfachung wird hier zum Vergleich die häufigste Kategorie D gewählt und individuelle Eigenheiten wie der patientenbezogene Gesamtschweregrad (PCCL) oder intensivmedizinische Komplexbehandlung vernachlässigt. Dies ist plausibel, da es sich bei den DRGs B20D und B85D um gleiches Patientenklientel handelt und somit vergleichbare Zusatzfaktoren für beide Gruppen analog möglich sind [50].

DRG B20D **Kraniotomie oder große WS-OP mit komplexer Prozedur oder ohne komplexe Prozedur, Alter > 2 Jahre, mit komplexer Diagnose oder bestimmtem Eingriff bei Trigeminusneuralgie**

<table>
<tr><td rowspan="3">Pr Große intrakranielle Eingriffe, große Wirbelsäulen-Operation (B20-K4)</td><td rowspan="2">Pr Mäßig komplexe intrakranielle Eingriffe (II) (B20-K15)</td><td>HD Trigeminusneuralgie (B20-K2)</td><td>Pr Schädeleröffnung durch Kraniotomie, Dekompression intrakran. Nerven (B20-K16)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Ohne HD Wenig komplexe Kopfverletzungen (B20-K3)</td></tr>
<tr><td colspan="3">Pr Komplexe Prozedur bei Kraniotomie, WS-Operation, intrakranielle Gefäßinterventionen (B20-K6)</td></tr>
</table>

Abbildung 12: Struktur der DRG B20D aus dem InEk aG-DRG Definitionshandbuch, Version 2020 [50]

InEk: Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus

aG-DRG: German Diagnosis Related Groups mit ausgegliederten Pflegepersonalkosten

HD: Hauptdiagnose; Pr: Prozedur; WS: Wirbelsäule; BT: Belegungstag

Da die Implantation eines Ventrikuloperitonealshuntes ebenso als mäßig komplexer intrakranieller Eingriff zählt, resultiert in diesem Falle gleichermaßen die DRG B20.

Wird zur Berechnung der Fallpauschalen der Bundesbasisfallwert 2019 in Höhe von 3.544,97 € angesetzt, ergeben sich entsprechend der Bewertungsrelation aus demselben Jahr Fallpauschalen von 7.118,30 € für die DRG B20D bzw. 2.024,18 € für B85D. Da die mittlere Verweildauer am Bundeswehrkrankenhaus Ulm zwar in beiden Fällen rund drei Tage über dem Bundesdurchschnitt, jedoch deutlich unter der oberen Grenzverweildauer (OGVD) liegt, sind hier keine Zu- oder Abschläge zu berücksichtigen [51].

2.5.3. Kostenstruktur

Um die Bilanz für das Krankenhaus zu betrachten, müssen vorrangig jene Kostenpunkte herausgearbeitet werden, die anfallen, ohne zu einer zusätzlichen Vergütung zu führen. Dies trifft beim iNPH zu, wenn innerhalb des Behandlungsfalls der Shuntimplantation ebenso die Diagnostik stattfindet, in unserem Fall zusätzlich incl. einer ICP-Messung. Im Rahmen dieser Arbeit sind insbesondere die Kosten für aufwändige Diagnostik, die über die Routine hinausgeht, von Bedeutung.

Diese Kostenstellen umfassen Personalkosten, Sachmittel und Infrastrukturkosten. Hier sollen die Positionen herausgearbeitet werden, die bei den verschiedenen Vorgehensweisen voneinander abweichen. Dazu gehören teure Verbrauchsmaterialien wie Implantate und unterschiedliche OP-Zeiten sowie Liegedauern. Da höhere Verweildauern sich hauptsächlich in der Pflege niederschlagen und dies mit dem 2020

eingeführten aG-DRG-System separat errechneten Pflegeerlös vergütet wird, werden diese hier nicht zusätzlich betrachtet [11].

Der Schwerpunkt der gegenständlichen Untersuchung liegt bei den invasiven Maßnahmen, da diese einerseits im Falle der ICP-Messung die Einordnung in eine höher vergütete DRG als bei konservativer Abklärung bedingen, andererseits bei Durchführung von ICP-Messung und Shuntimplantation im gleichen Fall zu hohen Kosten ohne Mehrvergütung der zusätzlichen Prozedur führen. Die Eingriff-bezogenen Kosten für ICP-Messung und Shuntanlage sind abhängig von OP-Dauer und Materialverbrauch.

Am BWK Ulm beträgt 2020 die durchschnittliche OP-Dauer für die Implantation einer ICP-Sonde 12 Minuten und für einen Shunt 45 Minuten [17]. Zur Ermittlung der daraus resultierenden Kosten müssten die Kosten einer OP-Minute einkalkuliert werden. Hierzu gibt es jedoch keine pauschale Angabe, da immer die Berücksichtigung der für die spezifische Operation benötigten Personal- und Sachkostenaufwendungen notwendig ist [19]. Beim iNPH gilt dies insbesondere für die teuren Implantate, welche die durchschnittlich kalkulierten Kosten an verbrauchten Sachmitteln deutlich übersteigen [136].

Für die ICP-Messung setzen sich die Kosten des Verbrauchsmaterials aus der Sonde selbst und dem Set zur Befestigung zusammen. Diese belaufen sich für die am BWK verwendete Neurovent-P-Sonde mit zugehörigem Bolt-Drill-Kit der Firma Raumedic auf insgesamt ca. 350 €. Bei der VP-Shuntimplantation ist zum Zeitpunkt der Datenerhebung das programmierbare Ventilsystem Codman Hakim von Integra zum Preis von ca. 1500 € der Standard der Abteilung.

Tabelle 1: Operations-Dauer und Material-Kosten bei ICP- bzw. VPS-Anlage (Bundeswehrkrankenhaus Ulm 2020)

ICP: intrakranieller Druck; VPS: ventrikuloperitonealer Shunt

	Durchschnittliche Dauer	Implantiertes Verbrauchsmaterial
Shunt-Implantation	45 min	1.500,00 €
ICP-Sondenanlage	12 min	350,00 €

Zu den Kosten einer OP-Minute finden sich in der Literatur nur wenige konkrete Angaben, die einer großen Varianz unterliegen. In einem Artikel des Deutschen Ärzteblatts werden verhältnismäßig hohe 40-50 € pro Minute veranschlagt, jedoch ohne Erläuterungen zu

deren Herleitung anzugeben [31]. In einer Publikation in „Der Anaesthesist“ von 2016 wird in einer Kalkulation auf Basis von DRG-Erlösen ein deutlich niedrigerer Wert von 16,63 €/min (je Fachabteilung 10,45 - 24,34 €/min) angeführt [136].

Zudem fehlen bei den OP-Kosten OP-Ein- und Ausschleusung und Aufwachraumphase sowie auch der mehrtägige Zusatzaufwand während der Messung, der ebenso wie der aufwendige Bereich der Radiologie nicht berücksichtigt ist.

Eine Möglichkeit, sich der Fragestellung zu nähern, besteht in Anlehnung an Waeschle et al. darin, die InEK-Kalkulationen der einzelnen DRGs zu vergleichen. Darin finden sich alle anfallenden Positionen während eines stationären Aufenthaltes wieder. In diesem Fall ist von Interesse, die Positionen von OP-Bereich und Anästhesie für die alleinige Hirndruckmessung denen einer Shuntimplantation gegenüberzustellen, um im Anschluss die konservative mit der invasiven Abklärung zu vergleichen. Dabei ist es sinnvoll, die Bohrlochtrepanation als Zugangsweg auszuklammern, um den fiktiven Fall einer ICP-Implantation ohne Trepanation zu erhalten. Dieser resultiert schließlich in der geringer vergüteten DRG B09Z (Andere Eingriffe am Schädel), unter die die Prozedur 5-029.10 (Implantation oder Wechsel einer intrakraniellen Messsonde zur Messung des intrakraniellen Druckes) fällt, wenn der Zugangsweg nicht explizit kodiert ist. Hieraus entsteht eine Fallpauschale von 4310,68 €.

Tabelle 2: Fallpauschale für eine (fiktive) ICP-Sondenanlage ohne Trepanation (2019), abgeleitet aus der DRG B09Z (Andere Eingriffe am Schädel) nach dem InEK aG-DRG Fallpauschalenkatalog, Version 2020
ICP: intrakranieller Druck; InEk: Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus
(aG-)DRG: (German) Diagnosis Related Groups (mit ausgegliederten Pflegepersonalkosten)

DRG	Bundesbasisfallwert 2019	Bewertungsrelation 2019	**berechnete Fallpauschale**
B09Z	3.544,97 €	1,216	**4.310,68 €**

Die entsprechende Kostenmatrix in der InEK-Kalkulation sollte folglich die Kosten vergüten, welche für die alleinige ICP-Sonden-Anlage entstehen. Diese setzen sich aus den Positionen OP-Bereich und Anästhesie zusammen. Für konservative DRGs, wie die DRG B85D entfällt dies.

Tabelle 3: Aufschlüsselung der InEK-Kostenmatrix für die invasiven DRGs B09Z (Andere Eingriffe am Schädel) und B20D (Kraniotomie) nach dem InEK aG-DRG Fallpauschalenkatalog, Version 2020. Für konservative DRGs wie B85D (degenerative Krankheiten des Nervensystems) entfällt dies.
ICP: intrakranieller Druck; OP: Operation; InEk: Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus (aG-)DRG: (German) Diagnosis Related Groups (mit ausgegliederten Pflegepersonalkosten)

Kosten nach InEK Kalkulation (Personal + Sachkosten) 2019

	DRG B09Z	**DRG B20D**	DRG B85D
OP-Bereich:	1.348,75 €	**1.943,31 €**	-
Anästhesie:	610,43 €	**790,55 €**	-
OP gesamt:	**1.959,18 €**	**2.733,86 €**	**-**
Radiologie:	167,89 €	1.030,38 €	-

Das sind somit jene Kosten, welche bei einem Fall, in dem sowohl eine ICP-Messung als auch eine Shunt-Implantation erfolgen, entstehen, ohne separat vergütet zu werden. Ein solcher Kasus fällt unter die B20D, deren Fallpauschale darauf ausgelegt ist, den Aufwand für einen einzigen Eingriff wie die Shunt-Operation zu decken. Ein weiterer Eingriff wie die ICP-Anlage führt zu zusätzlichen Kosten, ohne eine Erhöhung der Pauschale zu bewirken. Aus der Addition beider Summen ergeben sich die kalkulierten Kosten für den operativen Aufwand beider Eingriffe.

Tabelle 4: aus der InEK-Kalkulation (2019) abgeleitete Kosten für eine Shuntimplantation (B20D) bzw. eine ICP-Sondenanlage (B09Z), sowie deren addierte Kosten, berechnet nach InEK aG-DRG Fallpauschalenkatalog, Version 2020
ICP: intrakranieller Druck; OP: Operation; InEk: Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus (aG-)DRG: (German) Diagnosis Related Groups (mit ausgegliederten Pflegepersonalkosten)

Operations-Kosten nach InEK Kalkulation (2019)

DRG	B20D	1.959,18 €	
Fallpauschale	B09Z	2.733,86 €	
Summe		**4.693,04 €**	= Gesamtkosten OP für ICP + VPS

Die gesamten operativen Kosten für die Anlage sowohl einer Hirndruckmesssonde als auch eines ventrikuloperitonealen Shunts bei einem Patienten entsprechen folglich der Summe von 4.693,04 €.

Als weiterer Hauptkostenfaktor im Rahmen der umfangreichen Diagnostik ergibt sich der Bereich der Radiologie mit ihren technisch aufwendigen Maßnahmen. Diese werden durch die InEK-Kostenmatrix mit 1.030,38 € vergolten. Ebenfalls kommen die radiologischen Posten aus der B09Z hinzu. Diese fallen deutlich geringer aus mit 167,89 €. Das ist schlüssig, da für eine ICP-Messung per se ein wesentlich geringerer radiologischer Aufwand vonnöten ist als zur Abklärung bei v.a. iNPH und folglich die breite Diagnostik nicht doppelt anfällt. Die Summe wird dennoch aufaddiert, da durchaus zusätzliche Bildgebung, z.B. zur post-OP Kontrolle durchgeführt wird.

Tabelle 5: Übersicht über die Kosten für OP und Radiologie als Hauptkostenpositionen, wenn ICP- und VPS-Anlage im gleichen Fall durchgeführt werden, berechnet nach InEK aG-DRG Fallpauschalenkatalog, Version 2020
ICP: intrakranieller Druck; VPS: ventrikuloperitonealer Shunt; OP: Operation;
InEk: Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus
(aG-)DRG: (German) Diagnosis Related Groups (mit ausgegliederten Pflegepersonalkosten)

Kosten gesamt (ICP + VPS + Radiologie)

ermittelte OP-bezogene Gesamtkosten ICP + VPS		4.693,04 €	
enthaltene radiologische Kostenkalkulation	in B20D + B09Z	1.030,38 € + 167,89 €	
Summe		**5.891,31 €**	**Kosten Radiologie & OP bei ICP + VPS**

Die entsprechenden Kosten für eine Shuntanlage ohne ICP-Messung setzen sich folgendermaßen zusammen:

Tabelle 6: Übersicht über die Kosten für OP und Radiologie als Hauptkostenpositionen bei alleiniger VPS-Anlage, berechnet nach InEK aG-DRG Fallpauschalenkatalog, Version 2020
ICP: intrakranieller Druck; VPS: ventrikuloperitonealer Shunt; OP: Operation;
InEk: Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus
(aG-)DRG: (German) Diagnosis Related Groups (mit ausgegliederten Pflegepersonalkosten)

Kosten gesamt (nur VPS + Radiologie)

ermittelte OP-bezogene Gesamtkosten VPS	2.733,86 €	
Kostenkalkulation Radiologie enthalten in B20D	1.030,38 €	
Summe	**3.764,24 €**	**Kosten Radiologie + OP bei VPS ohne ICP**

Die Differenz dieser Summen beschreibt die Mehrkosten, welche für eine ICP-Anlage entstehen:

Tabelle 7: ermittelte Mehrkosten für eine ICP-Anlage, wenn diese und die VPS-Anlage im gleichen Behandlungsfall durchgeführt werden, berechnet nach InEK aG-DRG Fallpauschalenkatalog, Version 2020; ICP: intrakranieller Druck; VPS: ventrikuloperitonealer Shunt; InEk: Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus; (aG-)DRG: (German) Diagnosis Related Groups (mit ausgegliederten Pflegepersonalkosten)

Kostendifferenz ohne vs. mit ICP		
Kosten gesamt (ICP + VPS + Radiologie)	5.891,31 €	
Kosten gesamt (VPS + Radiologie)	3.764,24 €	
Differenz	**2.127,07 €**	**Mehrkosten bei ICP-Anlage**

Finden in einem Behandlungsfall sowohl ein aufwändiger Diagnostikprozess inklusive einer ICP-Messung als auch die Therapie in Form eine VP-Shuntanlage statt, entstehen nach dieser Annäherung Mehrkosten in Höhe von 2.127,07 €, welche die Klinik aufbringen muss, während sie in beiden Fällen mit derselben Fallpauschale von B20D vergütet wird.
Nun fehlt noch der Vergleich der Kostenstruktur für eine invasive Diagnostik incl. ICP-Messung mit der einer konservativen Abklärung. Da die ICP-Anlage mit Bohrlochtrepanation unter B20D fällt, wird diese Fallpauschale der B85D zur konservativen Diagnostik gegenübergestellt.

Tabelle 8: Mehrvergütung für die Fallpauschale B20D (ICP-Messung mit Bohrlochtrepanation) im Vergleich zur B85D (konservative Diagnostik), berechnet nach InEK aG-DRG Fallpauschalenkatalog, Version 2020; ICP: intrakranieller Druck; VPS: ventrikuloperitonealer Shunt; InEk: Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus; (aG-)DRG: (German) Diagnosis Related Groups (mit ausgegliederten Pflegepersonalkosten)

Mehrvergütung B20D vs B85D (2019)			
DRG	B20D	7.118,30 €	
Fallpauschale	B85D	2.024,18 €	
Differenz		**5.094,12 €**	**= Mehrvergütung VPS vs Diagnostik**

Aus der Fallpauschale in Höhe von 7.118,30 € für die DRG B20D ergibt sich gegenüber den 2.024,18€ für eine B85D eine Mehrvergütung von 5.094,12 €. Um den Netto-Vergütungsüberschuss zu berechnen, müssen hiervon noch Kosten abgezogen werden, die nur bei der erweiterten Diagnostik incl. ICP-Messung anfallen. Dies sind hauptsächlich die OP-bezogenen Kosten. Da in beiden Fällen die gleiche radiologische Diagnostik durchgeführt wird, ergeben sich hieraus keine Unterschiede.

Tabelle 9: Vergütungsüberschuss bei erweiterter Diagnostik incl. ICP-Messung (B20D) vs. konservativer Diagnostik (B85D), jeweils ohne VPS-Anlage, berechnet nach InEK aG-DRG Fallpauschalenkatalog, Version 2020
ICP: intrakranieller Druck; VPS: ventrikuloperitonealer Shunt; OP: Operation;
InEk: Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus
(aG-)DRG: (German) Diagnosis Related Groups (mit ausgegliederten Pflegepersonalkosten)

Vergütungsüberschuss Diagnostik invasiv (B20D) vs B85D (2019)		
Mehrvergütung VPS vs. konservative Diagnostik	5.094,12 €	
Gesamtkosten OP-Bereich für ICP (B09Z)	1.959,18 €	
Differenz	**3.134,94 €**	**= Überschuss bei invasiver Diagnostik ohne VPS**

Wird also bei einem Patienten mit v.a. iNPH eine umfangreiche Diagnostik inklusive ICP-Messung durchgeführt, ohne dass daraus die Indikation zur Shuntanlage resultiert, wird dies mit einem Überschuss der Fallpauschale in Höhe von 3.134,94 € vergütet im Vergleich zu einer Abklärung ohne ICP-Sondenanlage. Dabei ist anzumerken, dass dies nur die unmittelbare finanzielle Situation beleuchtet. Indirekter Aufwand zur Messung und Diagnostik wie die vermehrte Personalbindung perioperativ und zur Überwachung der Hirndruckmessung sind dabei ebenso wenig berücksichtigt wie für aufwendige neurologische Testbatterien.

2.6. Ethikantrag

Das zustimmende Votum der zuständigen Ethikkommission der Universität Ulm zum Antrag Nr. 436/18 liegt in Form eines positiven Bescheids vom 13.02.2019 vor.

3. Ergebnisse

3.1. Patientenkollektiv

Von den von 53 eingeschlossenen Patienten sind 20 (37,7%) weiblichen und 33 (62,3%) männlichen Geschlechts (s. Abbildung 13).

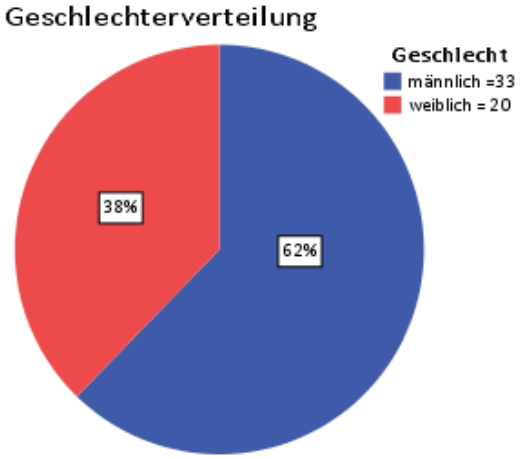


Abbildung 13: Kreisdiagramm zur Geschlechterverteilung der Patienten mit Verdacht auf idiopathischen Normaldruckhydrocephalus in der Neurochirurgie des Bundeswehrkrankenhauses Ulm 2012-2016:
männlich (blau): 33 Patienten (= 62%)
weiblich (rot): 20 Patienten (= 38%)

Sie liegen bei der Erstvorstellung mit dem Alter zwischen 22 und 87 Jahren bei einem Durchschnitt von 70 Jahren.

In der Überprüfung der Daten auf Normalverteilung mittels Kolmogorov-Smirnov-Test (Signifikanzniveau $p < 0,05$) zeigt sich, dass das Patientenalter nicht normalverteilt ist. Die explorative Datenanalyse ergibt einen Median von 73 Jahren (s. Abbildung 14).

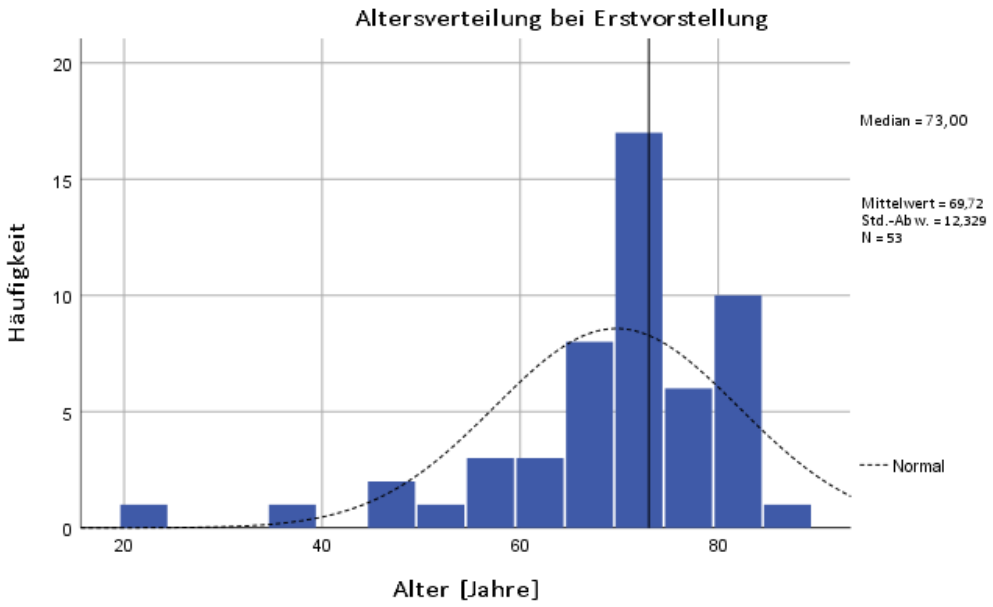


Abbildung 14: Säulendiagramm zur Altersverteilung der iNPH-Patienten in der Neurochirurgie des Bundeswehrkrankenhaus Ulm 2012-2016:
keine Normalverteilung; Median = 73 Jahre (gestrichelte Linie: Normalverteilung)
iNPH: idiopathischer Normaldruckhydrocephalus

3.2. Diagnostik anderer neurochirurgischer Kliniken



Abbildung 15: Orte mit den nach Anzahl der Betten 25 größten neurochirurgischen Kliniken Deutschlands (Dresden und München je 2 Kliniken, nach Suchergebnis des Online-Portals „klinikradar.de“ im August 2020)
Quelle: https://www.mixmaps.de/deutschland/karte.html, abgerufen am 03.01.2022

Die Erhebung an 25 neurochirurgischen Kliniken ergibt, dass an allen der befragten Häuser Diagnostik und Therapie des Normaldruckhydrozephalus durchgeführt werden. Alle Kliniken fordern zur Diagnostik eine kranielle Schnittbildgebung, wobei knapp der Hälfte eine cCT ausreicht. Die Mehrheit (13 Klinken) verlangt mindestens eine cMRT, wovon drei Kliniken beide Modalitäten einfordern (s. Tabelle 10).

Tabelle 10: Zur Abklärung bei Verdacht auf idiopathischen Normaldruckhydrocephalus geforderte kranielle Bildgebung an 25 deutschen neurochirurgischen Kliniken, telefonische Erhebung im August 2020;
CT: Computertomographie; MRT: Magnetresonanztomographie

Geforderte Modalität	**Anzahl Kliniken**
CT	2
CT oder MRT	10
MRT	10
CT und MRT	3
gesamt	25

Im Weiteren führen die meisten Kliniken als primären klinischen Test einen Liquorablassversuch mit Spinal Tap Test durch (s. Tabelle 11). An sieben Häusern wird bereits primär eine mehrtägige Liquordrainage abgeleitet, zehn weitere führen diese optional durch bei uneindeutigem Ergebnis des ersten Tests. Alternativ werden hier dann an drei Abteilungen der Spinal Tap Test wiederholt, an zweien ein lumbaler Infusionstest sowie an jeweils einer der Liquoröffnungsdruck bestimmt oder eine lumbale Druckmessung durchgeführt. Eine Klinik untersucht optional das klinische Ansprechen auf die Applikation von Azetazolamid. Eine intrakranielle Druckmessung findet nur in Ausnahmefällen an einem Zentrum Anwendung bzw. wurde an zwei weiteren in der Vergangenheit regelmäßig durchgeführt, aktuell jedoch nicht mehr (s. Tabelle 12). Nicht alle führen bei uneindeutiger Testung weitere Diagnostik durch, sondern einige sehen im Zweifel von einer Shuntimplantation ab.

Tabelle 11: primäre Routinetestung an 25 deutschen Kliniken bei Verdacht auf idiopathischen Normaldruckhydrocephalus, telefonische Erhebung im August 2020

Primäre Routinetestung	Kliniken
primär Spinal Tap Test	18
primär mehrtägige Liquordrainage	7
gesamt	25

Tabelle 12: über die Basisdiagnostik hinausgehende optionale Zusatzdiagnostik an 25 deutschen Kliniken bei Verdacht auf idiopathischen Normaldruckhydrocephalus, telefonische Erhebung im August 2020

Optionale Testung	Kliniken (Mehrfachnennungen möglich)
mehrtägige Liquordrainage	10
lumbaler Infusionstest	2
wiederholte Spinal Tap Tests	3
Liquoröffnungsdruck	1
Lumbale Druckmessung	1
Azetazolamid	1

Das Vorgehen bezüglich der neurologischen Testung, sowohl zur Evaluation des Ansprechens auf die Liquorablassversuche, als auch der allgemeinen Klinik des Patienten, zeigt sich vergleichsweise variabel. So finden unterschiedliche neurologische Testbatterien Anwendung, darunter am häufigsten der in der deutschen Leitlinie empfohlene MOCA-Test (Montreal Cognitive Assessment Test), häufig aber auch der als ungeeignet eingestufte Mini-Mental-Status-Test (MMST) oder seltener andere neuropsychologische oder Pegboard-Tests. Der Mobilitätstest nach Tinetti oder der Timed-up-and-go-Test (TUG-Test) dienen der Untersuchung des Gangbilds. In der Regel wird jeweils ein Test zum Assessment des Gangbilds und des kognitiven Defizits vor und nach Liquor- Ablass angewandt. Oft werden auch mehrere neuropsychologische Tests kombiniert. An vier Kliniken wird die Diagnosestellung incl. Testbatterien gänzlich in die Hände der Neurologie gelegt und der Patient dann nurmehr zur Therapie bei der Neurochirurgie für die Shuntimplantation vorgestellt.

3.3. Auswertung Fragebögen

3.3.1. Intrarater-Konkordanz

Den Kreuztabellen im Anhang zum Vergleich der gestellten Shuntindikation beider Durchgänge lassen sich die Übereinstimmungen der Bewertung der einzelnen Ärzte entnehmen (s. Anhang iv) a. Intrarater-Konkordanz: Vergleich Shuntindikation 1. und 2. Bewertung).

Die folgende Tabelle (Tabelle 13) zeigt zusammengefasst, wie häufig die einzelnen Rater bei den beiden Bewertungsdurchgängen dieselbe Entscheidung getroffen haben:

Tabelle 13: Shuntindikationen, gestellt durch Neurochirurgen am Bundeswehrkrankenhaus Ulm anhand 2020-2021 wiederholt vorgelegter anonymisierter Befunde von 2012-2016 vorstelligen Patienten mit Verdacht auf idiopathischen Normaldruckhydrocephalus: im Vergleich erster und zweiter Durchgang:
ja: beide Male Shuntindikation gestellt
nein: beide Male keine Indikation zur Shuntanlage gestellt
in allen übrigen Fällen kam es zu unterschiedlichen Entscheidungen

übereinstimmende Shuntindikation

	ja	nein	gesamt
Arzt 1	1	5	6
Arzt 2	6	1	7
Arzt 3	3	3	6
Arzt 4	1	3	4
Arzt 5	7	2	9
Arzt 6	2	5	7
Arzt 7	4	2	6
Arzt 8	1	4	5
Arzt 9	3	0	3
Durchschnitt	3,11	2,78	**5,88 = 59%**

Daraus ergibt sich, dass die Ärzte bei der Bewertung derselben anonymisierten Daten im Abstand von wenigen Monaten nur in gut der Hälfte (59%) der Fälle zum selben Ergebnis einer Shuntindikation gelangen. Beim Vergleich der Subgruppen erzielten weder Assistenz- noch Fachärzte mit jeweils 60% bzw. 57,5% Übereinstimmung eine signifikante Korrelation (s. Tabelle 14).

Tabelle 14: Shuntindikationen, gestellt durch Neurochirurgen am Bundeswehrkrankenhaus Ulm anhand 2020-2021 wiederholt vorgelegter anonymisierter Befunde von 2012-2016 vorstelligen Patienten mit Verdacht auf idiopathischen Normaldruckhydrocephalus: Übereinstimmung in der Entscheidung zur Shuntindikation in beiden Durchgängen, getrennt nach Fach- und Assistenzärzten:
kein signifikanter Unterschied der Subgruppen

Durchschnittliche übereinstimmende Shuntindikation

	ja	nein	gesamt
Assistenzärzte	3,40	2,60	6,00
Fachärzte	2,75	3,00	5,75

Zur Analyse der Intrarater Konkordanz erfolgte die Berechnung der Korrelation zwischen der Shuntindikation der einzelnen Durchgänge. Dies wurde aufgrund der kleinen Datengrößen erneut mittels Fisher Exact-Test durchgeführt. Hier konnte für keinen Arzt ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem ersten und zweiten Durchgang hergestellt werden. Das bedeutet für die Auswertung der Daten, dass keine Re-Test-Reliabilität besteht und die Shuntindikation statistisch gesehen zufällig erfolgt.
Dieselben Analysen wurden ebenso für jeden Parameter jedes einzelnen Arztes durchgeführt. Das heißt, es wurde für jeden Rater überprüft, ob seine Bewertung der einzelnen Parameter im ersten Durchgang mit der im zweiten Durchgang in Zusammenhang steht. Hierfür wurde für jeden einzelnen Arzt zu jedem einzelnen Parameter eine Vielfeldertafel erstellt. Ein solches Set findet sich im Anhang zur Veranschaulichung (s. Anhang iv) b. Vielfeldertafeln der einzelnen Parameter 1. und 2. Bewertung, exemplarisch dargestellt anhand von Arzt 7).
Anschließend erfolgte wiederum die Überprüfung auf eine Korrelation mittels Fisher Exact Test. Bei einem angelegten Signifikanzniveau von 95% wird ein Zusammenhang angenommen, wenn die Exakte 2-seitige Signifikanz unter 0,05 liegt. In der folgenden Tabelle (

Tabelle 15) sind die Ergebnisse der einzelnen berechneten Signifikanzen dargestellt.

Tabelle 15: Durch Neurochirurgen am Bundeswehrkrankenhaus Ulm getroffene Bewertung der 2020-2021 wiederholt vorgelegten anonymisierten Befunde von 2012-2016 mit Verdacht auf idiopathischen Normaldruckhydrocephalus vorstelligen Patienten, hier: Übersicht über die Überprüfung der Intraraterkonkordanz der einzelnen Ärzte in beiden Bewertungsdurchgängen, nach den einzelnen Parametern getrennt:

	Exakte Signifikanz (2-seitig) des Fisher Exact-Test			
	Klinik	**Bildgebung**	**ICP**	**BIFT**
Arzt 1	0,683	1,000	0,700	0,300
Arzt 2	0,267	0,752	0,571	1,000
Arzt 3	**0,007**	0,115	1,000	0,600
Arzt 4	**0,005**	0,667	0,775	1,000
Arzt 5	**0,024**	0,840	0,510	0,600
Arzt 6	0,090	0,162	0,943	1,000
Arzt 7	**0,024**	0,124	0,977	1,000
Arzt 8	0,640	1,000	0,325	1,000
Arzt 9	**0,010**	1,000	0,714	0,600

Nach Auswertung aller 36 Vierfeldertafeln findet sich lediglich bei fünf ein Wert von weniger als 0,05 und somit eine Korrelation. Es besteht bei zwei Fach- und drei Assistenzärzten jeweils ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Bewertung der Klinik im ersten und zweiten Durchgang. Die Bestimmung von Cramer's V zeigt in all diesen Fällen einen Wert größer als 0,5 und damit einen starken Zusammenhang (s. Tabelle 16).

Tabelle 16: Durch Neurochirurgen am Bundeswehrkrankenhaus Ulm getroffene Bewertung der 2020-2021 wiederholt vorgelegten anonymisierten Befunde von 2012-2016 mit Verdacht auf idiopathischen Normaldruckhydrocephalus vorstelligen Patienten, hier: Effektstärkemaße zur Bewertung des Zusammenhangs zwischen erster und zweiter Bewertung der Klinik, ausgewählt für die vorher ermittelten positiven Korrelationen.
Alle anderen Bewertungen wiesen keine Korrelation auf

	Fisher-Exact-Test		
	Wert	Exakte Signifikanz (2-seitig)	**Cramer-V**
Arzt 3	15,886	0,007	**0,816**
Arzt 4	8,997	0,005	**1,000**
Arzt 5	13,037	0,024	**0,707**
Arzt 7	13,037	0,024	**0,707**
Arzt 9	16,775	0,010	**0,924**

In den anderen 31 Vielfeldertafeln für die übrigen Parameter aller Rater konnte bei Werten >0,05 kein statistisch signifikanter Zusammenhang hergestellt werden.

Stellt man jeweils die Bewertungen der einzelnen Parameter durch die Rater im ersten und zweiten Durchgang in Form eines Streudiagramms gegenüber, so zeigt sich die breite Verteilung deutlich (s. Abbildung 16 bis Abbildung 19). Bei einem perfekten Zusammenhang, also einer beide Male genau gleichen Bewertung, würden alle Punkte auf der Ursprungsdiagonalen liegen. Je weiter die Verteilung davon entfernt ist, umso geringer ist der Zusammenhang. Bei der Darstellung der Klinik (s. Abbildung 16), welche alleinig bei fünf Ärzten eine signifikante Korrelation aufweist, zeigt sich eine gewisse Nähe zu dieser Diagonalen während bei Bildgebung (s. Abbildung 17) und ICP-Messung (s. Abbildung 18) eine breite Verteilung vorherrscht. Die Werte der BIFT-Messung (s. Abbildung 19) sind in der Masse unterhalb der Linie zu finden, was eine insgesamt schlechtere zweite Bewertung widerspiegelt.

Bei der isolierten Darstellung der Bewertung der Klinik durch die Rater 3, 4, 5, 7 und 9, bei denen sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang ergab (s. Tabelle 16) wird ersichtlich, dass bei diesen die Punkte mehrheitlich um die kritische Linie der perfekten Korrelation herum liegen (s. Abbildung 20).

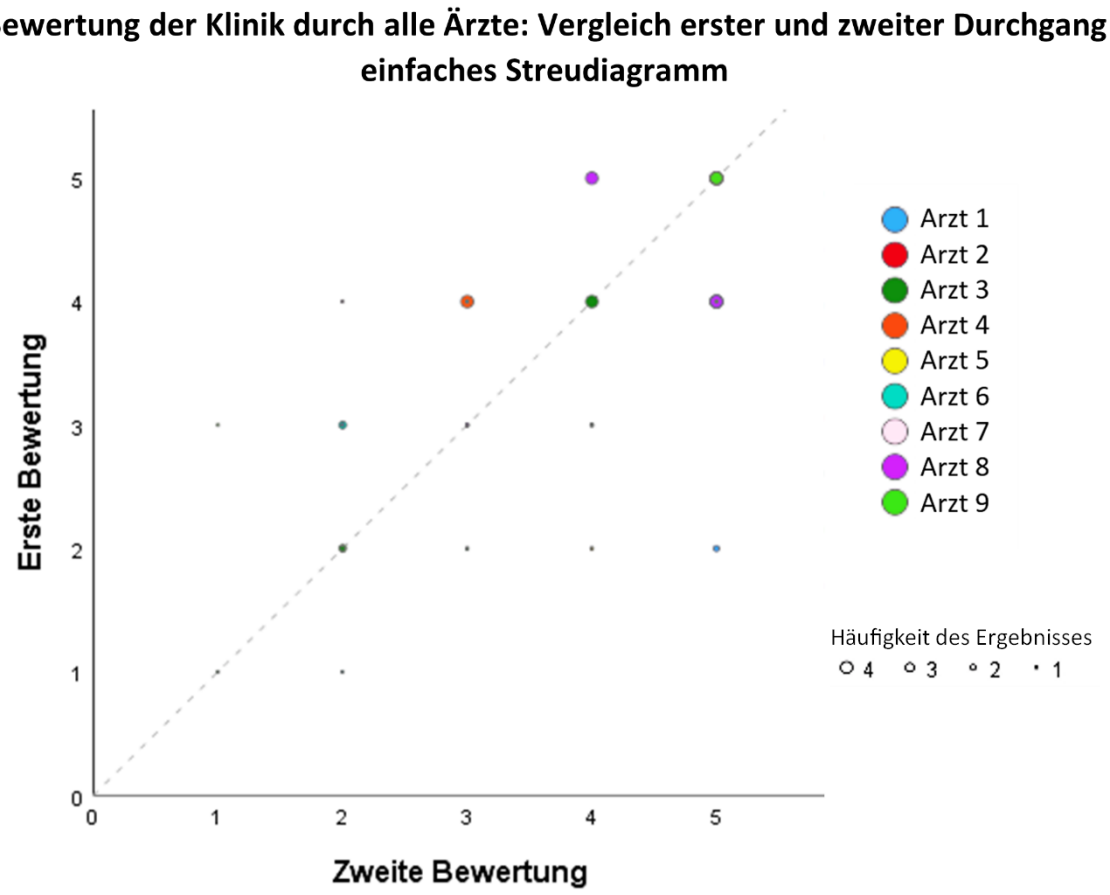


Abbildung 16: Durch Neurochirurgen am Bundeswehrkrankenhaus Ulm anhand anonymisiert vorgelegter Befunde von Patienten mit Verdacht auf idiopathischen Normaldruckhydrocephalus getroffene Bewertung (Vorstellung 2012-2016, anonymisierte Bewertung 2020-2021), hier: Gegenüberstellende Darstellung der Bewertung der Klinik durch alle Ärzte im ersten und zweiten Durchgang als einfaches Streudiagramm:

Farbe der Kreisfüllung nach Arzt gruppiert

Größe der Kreise entspricht der Häufigkeit des Ergebnisses

Gestrichelte Linie: Bereich des perfekten Zusammenhangs (entspräche einer Intrarater-Konkordanz von 100%)

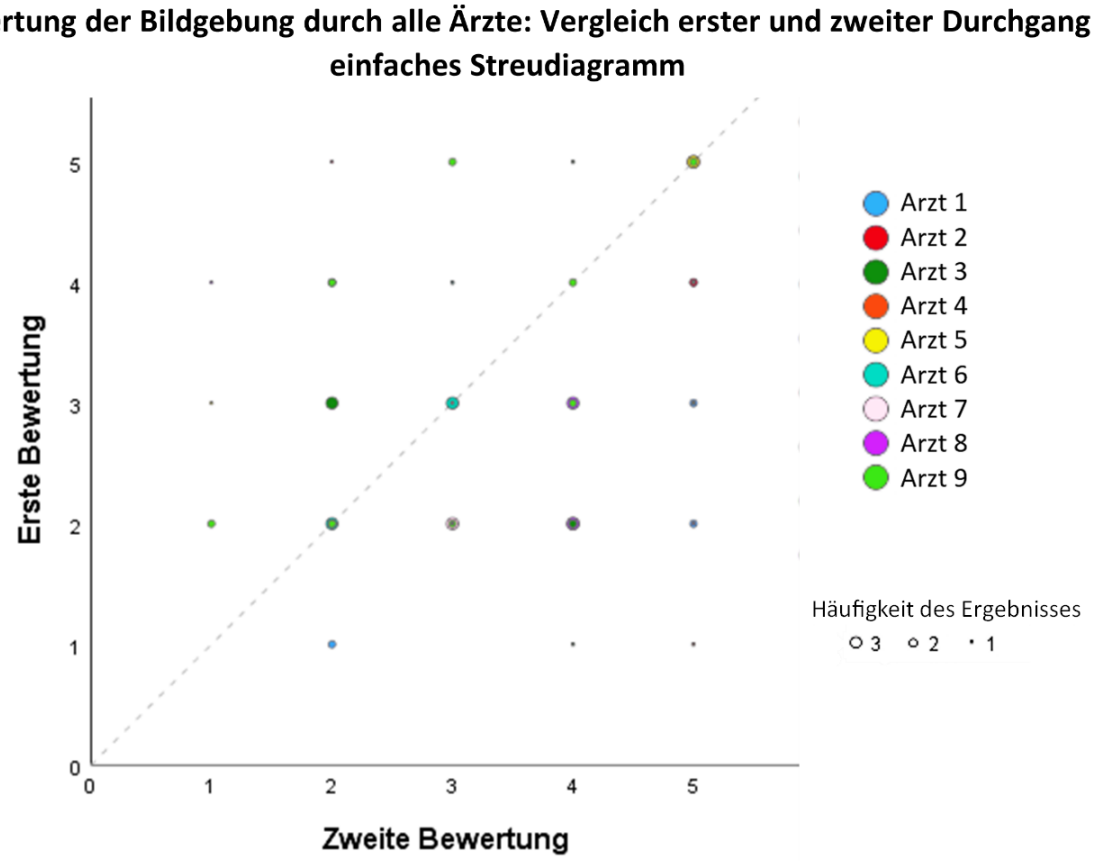


Abbildung 17: Durch Neurochirurgen am Bundeswehrkrankenhaus Ulm anhand anonymisiert vorgelegter Befunde von Patienten mit Verdacht auf idiopathischen Normaldruckhydrocephalus getroffene Bewertung (Vorstellung 2012-2016, anonymisierte Bewertung 2020-2021), hier: Gegenüberstellende Darstellung der Bewertung der Bildgebung durch alle Ärzte im ersten und zweiten Durchgang als einfaches Streudiagramm:

Farbe der Kreisfüllung nach Arzt gruppiert

Größe der Kreise entspricht der Häufigkeit des Ergebnisses

Gestrichelte Linie: Bereich des perfekten Zusammenhangs (entspräche einer Intrarater-Konkordanz von 100%)

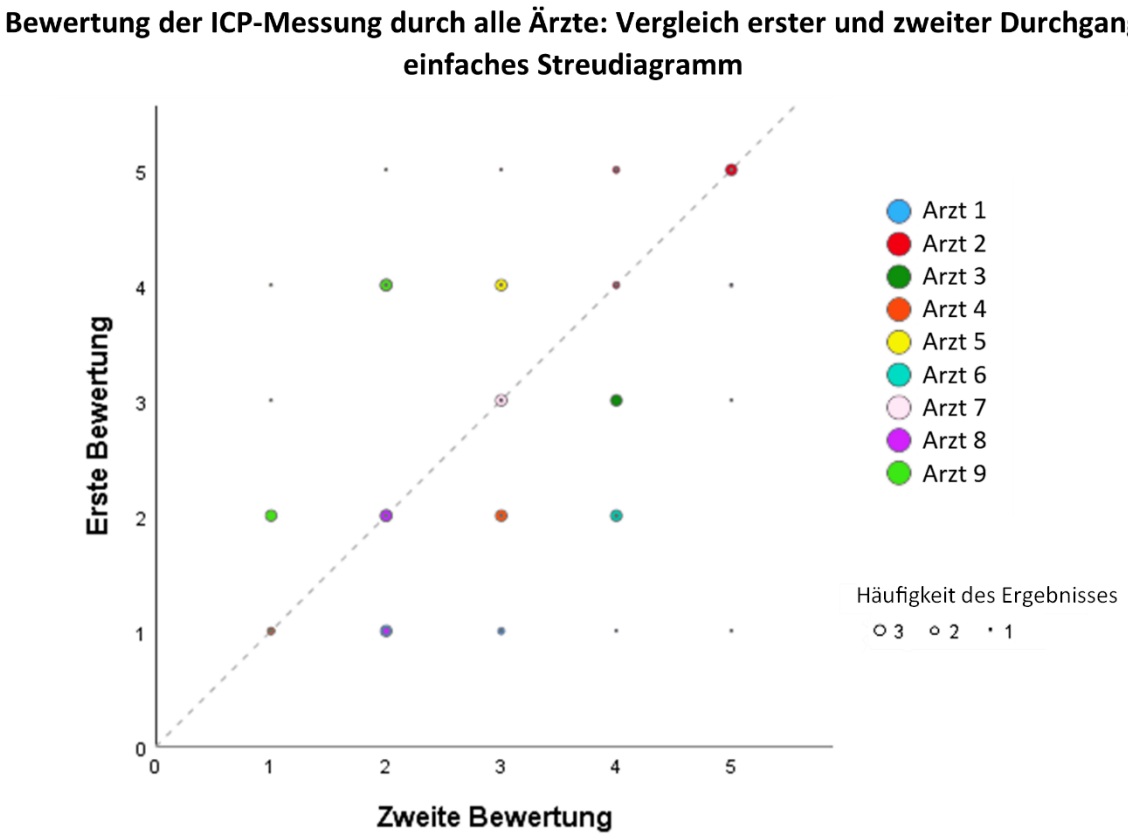


Abbildung 18: Durch Neurochirurgen am Bundeswehrkrankenhaus Ulm anhand anonymisiert vorgelegter Befunde von Patienten mit Verdacht auf idiopathischen Normaldruckhydrocephalus getroffene Bewertung (Vorstellung 2012-2016, anonymisierte Bewertung 2020-2021), hier: Gegenüberstellende Darstellung der Bewertung der ICP-Messung durch alle Ärzte im ersten und zweiten Durchgang als einfaches Streudiagramm:

Farbe der Kreisfüllung nach Arzt gruppiert

Größe der Kreise entspricht der Häufigkeit des Ergebnisses

Gestrichelte Linie: Bereich des perfekten Zusammenhangs (entspräche einer Intrarater-Konkordanz von 100%)

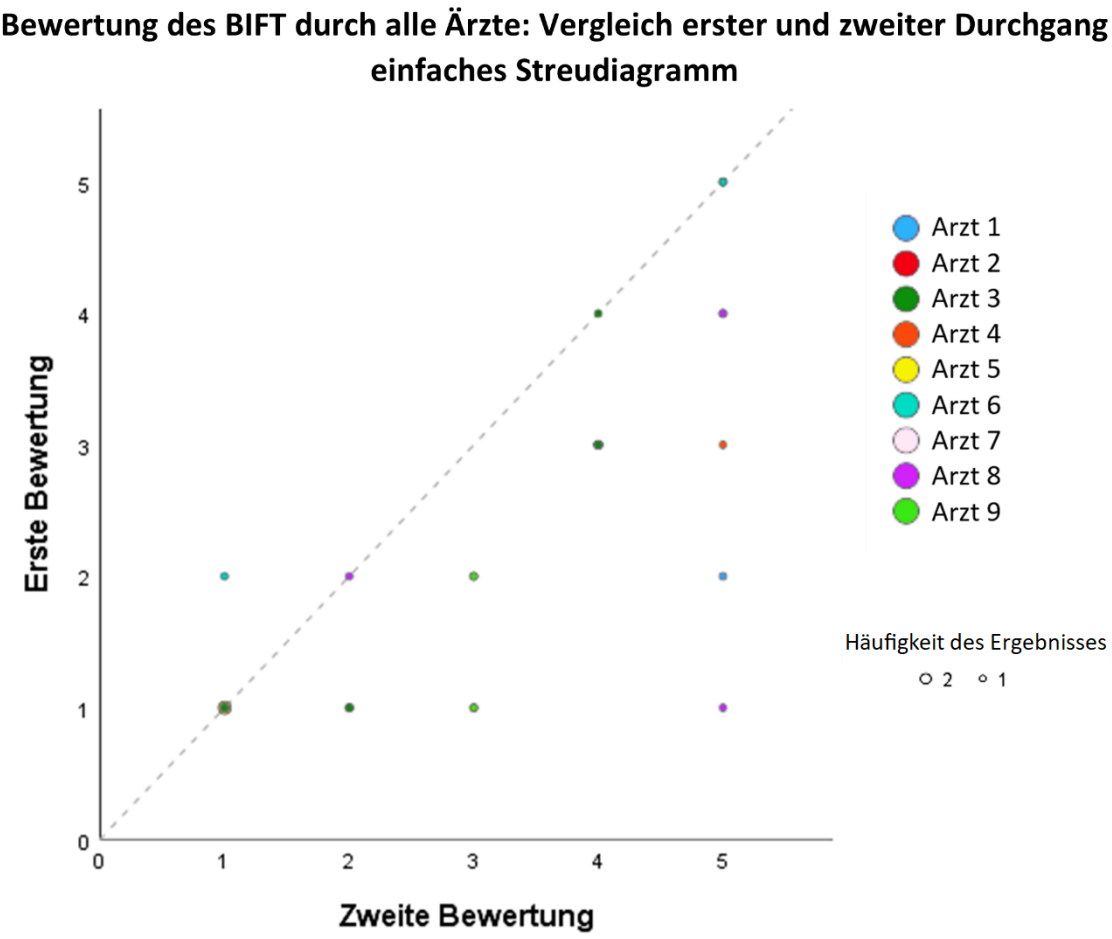


Abbildung 19: Durch Neurochirurgen am Bundeswehrkrankenhaus Ulm anhand anonymisiert vorgelegter Befunde von Patienten mit Verdacht auf idiopathischen Normaldruckhydrocephalus getroffene Bewertung (Vorstellung 2012-2016, anonymisierte Bewertung 2020-2021), hier: Gegenüberstellende Darstellung der Bewertung des Bolus-Infusions-Tests durch alle Ärzte im ersten und zweiten Durchgang als einfaches Streudiagramm:

Farbe der Kreisfüllung nach Arzt gruppiert

Größe der Kreise entspricht der Häufigkeit des Ergebnisses

Gestrichelte Linie: Bereich des perfekten Zusammenhangs (entspräche einer Intrarater-Konkordanz von 100%)

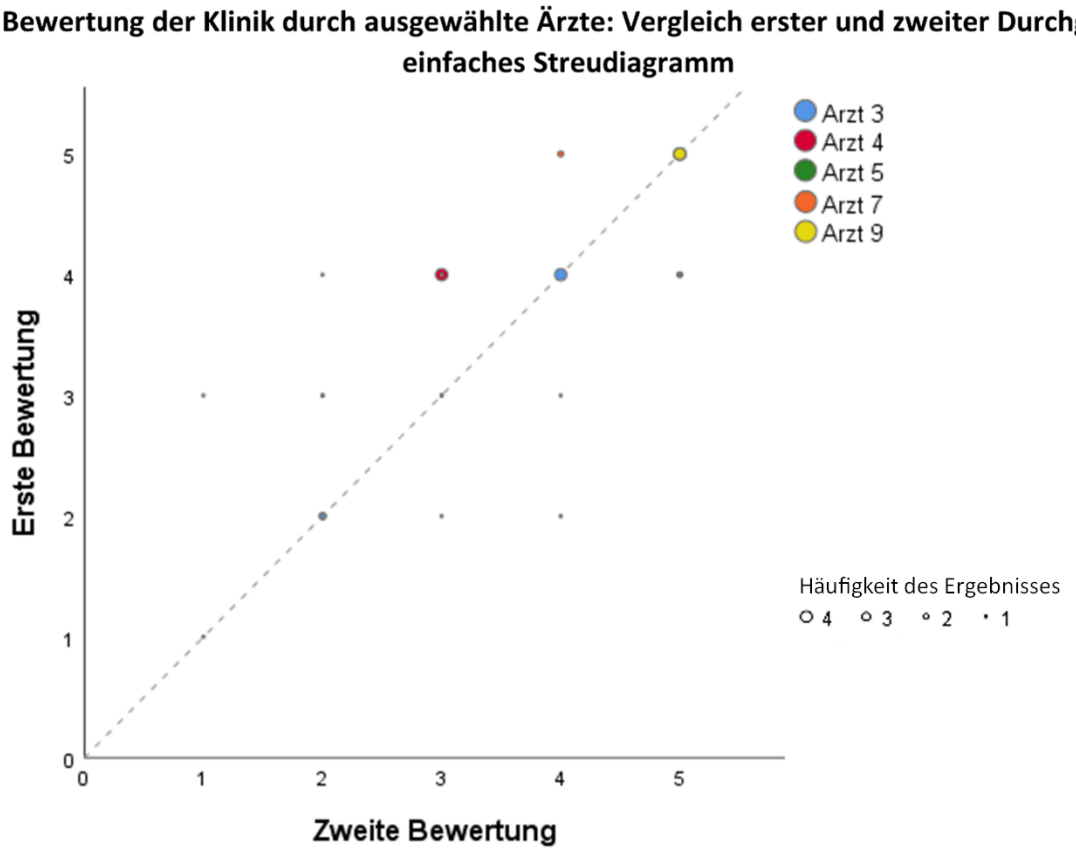


Abbildung 20: Durch Neurochirurgen am Bundeswehrkrankenhaus Ulm anhand anonymisiert vorgelegter Befunde von Patienten mit Verdacht auf idiopathischen Normaldruckhydrocephalus getroffene Bewertung (Vorstellung 2012-2016, anonymisierte Bewertung 2020-2021), hier: Gegenüberstellende Darstellung der Bewertung Klinik durch die Ärzte 3, 4, 5, 7 und 9 im ersten und zweiten Durchgang als einfaches Streudiagramm:
Bei diesen ausgewählten Ratern zeigt sich in der Konkordanzanalyse eine signifikante Korrelation zwischen den beiden Bewertungsdurchgängen.
Farbe der Kreisfüllung nach Arzt gruppiert
Größe der Kreise entspricht der Häufigkeit des Ergebnisses
Gestrichelte Linie: Bereich des perfekten Zusammenhangs (entspräche einer Intrarater-Konkordanz von 100%)

Es muss angenommen werden, dass mit Ausnahme der Klinik im Falle einzelner Rater auch die Bewertung der unterschiedlichen Methoden insgesamt statistisch zufällig erfolgt und keine Re-Test-Reliabilität vorliegt.

3.3.2. Vergleich anonymisierte Shuntindikation mit tatsächlicher Therapieentscheidung

Bei der Gegenüberstellung der Therapieentscheidung, welche die Rater anhand der anonymisierten Daten stellen mit jener, welche tatsächlich in der Klinik gestellt worden ist, zeigen sich folgende Ergebnisse:

In 68% stimmen die Ärzte dem tatsächlich gefällten Urteil überein: Bei 72% der Patienten, die einen Shunt erhalten haben (= 37% aller Urteile), haben sie anhand der anonym vorliegenden Informationen ebenso die Indikation gestellt. Allerdings hätten sie dies auch bei 27% der Patienten indiziert, bei denen kein Shunt implantiert worden ist (18% aller Urteile). Das entspricht zusammen mit dem Prozentsatz, bei denen sie abweichend keine Indikation stellen, einem Anteil von fast einem Drittel (32%) abweichender Urteile zur Shuntindikation anhand anonymisierter Daten im Vergleich zur tatsächlich erfolgten Indikation (s. Abbildung 21).

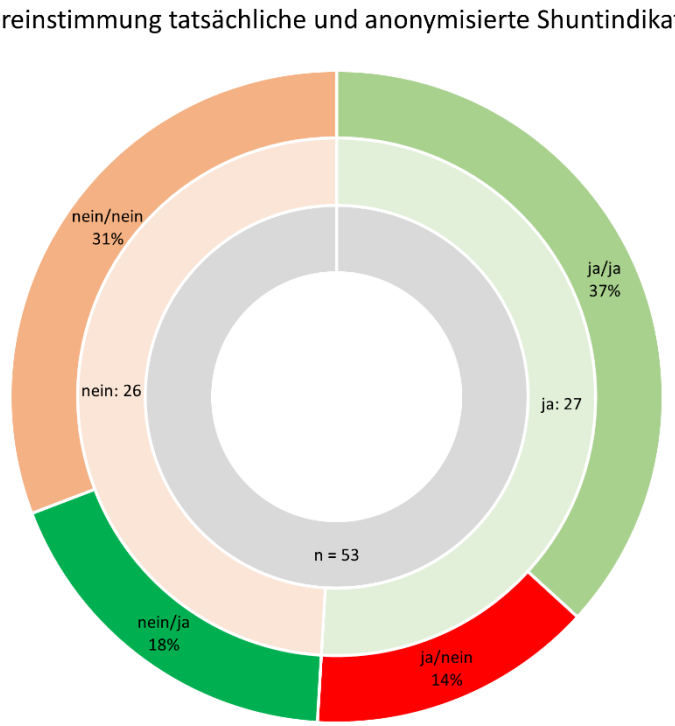


Abbildung 21: Durch Neurochirurgen am Bundeswehrkrankenhaus Ulm anhand anonymisiert vorgelegter Befunde von Patienten mit Verdacht auf idiopathischen Normaldruckhydrocephalus getroffene Bewertung (Vorstellung 2012-2016, anonymisierte Bewertung 2020-2021), hier: Gegenüberstellung der Shuntindikation anhand anonymisierter Daten und der tatsächlichen Shuntindikation:

n = 53: Gesamtzahl aller eingeschlossenen Patienten;

ja: 27 Patienten, bei denen tatsächlich eine Shuntindikation gestellt wird

nein: 26 Patienten, bei denen tatsächlich keine Shuntindikation gestellt wird

ja/ja: Anteil der Patienten, bei denen übereinstimmend tatsächlich und anhand anonymer Daten durch die Rater eine Shuntindikation gestellt wird

ja/nein: Anteil der Patienten, bei denen abweichend tatsächlich eine Shuntindikation gestellt wird, aber anhand anonymer Daten durch die Rater nicht

nein/nein: Anteil der Patienten, bei denen übereinstimmend tatsächlich und anhand anonymer Daten durch die Rater keine Shuntindikation gestellt wird

nein/ja: Anteil der Patienten, bei denen abweichend tatsächlich keine Shuntindikation gestellt wird, aber anhand anonymer Daten durch die Rater schon

Betrachtet man die Entscheidungen jedes einzelnen Raters im Vergleich zur erfolgten Shuntindikation (s. Anhang v) Kontingenztafeln zum Vergleich der anonymisierten

Shuntindikation mit der tatsächlichen Therapieentscheidung), zeigt sich bei sieben Ratern eine Korrelation: Nur bei Arzt 2 und 9 ergibt die Analyse mittels Chi-Quadrat-Test einen Wert unter 3,84, was bei einem Signifikanzniveau von 95% keinem statistischen Zusammenhang entspricht. Für die übrigen sieben Korrelationen wird mit dem Kontingenzkoeffizienten Phi die Effektstärke bestimmt (s. Tabelle 17).

Tabelle 17: Durch Neurochirurgen am Bwkrhs Ulm getroffene Bewertung der 2020-2021 wiederholt vorgelegten anonymisierten Befunde von 2012-2016 mit V.a. iNPH vorstelligen Patienten, hier: Korrelation zwischen der Shuntindikation der einzelnen Rater anhand anonymisierter Daten und der tatsächlich gestellten Shuntindikation.
Berechnet mit Chi-Quadrat-Test nach Pearson, sowie bei bestehender Kontingenz entsprechender Wert von Phi als Effektstärkemaß
grau hinterlegt: Rater, bei denen ein positiver Zusammenhang besteht
fett gedruckt: Effektstärke Phi als Maß des Zusammenhangs

Statistische Maße	Arzt 1	Arzt 2	Arzt 3	Arzt 4	Arzt 5	Arzt 6	Arzt 7	Arzt 8	Arzt 9
Chi-Quadrat nach Pearson	4,652	3,810	10,589	10,852	5,352	10,005	10,046	13,784	3,557
Phi	**0,296**	-	**0,447**	**0,452**	**0,318**	**0,434**	**0,435**	**0,510**	-

Dieser zeigt unterschiedlich starke Korrelationen: Bei Arzt 1 fällt sie schwach aus, bei Arzt 8 stark und bei den übrigen fünf mittel.
Die Subgruppenanalyse nach Fach- und Assistenzärzten fällt zugunsten der Assistenten aus: Während die beiden Rater ohne Korrelation jeweils aus einer Subgruppe stammen, gehört der schwache Koeffizient zu einem Facharzt und der starke zu einem Assistenzarzt. Die gemittelten Werte der Kontingenzkoeffizienten liegen mit 0,398 für die Fach- und 0,424 für die Assistenzärzte aber für beide Gruppen im mittleren Bereich.

3.3.3. Vergleich der anonymisierten Bewertung mit der tatsächlichen Shuntindikation

Beim Vergleich der durchschnittlichen anonymisierten Bewertung der einzelnen Parameter durch die Rater mit der tatsächlich in der Klinik gestellten Shuntindikation zeigen sich folgende Ergebnisse (s. Anhang vi) a. Kontingenztafeln zum Vergleich der

anonymisierten Bewertung mit der tatsächlichen Therapieentscheidung: Bewertung durch alle Rater):

Es zeigt sich, dass die stärkste Korrelation zwischen der Bewertung des BIFTs und der tatsächlichen Shuntindikation besteht. Dahinter folgen die Klinik und zuletzt die ICP-Messung. Kein signifikanter Zusammenhang konnte zur Bildgebung hergestellt werden.

Tabelle 18:

Durch Neurochirurgen am Bundeswehrkrankenhaus Ulm getroffene Bewertung der 2020-2021 wiederholt vorgelegten anonymisierten Befunde von 2012-2016 mit Verdacht auf idiopathischen Normaldruckhydrocephalus vorstelligen Patienten, hier: Korrelation zwischen der Bewertung einzelner Parameter anhand anonymisierter Daten und der tatsächlich gestellten Shuntindikation

Berechnet mit Exaktem Test nach Fisher, sowie bei bestehender Kontingenz entsprechender Wert von Cramer's V als Effektstärkemaß

grau hinterlegt: Rater, bei denen ein positiver Zusammenhang besteht

fett gedruckt: Effektstärke V als Maß des Zusammenhangs

Statistische Maße	**Parameter**			
	Klinik	Bildgebung	ICP	BIFT
Exakter Test nach Fisher	17,209	4,547	8,238	24,476
Exakte Signifikanz (2-seitig)	0,001	0,176	0,048	0,000
Cramer-V	**0,566**	-	**0,406**	**0,680**

Dies spiegelt sich auch beim Vergleich der Mittelwerte der Bewertung der einzelnen Parameter durch alle Rater wider. Die graphische Darstellung der durchschnittlichen Werte, aufgeteilt nach der tatsächlichen Shuntindikation zeigt dies anschaulich (s. Abbildung 22). Während sich der Mittelwert für die Einschätzung der Bildgebung kaum unterscheidet, wenn eine Shuntanlage indiziert wird oder nicht, ist der Unterschied beim BIFT hingegen deutlich und auch bei Klinik und ICP-Messung noch merklich.

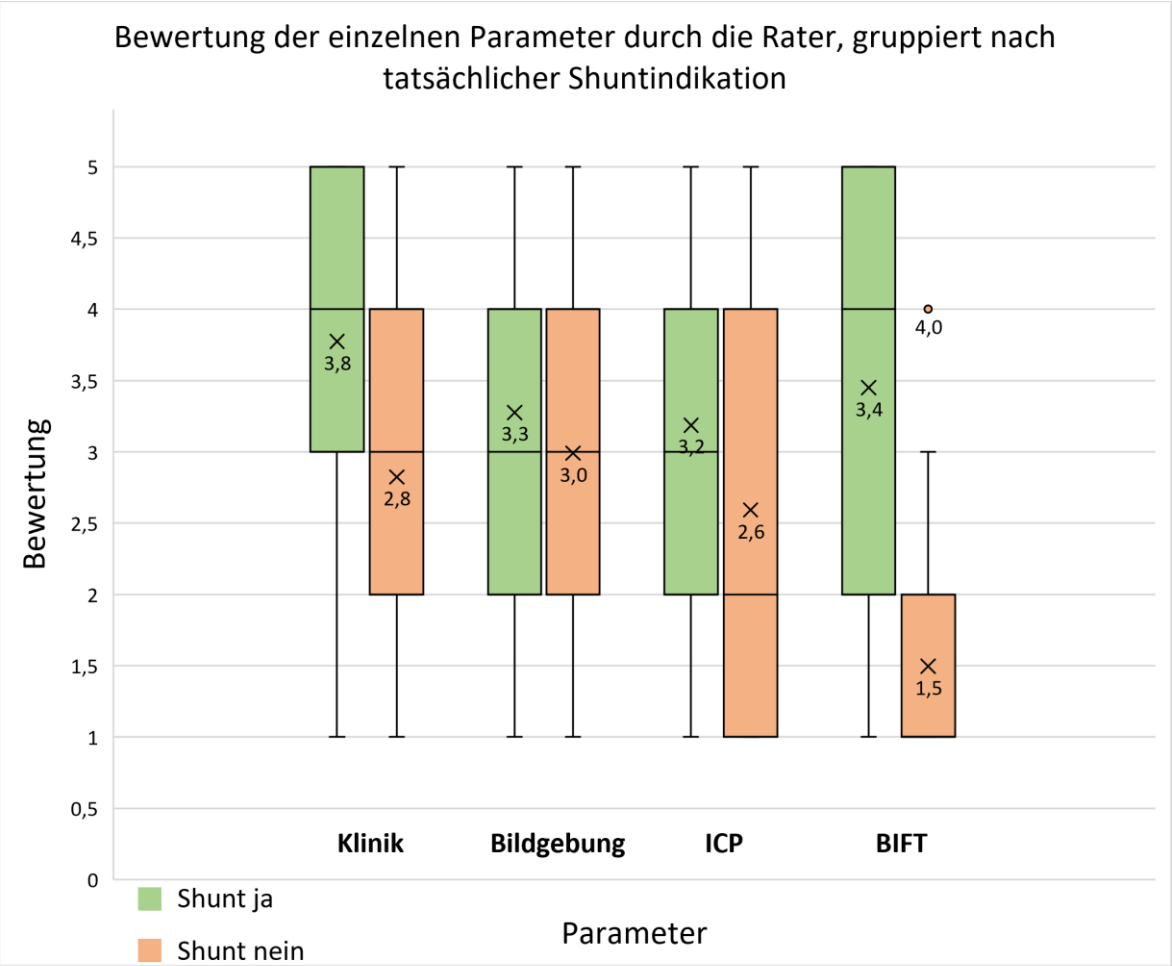


Abbildung 22: Durch Neurochirurgen am Bundeswehrkrankenhaus Ulm anhand anonymisiert vorgelegter Befunde von Patienten mit Verdacht auf idiopathischen Normaldruckhydrocephalus getroffene Bewertung (Vorstellung 2012-2016, anonymisierte Bewertung 2020-2021), hier: Gruppiertes Boxplotdiagramm zur Darstellung der Mittelwerte der anonymisierten Bewertung der einzelnen Parameter, gruppiert nach der tatsächlich gestellten Shuntindikation

Bewertung von 1 = unauffällig bis 5 = pathologisch

Shunt ja = tatsächlich Shuntindikation gestellt

Shunt nein = tatsächlich keine Shuntindikation gestellt

x = jeweiliger Durchschnitt der Bewertung des Parameters durch die Rater

ICP: intrakranieller Druck; BIFT: Bolus-Infusions-Test

Vergleicht man die durchschnittliche anonymisierte Bewertung der einzelnen Parameter mit der tatsächlich in der Klinik gestellten Shuntindikation nach den beiden Subgruppen getrennt, ergibt sich folgendes (vi) b. Kontingenztafeln zum Vergleich der anonymisierten Bewertung mit der tatsächlichen Therapieentscheidung: Bewertung nach Subgruppen geteilt):

Die durchschnittliche Bewertung der Parameter durch die Subgruppe der Fachärzte weist für die Klinik und die Bildgebung eine mittelstarke, sowie für den BIFT eine starke, jedoch für die ICP-Messung keine Korrelation zur erfolgten Shuntindikation auf (s. Tabelle 19).

Tabelle 19: Durch Neurochirurgen am Bundeswehrkrankenhaus Ulm getroffene Bewertung der 2020-2021 wiederholt vorgelegten anonymisierten Befunde von 2012-2016 mit Verdacht auf idiopathischen Normaldruckhydrocephalus vorstelligen Patienten, hier: Subgruppe der Fachärzte: Korrelation zwischen der durchschnittlichen Bewertung einzelner Parameter anhand anonymisierter Daten durch die Fachärzte und der tatsächlich gestellten Shuntindikation
Berechnet mit Exaktem Test nach Fisher, sowie bei bestehender Kontingenz entsprechender Wert von Cramer's V als Effektstärkemaß
grau hinterlegt: Rater, bei denen ein positiver Zusammenhang besteht
fett gedruckt: Effektstärke V als Maß des Zusammenhangs
ICP: intrakranieller Druck; BIFT: Bolus-Infusions-Test

Statistische Maße	**Parameter (Fachärzte)**			
	Klinik	Bildgebung	ICP	BIFT
Exakter Test nach Fisher	11,129	9,432	7,355	20,079
Exakte Signifikanz (2-seitig)	0,012	0,030	0,098	0,000
Cramer-V	**0,476**	**0,425**	-	**0,771**

In der Subgruppe der Assistenten korreliert die durchschnittliche Bewertung von Klinik und ICP-Messung mittel, die des BIFT stark, aber der Bildgebung nicht (s. Tabelle 20).

Tabelle 20: Durch Neurochirurgen am Bundeswehrkrankenhaus Ulm getroffene Bewertung der 2020-2021 wiederholt vorgelegten anonymisierten Befunde von 2012-2016 mit Verdacht auf idiopathischen Normaldruckhydrocephalus vorstelligen Patienten, hier: Subgruppe der Assistenzärzte:
Korrelation zwischen der durchschnittlichen Bewertung einzelner Parameter anhand anonymisierter Daten durch die Assistenzärzte und der tatsächlich gestellten Shuntindikation
Berechnet mit Exaktem Test nach Fisher, sowie bei bestehender Kontingenz entsprechender Wert von Cramer's V als Effektstärkemaß
grau hinterlegt: Rater, bei denen ein positiver Zusammenhang besteht
fett gedruckt: Effektstärke V als Maß des Zusammenhangs
ICP: intrakranieller Druck; BIFT: Bolus-Infusions-Test

Statistische Maße	**Parameter (Assistenzärzte)**			
	Klinik	Bildgebung	ICP	BIFT
Exakter Test nach Fisher	10,971	2,550	9,549	22,350
Exakte Signifikanz (2-seitig)	0,019	0,487	0,027	0,000
Cramer-V	**0,465**	-	**0,443**	**0,833**

Zusammenfassend weisen die durchschnittlichen Bewertungen durch die Assistenzärzte bei denselben Parametern Korrelationen zur gestellten Shuntindikation auf wie die Mittelwerte der Gesamtheit der Rater, jedoch mit zum Teil unterschiedlich starker Ausprägung. Das gleiche gilt für die Fachärzte bei Klinik und BIFT. Hauptunterschied in der Subgruppenanalyse ist, dass die Bewertung der Bildgebung durch Fachärzte mittelstark mit der tatsächlichen Therapieentscheidung korreliert, ihre der ICP-Messung hingegen nicht. Damit unterscheiden sie sich in beiden Punkten sowohl von der gesamten Gruppe als auch der anderen Subgruppe.

3.3.4. Einfluss einzelner Parameter auf die anonymisierte Shuntindikation

Bei der Überprüfung des Zusammenhangs zwischen den anonymisiert bewerteten Parametern und der anhand diesen anonymisiert vorliegenden Daten gestellten Shuntindikation mittels Chi-Quadrat-Test, ergibt sich für alle Parameter ein Wert über dem kritischen Wert von 9,49 und damit ein signifikanter Zusammenhang (s. Anhang vi) a.

Kontingenztafeln zum Vergleich der anonymisierten Bewertung mit der tatsächlichen Therapieentscheidung: Bewertung durch alle Rater).

Es zeigt sich die höchste Korrelation zwischen der intrakraniellen Druckmessung und der Indikation zur Shuntanlage. Ein starker Zusammenhang besteht auch zum BIFT, ein mittlerer zur Bildgebung. Die Klinik weist von allen Parametern den schwächsten Effekt auf. Der subjektiv als ausschlaggebend empfundene Hauptparameter korreliert nur schwach mit der Shuntindikation.

Tabelle 21: Durch Neurochirurgen am Bundeswehrkrankenhaus Ulm getroffene Bewertung der 2020-2021 wiederholt vorgelegten anonymisierten Befunde von 2012-2016 mit Verdacht auf idiopathischen Normaldruckhydrocephalus vorstelligen Patienten, hier: Effektstärkemaße zur Bewertung des Zusammenhangs zwischen den einzelnen Parametern und der anhand von anonymisiert vorliegenden Daten gestellten Indikation zur Shuntanlage

Berechnet mit Chi-Quadrat-Test nach Pearson, sowie bei bestehender Kontingenz entsprechender Wert von Cramer's V als Effektstärkemaß

grau hinterlegt: Parameter, bei denen ein positiver Zusammenhang besteht

fett gedruckt: Effektstärke V als Maß des Zusammenhangs

ICP: intrakranieller Druck; BIFT: Bolus-Infusions-Test

Statistische Maße	**Parameter**				
	Klinik	Bildgebung	ICP	BIFT	Haupt-parameter
Chi-Quadrat nach Pearson	54,435	102,914	244,447	79,917	23,292
Cramer-V	**0,338**	**0,465**	**0,718**	**0,521**	**0,222**

Dies zeigt sich auch bei der Darstellung der durchschnittlichen Bewertung der einzelnen Parameter durch alle Rater, wie ein nach der anonymisierten Shuntindikation gruppiertes Boxplotdiagramm zeigt (s. Abbildung 23). Bei der Bewertung der ICP-Messung und des BIFT liegen die Mittelwerte weit auseinander und auch bei Bildgebung und Klinik ist der Unterschied klar erkennbar.

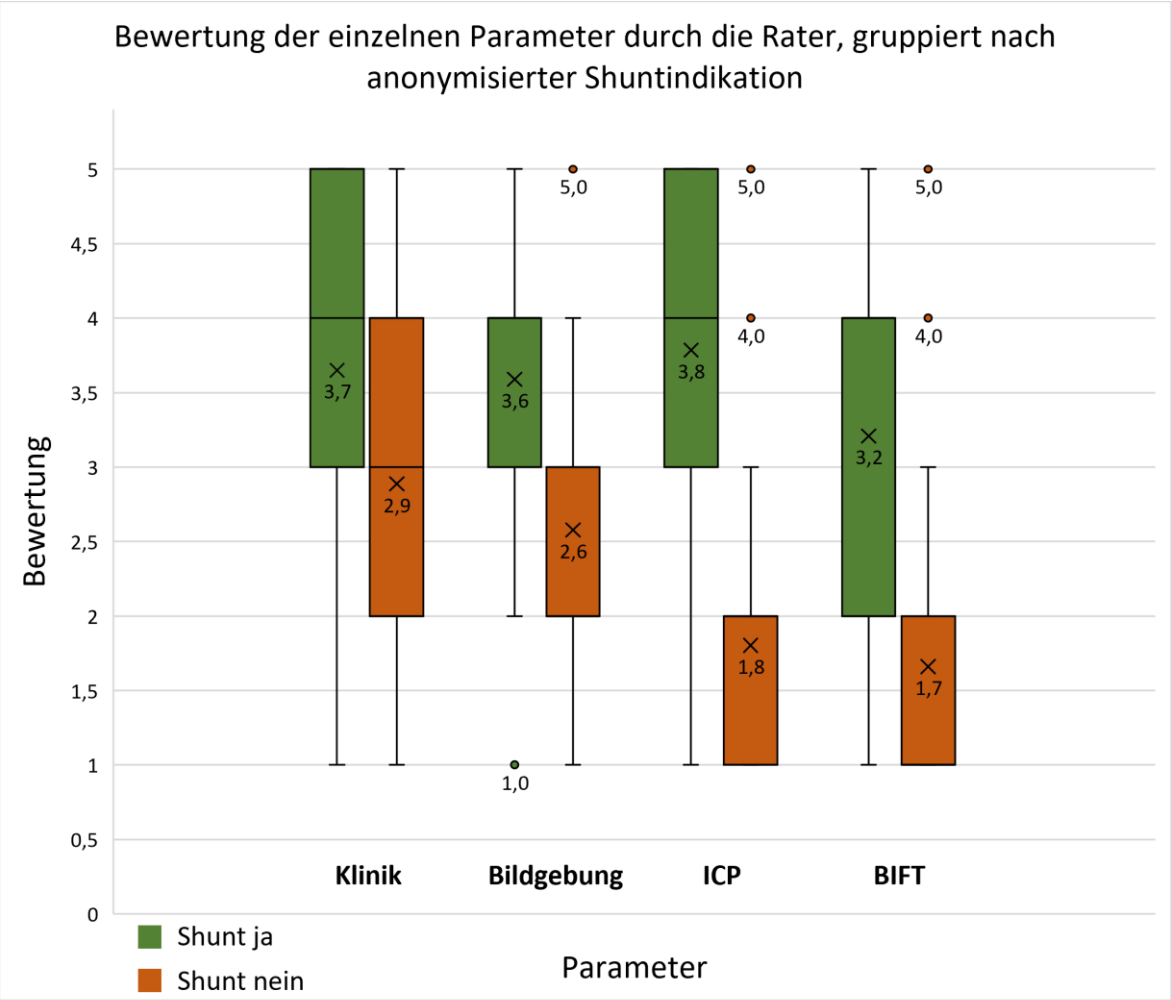


Abbildung 23: Durch Neurochirurgen am Bundeswehrkrankenhaus Ulm anhand anonymisiert vorgelegter Befunde von Patienten mit Verdacht auf idiopathischen Normaldruckhydrocephalus getroffene Bewertung (Vorstellung 2012-2016, anonymisierte Bewertung 2020-2021), hier: Gruppiertes Boxplotdiagramm zur Darstellung der Mittelwerte der anonymisierten Bewertung der einzelnen Parameter, gruppiert nach der anhand anonymisierter Daten gestellten Shuntindikation

Bewertung von 1 = unauffällig bis 5 = pathologisch

Shunt ja = Shuntindikation anhand anonymisierter Daten durch Rater gestellt

Shunt nein = keine Shuntindikation anhand anonymisierter Daten durch Rater gestellt

x = jeweiliger Durchschnitt der Bewertung des Parameters durch die Rater

ICP: intrakranieller Druck; BIFT: Bolus-Infusions-Test

In der Subgruppenanalyse zeigen sich ebenso Korrelationen zwischen der tatsächlichen Shuntindikation und allen einzelnen Parametern (s. Anhang vii) a. Kontingenztafeln zum Einfluss einzelner Parameter auf die anonymisierte Shuntindikation: Bewertung nach Subgruppen geteilt). Zwischen den Gruppen zeigen sich dennoch leichte Unterschiede. Dabei fällt der Vergleich folgendermaßen aus:

Bei den Fachärzten korreliert die Bewertung der Klinik mittelstark mit der eigenen Shuntindikation. Bildgebung, ICP und BIFT stehen sogar in starken Zusammenhang damit (s. Tabelle 22). Somit fällt dieser hier für die Parameter Klinik, ICP und BIFT ähnlich stark aus wie beim Urteil aller Rater.

Tabelle 22: Durch Neurochirurgen am Bundeswehrkrankenhaus Ulm getroffene Bewertung der 2020-2021 wiederholt vorgelegten anonymisierten Befunde von 2012-2016 mit Verdacht auf idiopathischen Normaldruckhydrocephalus vorstelligen Patienten, hier: Subgruppe der Fachärzte: Effektstärkemaße zur Bewertung des Zusammenhangs zwischen den einzelnen Parametern und der anhand von anonymisiert vorliegenden Daten gestellten Indikation zur Shuntanlage
Berechnet mit Chi-Quadrat-Test nach Pearson, sowie bei bestehender Kontingenz entsprechender Wert von Cramer's V als Effektstärkemaß
grau hinterlegt: Parameter, bei denen ein positiver Zusammenhang besteht
fett gedruckt: Effektstärke V als Maß des Zusammenhangs
ICP: intrakranieller Druck; BIFT: Bolus-Infusions-Test

Statistische Maße	**Parameter (Fachärzte)**			
	Klinik	Bildgebung	ICP	BIFT
Chi-Quadrat nach Pearson	31,281	82,427	112,075	48,013
Cramer-V	**0,385**	**0,625**	**0,731**	**0,605**

Bei den Assistenten steht dagegen nur die ICP-Messung in starkem Zusammenhang, während alle anderen eine mittlere Korrelation aufweisen (s. Tabelle 23). Damit korrelieren die Bewertungen von Klinik und Bildgebung hier in einer vergleichbaren Größenordnung wie in der Betrachtung aller Rater, jene von ICP und BIFT hingegen schwächer.

Tabelle 23: Durch Neurochirurgen am Bundeswehrkrankenhaus Ulm getroffene Bewertung der 2020-2021 wiederholt vorgelegten anonymisierten Befunde von 2012-2016 mit Verdacht auf idiopathischen Normaldruckhydrocephalus vorstelligen Patienten, hier: Subgruppe der Assistenzärzte:
Effektstärkemaße zur Bewertung des Zusammenhangs zwischen den einzelnen Parametern und der anhand von anonymisiert vorliegenden Daten gestellten Indikation zur Shuntanlage Berechnet mit Chi-Quadrat-Test nach Pearson, sowie bei bestehender Kontingenz entsprechender Wert von Cramer's V als Effektstärkemaß
grau hinterlegt: Parameter, bei denen ein positiver Zusammenhang besteht
fett gedruckt: Effektstärke V als Maß des Zusammenhangs
ICP: intrakranieller Druck; BIFT: Bolus-Infusions-Test

Statistische Maße	**Parameter (Assistenzärzte)**			
	Klinik	Bildgebung	ICP	BIFT
Chi-Quadrat nach Pearson	29,069	37,899	136,301	45,205
Cramer-V	**0,331**	**0,378**	**0,719**	**0,484**

Somit steht die Shuntindikation, welche die Rater anhand der anonymisierten Daten stellen, bei den Fachärzten insgesamt in stärkerem Zusammenhang mit der eigenen Einschätzung der Diagnostik als bei den Assistenzärzten.

3.3.5. Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Auswertung der erhobenen Daten ergibt, dass die Bewertung von anonymisierten Befunden von Patienten mit iNPH inklusive der daraus abgeleiteten Therapieentscheidung ein statistisch beliebiges Ereignis ist.

In der wiederholten Bewertung derselben Daten durch denselben Untersucher in zeitlichem Abstand kann keine signifikante Korrelation festgestellt werden. Daher kann aus den erhobenen Daten keine Reliabilität abgeleitet werden. Sowohl die Shuntindikation als auch die Bewertung der einzelnen Methoden erfolgt ohne signifikanten Zusammenhang zwischen den beiden Durchgängen. Es besteht daher nicht nur in Bezug auf die einzelnen Parameter, sondern auch in der geschlussfolgerten Therapieentscheidung keine Intrarater-Konkordanz bzw. Re-Test-Reliabilität. Da aus der Konkordanzanalyse hervorgeht, dass sowohl für die Gesamtheit der Rater als auch die

einzelnen Subgruppen keine verlässliche Reproduzierbarkeit besteht, sind die übrigen Berechnungen zum Vergleich der anonymisierten Bewertung mit der tatsächlichen Shuntindikation, sowie zum Einfluss einzelner Parameter auf die anonymisierte Shuntindikation als statistisch nicht belastbar anzusehen. Somit ist die weitere Analyse der Daten unter diesem Vorbehalt zu betrachten. Dies gilt insbesondere auch für die Untersuchung der Subgruppen aus Fach- bzw. Assistenzärzten, welche aus diesem Grunde lediglich als Unterpunkt in den einzelnen Auswertungen Einzug hält.

3.4. Ökonomische Analyse

In der ökonomischen Analyse mithilfe hauseigener Controlling-Daten zeigt sich ein erheblicher finanzieller Unterschied zwischen konservativer und invasiver Abklärung bei Verdacht auf einen Normaldruckhydrocephalus. Durch die Einordnung in eine höher vergütete DRG im Falle einer ICP-Messung ergibt sich für das Krankenhaus eine Mehrvergütung von 3.134,94 € als bei konservativer Abklärung. Dieser monetäre Vorteil besteht jedoch nur, wenn dadurch der Verdacht auf einen iNPH nicht erhärtet wird, da bei einer Shuntanlage der Fall der Diagnostik in dem der Therapie aufgeht. Somit kommt es dann zu keiner zusätzlichen Vergütung der invasiven Diagnostik über die Fallpauschale der Shuntoperation hinaus. Durch die Durchführung einer Hirndruckmessung vor Shuntanlage entstehen jedoch zusätzliche kalkulierte Kosten in Höhe von 2.127,07 €. Demzufolge ist der Erlös einer Shuntanlage am größten, wenn die Indikation aus einer konservativen Abklärung resultiert.

Der Schwerpunkt der gegenständlichen Untersuchung liegt bei den unmittelbaren ökonomischen Aspekten der invasiven Maßnahmen. Die radiologische Diagnostik ist zwar ebenfalls kostenintensiv, jedoch bei konservativem und invasivem Vorgehen gleichermaßen notwendig. Ferner werden indirekte Kosten zur Messung und Diagnostik nicht betrachtet, da sie ebenfalls in beiden Fällen entstehen. Dazu gehören die perioperative und zur Überwachung der Hirndruckmessung vermehrte Personalbindung ebenso wie jene, die für aufwendige neurologische Testbatterien vonnöten ist. Gänzlich gesondert sind Pflegekosten zu betrachten, da diese im aG-DRG-System eigens mittels separat errechnetem Pflegeerlös vergütet werden.

4. Diskussion

4.1. Patientenkollektiv im Vergleich

Bei der Durchschau der Literatur der letzten Jahre zu ähnlichen Fragestellungen zeigen sich vergleichbare Größenordnungen der eingeschlossenen Patientengruppen. Eine Nachbeobachtungsstudie aus dem Jahr 2014 umfasst 33 Probanden [58], eine andere 115 [69], während eine Untersuchung mit spezielleren Einschlusskriterien nur 14 Patienten einschließt [122]. Der Vergleich mit Übersichtsarbeiten zeigt, dass diese Zahlen repräsentativ für die Größe der untersuchten Patientenkollektive sind und somit unser Studienumfang als angemessen groß für eine ausreichende Aussagekraft erscheint [91] [99].

4.2. Interpretation der Ergebnisse

Das zentrale Ergebnis dieser Arbeit ist, dass die Bewertung von anonymisierten Patienten-Befunden durch Rater des BWK Ulm inklusive der daraus abgeleiteten Therapieentscheidung beim iNPH ein statistisch beliebiges Ereignis ist. Dies ist die einzige statistisch robuste Aussage nach Auswertung der erhobenen Daten. Aus der fehlenden Intrarater-Konkordanz ergibt sich, dass die weiteren durchgeführten Analysen nicht statistisch reliabel sind. Somit können aus dem Vergleich der anonymisierten Bewertung mit der tatsächlichen Shuntindikation keine statistisch belastbaren Aussagen abgeleitet, sowie der Einfluss einzelner Parameter auf die anonymisierte Shuntindikation nicht signifikant berechnet werden.

Betrachtet man die Rahmenbedingungen näher, lassen sich dennoch zusätzliche Erkenntnisse aus den Untersuchungen gewinnen. Es muss beachtet werden, dass im ersten Durchgang alle 53 Datensätze bewertet wurden, während zur Konkordanzanalyse nur 10 Datensätze zur Überprüfung der Re-Test-Reliabilität herangezogen wurden. Bei der Bearbeitung einer größeren Patientenzahl zeigen sich im Vergleich zu einer kleineren Anzahl statistische Tendenzen, s. hierzu auch Abschnitt 4.2.7 zur Aussagekraft größerer Datensätze. Unter dem genannten Vorbehalt der fehlenden Intrarater-Reliabilität lassen sich somit zwar keine statistischen Berechnungen anstellen, jedoch weiterführende Überlegungen ableiten.

4.2.1. Intrarater-Konkordanz

Es muss angenommen werden, dass die Bewertung der einzelnen Methoden insgesamt statistisch zufällig erfolgt. Dies gilt in der Gesamtheit für alle Rater, unabhängig vom jeweiligen Ausbildungsstand. Eine Ausnahme bildet lediglich die Bewertung der Klinik bei einzelnen Ärzten, welche jedoch in der Realität einen sehr variablen und am wenigsten standardisierbaren Parameter darstellt, anhand dessen insbesondere bei einer unvollständigen Hakim-Trias die Diagnose iNPH nicht festgemacht werden kann [104].

4.2.2. Vergleich anonymisierte Shuntindikation mit tatsächlicher Therapieentscheidung

Bei sieben von neun Ratern korrelieren die Indikationen zur Shuntanlage, welche sie anhand anonymisierter Daten treffen mit denen, welche de facto getroffen wurden. Dass dieser Zusammenhang jedoch nur bei einem stark, bei fünf mittel und einem schwach ausfällt, schlägt sich in der Gesamtheit mit einer Diskrepanz von fast einem Drittel zur tatsächlichen Therapie nieder. Das heißt, dass die Ärzte insgesamt zwar anhand verblindeter Daten tendenziell ähnlich entscheiden, aber doch in 32% der Fälle zu einer anderen Entscheidung kommen. Dies bedeutet im schlimmsten Fall für beinahe jeden dritten Patienten entweder eine unterlassene oder eine unnötige Therapie. Da jedoch das Outcome in dieser Arbeit nicht thematisiert wird, kann kein wahr oder falsch für die jeweilige Entscheidung definiert werden. Dies sollte in weiteren Untersuchungen unter Berücksichtigung der Shuntansprechens erforscht werden.

4.2.3. Vergleich der anonymisierten Bewertung mit der tatsächlichen Shuntindikation

Es zeigt sich eine starke Korrelation zwischen der tatsächlichen Shuntindikation und der Bewertung des BIFTs sowie der Klinik; noch mittelstark korreliert die ICP-Messung. Nur die Bildgebung korreliert nicht mit der in Realo gestellten Shuntindikation. Das mag verwundern, da sie den Ratern in kompletten Umfang und somit unverändert zum klinischen Setting zur Verfügung gestellt wird. Somit sollte die Bewertung der Bildgebung bei vergleichbarem Wissens- und Erfahrungsstand in der Realität wie in dieser Studie zur selben Einschätzung führen. Dies lässt vermuten, dass sie in der klinischen Entscheidungsfindung eher vernachlässigt wurde. Nachvollziehbar ist dies für die Liquorfluss-MRT, da sich diese in vergangenen Arbeiten als unzuverlässig erwiesen hat und somit zurecht keine Rolle in der Diagnosefindung spielen sollte. Anders verhält es sich jedoch mit der konventionellen MRT. Diese liefert mit dem DESH einen etablierten

Marker, den es unbedingt zu berücksichtigen gilt. Da in unserer Studie den Ratern die komplette Bildgebung zur Verfügung gestellt wurde, muss angenommen werden, dass zumindest der DESH nicht konsequent bestimmt bzw. berücksichtigt wurde. Mit der anonymisierten Shuntindikation, also der eigenen Entscheidung der Rater, korreliert die Bewertung der Bildgebung hingegen durchaus, wie in der entsprechenden Analyse in Abschnitt 3.3.4 dargelegt. Eine Theorie zur Ursache dieser Diskrepanz könnte in der Überlagerung durch andere Parameter wie BIFT und Klinik, mit denen eine starke Korrelation besteht, liegen. Dass der BIFT die stärkste Rolle spielt, lässt sich an der besonderen Expertise auf diesem Gebiet festmachen. Es ist eine invasive Diagnostik, die andernorts verhältnismäßig selten, jedoch im Bwkrhs Ulm regelhaft durchgeführt wird und somit eine zentrale Bedeutung besitzt. Zudem erfolgt die Testung durch die Ärzte selbst und die Auswertung unmittelbar bei der Durchführung, was den Bezug zu dem Verfahren zusätzlich prägen und seine Wertigkeit subjektiv in den Vordergrund stellen kann. Dies erklärt auch den nur schwachen Zusammenhang mit der ICP-Messung, für die die erforderliche Expertise und Invasivität zwar gleichsam zu beschreiben sind. Jedoch erfolgt die Auswertung der Daten am Computer mit zeitlicher und räumlicher Distanz zum invasiven Eingriff ähnlich wie die fernab des Patienten befundete radiologische Diagnostik. Der starke Einfluss der Klinik lässt sich ebenfalls durch seine Anschaulichkeit erklären. In der klinischen Realität ist möglicherweise der direkte Eindruck des Patienten mit seiner Symptomatik prägender als nüchterne MRT-Bilder, sodass diese Wahrnehmung die Therapieentscheidung maßgeblich beeinflussen und zu einem anderen Ergebnis als anhand anonymer Datensätze führen kann.

Ein weiterer Punkt ist, dass in diesem Teil die durchschnittliche Bewertung aller Ärzte mit der tatsächlich erfolgten Therapie verglichen wird und nicht die Einschätzung einzelner. In Wirklichkeit wird die Entscheidung jedoch von einer wesentlich kleineren Gruppe an Ärzten getroffen. Diagnostik und Therapie werden etwa von dem Stationsarzt, der den Patienten betreut und dem diensthabenden Stationsoberarzt geprägt, sicherlich aber nicht in einer Abstimmung aus 9 verschiedenen Ärzte entschieden.

4.2.4. Einfluss einzelner Parameter auf die anonymisierte Shuntindikation

Bei dieser Auswertung zeigt sich eine Korrelation aller Parameter mit der anhand dieser Daten getroffenen Entscheidung für oder gegen eine Shuntanlage: Die eigene Bewertung

aller unterschiedlicher Parameter korreliert mit der gestellten Shuntindikation. Dies spricht gegen eine willkürliche Entscheidung pro oder contra Shuntversorgung. Die Rater berücksichtigen also die eigene Einschätzung in ihrer Therapieentscheidung. Auffällig ist dabei jedoch, dass der subjektiv als ausschlaggebend bewertete Hauptparameter nur schwach mit der Shuntindikation korreliert. Er scheint in der tatsächlichen Entscheidungsfindung eine geringere Rolle zu spielen als durch den Rater selbst eingeschätzt. Dies ist ein Indiz dafür, dass die Ärzte ihre Entscheidung eben nicht an einem einzelnen Parameter festmachen, sondern die vorliegenden Daten gegeneinander abwägen. Nicht ausgeschlossen werden kann ferner eine rückwärtige Beeinflussung der Bewertung: es ist denkbar, dass ein Rater zuerst eine intuitiv geleitete Entscheidung für oder gegen den Shunt trifft und im Nachhinein seine Bewertung entsprechend anpasst, wobei sich möglicherweise einzelne Methoden gegenseitig beeinflussen und aneinander angepasst werden. Dagegen spricht wiederum der schwache Einfluss des Hauptparameters, da zu erwarten wäre, dass im Falle einer, wenn auch unbewussten Korrektur, sich diese an dem Parameter orientiert, der für den Arzt subjektiv am wichtigsten ist. Um den Effekt der Rückwärtsverzerrung auszuschließen, könnte in einem anderen Studiendesign die Bewertung der Befunde gänzlich verblindet ohne Zusammenhang zu anderen Informationen erfolgen und mit der erst im zweiten Schritt anhand eines kompletten Steckbriefs gestellten Indikationsstellung überprüft werden.

4.2.5. Diagnostik ohne signifikanten Einfluss auf Shuntindikation

Anhand der erhobenen Daten kann keine signifikante Intrarater-Konkordanz nachgewiesen werden. Dies bedeutet, dass die getroffene Entscheidung zur Shuntindikation anhand anonymisierter Daten nicht reproduzierbar ist. Für die vorliegenden Daten resultiert daraus, dass sich die erhobenen statistischen Auswertungen der Fragebögen nicht verwerten lassen. Es kann also keine Korrelation zwischen der Bewertung einzelner Untersuchungen hergestellt oder ein Einfluss auf die Therapieentscheidung nachgewiesen werden. Daraus lässt sich ableiten, dass es keine belastbaren Kriterien gibt, wonach die Indikation zu Shuntimplantation gestellt wird. Es erfolgt also keine Anwendung objektivierbarer Standards.

Dennoch liegt es fern, den Neurochirurgen Beliebigkeit in ihrer Therapieentscheidung zu unterstellen. Denn in der klinischen Realität geht jeder Shuntimplantation ein

aufwändiger Diagnoseprozess mit sorgfältiger Abwägung voraus. Es stellt sich also die Frage nach Einflussgrößen bzw. Distraktoren in der Indikationsstellung.

Wenn die Entscheidung nicht in Zusammenhang mit objektivierbaren Parametern gebracht werden kann, wonach richtet sie sich dann in der Praxis?

Naheliegend sind patientenindividuelle Aspekte, die in der Erhebung nicht erfasst worden sind. Sicherlich spielen im Rahmen einer gemeinsamen Entscheidung mit dem Patienten dessen Wünsche und Bedürfnisse eine große Rolle, die kaum in einem anonymisierten Fragebogen abzubilden sind.

Ebenso sind die Behandler nicht zuletzt auch Menschen, deren Entscheidungen inter- und intrapersonellen Schwankungen unterliegen. Dabei fließen sowohl langjährige klinische Erfahrungswerte als auch die aktuelle Situation mit ein. Stellt man beispielsweise einen Arzt, der zuletzt gehäuft in seiner Sprechstunde zufriedene Patienten mit einer subjektiven Verbesserung nach Shuntanlage betreut hat, demjenigen gegenüber, der gerade aus dem OP kommt nach einer aufwendigen Revision eines dysfunktionalen Shunts mit komplikativem Verlauf, so wird letzterer möglicherweise zurückhaltender in der Indikationsstellung sein.

Ferner besteht auch die Frage nach einer ökonomischen Motivation hinter der Entscheidung. Bestehen etwa finanzielle Vor- oder Nachteile bei der Durchführung bestimmter Diagnostik oder Therapie?

Nicht zuletzt müssen systematische Fehler untersucht werden. Gibt es beispielsweise strukturelle Defizite bei der Umsetzung der Diagnostik oder ihrer Auswertung? Bestehen methodische Mängel oder werden wissenschaftliche Empfehlungen mangelhaft umgesetzt?

Im weiteren Diskussionsteil werden multiple (mögliche) Einflussfaktoren aufgearbeitet bzw. diskutiert.

4.2.6. Fach- vs. Assistenzarzt

In der Gruppe der Rater sind vier Fachärzte der Neurochirurgie und fünf Assistenzärzte in der Weiterbildung zum Neurochirurgen eingeschlossen. Sie haben allesamt Erfahrung mit Normaldruckhydrozephalus-Patienten, jedoch unterschiedlich ausgeprägte Routine mit der Interpretation der Diagnostik. Daher ist es von Interesse, ob sich deren unterschiedliche Ausbildungsstände auf die Ergebnisse auswirken.

Als erster Punkt muss dabei auch hier Intrarater-Konkordanz untersucht werden. Da diese für die Gesamtheit der Rater negativ ausfällt (vgl. Abschnitt 3.3.1.) und somit die weiteren Analysen nicht statistisch reliabel sind (vgl. Abschnitt 3.3.5.), soll überprüft werden, ob sich dies für eine Subgruppe ggf. anders darstellt. Es zeigt sich jedoch weder für die Fach- noch die Assistenzärzte eine signifikante Korrelation, sodass weitere Subgruppenanalysen ebenfalls diesem Vorbehalt unterliegen und nicht mathematisch belastbar sind. Trotzdem werden in Anbetracht der größeren Datenmengen im ersten Durchgang dazu Überlegungen angestellt, welche im Folgenden angeführt werden, aber vor dem geschilderten Hintergrund der eingeschränkten Aussagekraft zu betrachten sind (vgl. 4.2).
Beim Vergleich der Therapieentscheidungen, welche anhand der anonymisierten Daten getroffen werden, mit den tatsächlich gestellten Indikationen zu Shuntanlage zeigt sich bei nur minimalem Vorsprung der Assistenten kein relevanter Unterschied zwischen den Subgruppen. Dahingegen fällt dies für die einzelnen Parameter anders aus:
Bemerkenswert an diesen Beobachtungen ist vor allem der starke Zusammenhang zwischen den Bewertungen der Diagnostik durch die Fachärzte und deren eigener Indikationsstellung. Dies lässt darauf schließen, dass sich die jahrelange Erfahrung in der Bewertung der Diagnostik auszahlt. Sie scheinen alle Parameter miteinander zu integrieren und daraus eine starke Therapieentscheidung abzuleiten, bei der die Klinik berücksichtigt wird, aber eine den Untersuchungen untergeordnete Rolle spielt. Führend ist dabei die Bildgebung, welche durch die weniger erfahrenen Ärzten noch schwer einzuschätzen scheint.
Umso erstaunlicher ist es, dass die Bewertung der ICP-Messung durch die Fachärzte nicht mit der tatsächlichen Therapieentscheidung kongruent ist, durch die Assistenzärzte jedoch mittelstark korreliert. Findet sie in der klinischen Realität möglicherweise nicht genügend Beachtung? Ein Grund für die Verzerrung könnte etwa in der chirurgischen Praxis liegen, dass Patienten vor Operationen den Oberärzten durch Assistenten vorgestellt werden. Die Präsentation des Falls und der gesammelten Befunde durch den Assistenzarzt wird möglicherweise durch dessen Einschätzung beeinflusst. Empfindet er das klinische Bild als sehr krankhaft, findet er im Sinne eines Bestätigungsfehlers leichter Anzeichen, die dies bekräftigen und fokussiert sich in der Vorstellung darauf [140]. Es sollte näher untersucht werden, ob in diesem Prozess möglicherweise eine vorselektionierte Auswahl an Kriterien die Entscheidung beeinflusst. Dafür spräche, dass

insbesondere die umfangreiche ICP-Messung eher mit der Einschätzung der Assistenzärzte korreliert, welche jene ggf. nur ausschnittsweise und möglicherweise aufgrund weniger Erfahrung nicht optimal selektioniert vorlegen. Dahingegen wird die Bildgebung, welche heutzutage in digitaler Form leicht zugänglich ist und durch das geschulte Auge schnell vollständig überblickt werden kann in der Regel gänzlich durch den Facharzt beurteilt. Regelmäßige Röntgendemonstrationen mit radiologischen Fachärzten tragen sowohl zur Qualität der Diagnostik als auch der Erweiterung des persönlichen Erfahrungsschatzes bei. Dass der BIFT hingegen insgesamt deutlich besser korreliert, ist auf den ersten Blick widersprüchlich. Eine Erklärung hierfür könnte in seiner Übersichtlichkeit liegen, da er auf nur einer DINA4 Seite dargestellt wird und so leicht in Gänze mit dem Facharzt diskutiert werden kann. Letztlich dreht es sich dabei mit dem R_{out}-Wert um eine einzige Zahl, die als pathologisch oder nicht eingestuft werden muss und somit um eine einzelne Entscheidung, die getroffen wird. Die komplexe ICP-Messung ist hingegen deutlich schwieriger zu bewerten. Zunächst fehlen einheitlich definierte Grenzwerte zur Diagnose eines iNPH [104]. Wenn ein grundsätzlich erhöhter Hirndruck als Zeichen für einen Normaldruckhydrozephalus gelten soll, ist gänzlich unklar, ab welcher Höhe [99]. Noch schwieriger ist die Erfassung von B-Wellen. Deren Konfiguration ist wesentlich schwerer zu definieren als eine harte Zahl. Werden charakteristische Muster überhaupt als solche erkannt bzw. wie genau sehen sie aus? Was der einer Untersucher als Rampenwelle erkennt, mag für den anderen (unerfahreneren) noch unauffällig aussehen. Und selbst wenn sie als solche erkannt werden, muss noch entschieden werden, ab welchem Ausmaß sie als krankhaft zu werten sind, da sie schließlich auch beim Gesunden vorkommen. Einheitliche Definitionen und standardisierte Normwerte fehlen hier. Selbst die bloße Korrelation zwischen dem Vorliegen von B-Wellen und einem iNPH wird teilweise in Frage gestellt [23] [99]. Ohne klare Bewertungsmaßstäbe ist die Einordnung dieser Befunde nur schwer unerfahrenen Untersuchern zu vermitteln bzw. zu reproduzieren [141]. Hier gibt es vor allem bei uneindeutigen Kurven reichlich Interpretationsspielraum, sodass die Bewertung der ICP-Messung stark von der Erfahrung des Arztes abhängt – oder eben dessen Bauchgefühl.

Insgesamt sprechen die Ergebnisse dafür, dass komplexe und invasive Diagnostik in der Hand erfahrener Untersucher durchaus Beachtung finden und eine wertvolle Rolle in der Therapieentscheidung spielen kann, jedoch eine lange und gründliche Ausbildung

erfordern. Aufgrund der statistischen Schwäche dieser Untersuchungen sollte dies jedoch Gegenstand weiterer Studien mit größeren Datensätzen und unter Einschluss von mehr Ratern sein.

4.2.7. Aussagekraft größerer Datensätze

Da aus der Konkordanzanalyse hervorgeht, dass keine verlässliche Reproduzierbarkeit besteht, sind die übrigen statistischen Analysen zunächst ebenfalls als nicht belastbar anzusehen. Weil sich in der wiederholten Bewertung derselben Daten durch denselben Untersucher in zeitlichem Abstand ein statistisch beliebiges Ergebnis ohne signifikante Korrelation zeigt, kann aus den erhobenen Daten keine Reliabilität abgeleitet werden.
Betrachtet man jedoch die Rahmenbedingungen näher, so lassen sich dennoch Erkenntnisse daraus ableiten.
Es muss beachtet werden, dass im ersten Durchgang alle 53 Datensätze bewertet wurden, während zur Konkordanzanalyse nur 10 Datensätze zur Bewertung vorgelegt wurden.
Ein Erklärungsansatz hierzu liegt darin, dass sich der Rater bei einer großen Patientenzahl am Stück über einen längeren Zeitraum in die Fragestellung einarbeitet, wobei er wiederholt dieselbe Aufgabe lösen muss. Dabei bewertet er repetitiv Daten in vergleichbarer Form und kann über die größere Patientenzahl hinweg eine Lösungsstrategie entwickeln. Wenn dieses bewusst oder unbewusst entwickelte Muster für die einzelnen Patienten angewandt wird, entsteht daraus ein statistisch nachweisbarer Zusammenhang.
Kann sich aus der Erkenntnis, dass bei großen Datensätzen signifikante Trends erkennbar sind, eine Konsequenz für den klinischen Alltag ableiten?
Mit einem vergleichsweise seltenen Erkrankungsbild wie dem iNPH sehen sich die Kliniker verhältnismäßig selten konfrontiert, sodass die Entwicklung einer routinierten Diagnosestellung erschwert ist. Wie gezeigt scheint dies jedoch vonnöten, um reproduzierbare Ergebnisse zu liefern. Hierfür sprechen auch Erkenntnisse aus der Subgruppenanalyse, dass erfahrene Ärzte besser mit der Interpretation und Integration komplexer Diagnostik umzugehen scheinen. Eine Möglichkeit bestünde darin, den Prozess an Zentren zu konzentrieren, um Routine durch hohe Fallzahlen zu generieren. Dies führt aber zu weiteren Wegen für die Patienten und zieht Expertise aus der Peripherie ab.

Ein anderer Ansatz läge darin, einen standardisierten Prozess zu implementieren, bei dem die Therapieentscheidung nach festen Kriterien stattfindet. Hier ergeben sich Probleme aus der heterogene Datenlage des komplexen Krankheitsbildes mit z.T. schlecht validierten Methoden. Dies wird ebenso wie systematische Ansätze zur Erstellung eines Untersucher-unabhängigen Diagnose-Algorithmus im Folgenden thematisiert.

4.3. Invasivität der Diagnostik: Risiko/Nutzen- Abwägung

Auch bei der Diagnostik des NPH gilt gemäß dem medizinethischen Grundsatz nach Hippokrates „primum non nocere“ der Vorsatz, möglichst wenig und vor allem keinen unnötigen Schaden anzurichten.

Dabei gilt es, etliche Faktoren in Betracht zu ziehen.

4.3.1. Komorbidität als Einflussfaktor

Wie bereits in der Einleitung dargestellt, ist das Vorliegen von Komorbiditäten ein Faktor, der deutlich zur Verkomplizierung des Diagnostikwegs beiträgt. Man befindet sich in einem Spannungsfeld zwischen negativem Outcome bei hoher Komorbidität einerseits und Benefit trotz Vorliegen ausgeprägter Begleiterkrankungen andererseits [94] [122] [128]. In Untersuchungen, welche zur Einschätzung einen Komorbiditätsindex nutzten, zeigte sich eine negative Korrelation zwischen ausgeprägten Begleiterkrankungen mit hohem Index und der Shuntresponse. Es wurde ein Shuntansprechen von über 93% bzw. 86 % bei CMI unter 3 gegenüber einem deutlich schlechteren Ansprechen von 63% bei höherem CMI gezeigt. Insbesondere bei Indices über 6 ermittelten die Untersucher lediglich in 1% hervorragende und in einem Drittel der Fälle sogar schlechte Ergebnisse. Somit wurde beim Vorliegen starker Begleiterkrankungen, definiert als ein CMI ab 6, von einer Shuntimplantation abgeraten. Schwer einzuordnen sind jedoch die Patienten im mittleren Bereich mit CMI 4 bis 6. Trotz vorhandener Nebendiagnosen können diese von einem Shunting profitieren. Hier eine Prognose zu erheben, bleibt weiterhin schwierig.

Bedenkt man zusätzlich, dass bei iNPH-Patienten überproportional häufig kardiovaskuläre Risikofaktoren mit entsprechenden gesundheitlichen Folgen vorliegen, ist es naheliegend, dass eine differenziertere Beurteilung vonnöten ist. [66] [79]

4.3.2. Komplikationen

Angesichts der Invasivität der Hirndruckmessung schrecken teilweise Kollegen davor zurück, diese beim Normaldruckhydrozephalus einzusetzen, wie sich auch in der Umfrage an anderen Kliniken zeigte.

Dabei darf jedoch nicht vergessen werden, dass bereits durch den standardmäßig durchgeführten Liquorablassversuch die Gefahr eines orthostatischen Kopfschmerzes als Nebenwirkung besteht und selten auch Hygrome als Komplikation auftreten können [130].

Da dieser Test bekanntlich bei negativem Ergebnis nicht zu verwerten ist, muss dann weiter eskaliert werden zu mehrtägiger Ableitung, Liquorinfusionstest oder ICP-Messung. Hier präferieren Kollegen häufig die subjektiv als wenig invasiv empfundene Dauerdrainage. Dieses Empfinden spiegelte sich in unserer Umfrage wider, laut derer einige Kliniken diese gleich primär im Anschluss an die Liquorpunktion fortführen. Doch auch bei diesem Verfahren kann es zu Komplikationen wie Meningitis, Radikulitis, postpunktionellen Cephalgien und in nicht wenigen Fällen (2-8%) zur Ausbildung eines chronischen Subduralhämatoms kommen [23] [99]. Die Komplikationsraten für eine invasive Hirndruckmessung werden entgegen dem Gefühl mancher Kollegen in einer ähnlichen Größenordnung beschrieben. So kommt es im Wesentlichen zu Infektionen (5%), Sonden-bezogenen Problemen wie Obstruktion oder technischen Fehlern (je 3%), sowie auch Blutungen (2%) [113]. Die Messung kann über eine Liquordrainage stattfinden, welche die preiswertere Lösung darstellt, oder verschieden gelegene Sonden. Epi- und subdurale, sowie subarachnoidale Systeme sind fehleranfälliger bzw. schwieriger zu implantieren ohne evidente Vorteile, während die intraparenchymatöse Messung zwar etwas teurer, aber weniger traumatisch ist und bei einfacher OP-Technik die verlässlichsten Daten liefert [49]. Dabei dauert die Anlage in der Regel weniger als eine Viertelstunde, wie Daten aus dem BWK zeigen: hier beträgt die durchschnittliche Dauer einer ICP-Sonden-Anlage: 12 min [17]. Die Messung über 48h ist ausreichend, wohingegen die lumbale Dauerdrainage für gewöhnlich drei Tage lang durchgeführt wird. Zur Reduktion des Infektionsrisikos wären analog zu AICS antibiotikabeschichtete Materialien denkbar, solange sich non-invasive Methoden nicht etablieren können und auch Telemetrie keine verlässlichen Daten liefert [88]. Angesichts der Tatsache, dass die einzige suffiziente Therapie des NPH eine chirurgische ist, scheint die Invasivität der

Diagnostik prinzipiell gerechtfertigt. Dies gilt aber nur dann, wenn sie zum einen eine Aussagekraft besitzt und ihr zum anderen in der Klinik auch angemessene Beachtung geschenkt wird. Die diagnostische Wertigkeit verschiedener Verfahren ist bereits Gegenstand multipler Abhandlungen und in vielen Fällen umstritten.

Dass jedoch die nötigen Konsequenzen daraus gezogen und adäquat umgesetzt werden, ist anhand der Ergebnisse dieser Arbeit fraglich. Die Bewertungen der ICP-Messung und des Bolus-Infusions-Tests zeigen sich in der Analyse der Intrarater-Konkordanz genauso wenig reliabel wie die der anderen Parameter, sodass auch hier trotz guter Ergebnisse insbesondere des BIFT in den weiteren Analysen kein statistisch signifikanter Einfluss der beiden Methoden auf die Therapieentscheidung abgeleitet werden kann. Somit muss kritisch überprüft werden, ob diese invasive Diagnostik angesichts der doch vorhandenen Risiken weiterhin durchgeführt werden sollte.

4.3.3. Irreversibilität

Ein Faktor, der eine besondere Präzision in der Diagnostik erforderlich macht, ist der progressive Charakter der Erkrankung. Die Symptomatik schreitet stetig voran. Dies kann dazu verleiten, im Falle einer uneindeutigen Diagnostik den natürlichen Verlauf abzuwarten vor der Entscheidung pro oder contra Implantationem. Diesem Trugschluss darf jedoch nicht nachgegeben werden, da sich ein protrahiertes Geschehen nur unvollständig zurückbildet. Während die Inkontinenz auch in späten Stadien ein gutes Therapieansprechen aufweist, gilt dies nicht für kognitive Einschränkungen und Gangstörung. Aufgrund dieser Teilreversibilität bei zu später Shuntanlage ist eine frühe exakte Diagnose und Therapieeinleitung unabdingbar. [5]

Zusammenfassende Risikoabwägung:

Die angeführten Punkte zur Abwägung von Kosten und Nutzen der invasiven Diagnostik lassen sich analog bei der Therapie fortführen. An dieser Stelle soll jedoch nicht auf die Prognose des Shuntansprechens eingegangen werden, da dies ein eigenes Thema und zentraler Gegenstand zahlreicher aktueller Forschungsanstrengungen ist. Vielmehr wird in der vorgelegten Arbeit illustriert, inwieweit mithilfe der angewandten Diagnostik ein adäquates Maß an Objektivität erreicht wird. Denn wenn dies nicht der Fall ist, kann es dazu führen, dass Patienten, die davon profitieren könnten, ein Shunt vorenthalten wird.

Wird beispielsweise aufgrund vorhandener Komorbiditäten ein höheres Operationsrisiko bei fraglicherem positiven Outcome vermutet, kann es zu einer zurückhaltenderen Indikationsstellung verleiten. Das hieraus entstandene Risiko demonstrierte eine Modellsimulation am Beispiel von NPH-Patienten mit einem zusätzlich vorliegendem M. Alzheimer. Diese schloss eine große Zahl an Risiko und Nutzen Parametern ein und berechnete die durch eine Shuntimplantation gewonnenen QUALYS in einer Modellpopulation. Es zeigte sich, dass die Komplikationsrate über 50% betragen müsste, damit das Risiko den Nutzen übersteigt und somit sogar Patienten mit signifikanter Komorbidität von der Liquorableitung profitieren [69] [119] [122].

Die Indikationsstellung zur Shuntanlage ist somit auch unter Einsatz hochmoderner Diagnostika eine individuelle Entscheidung für jeden einzelnen Patienten. Neben der Anwendung allgemeiner Diagnosealgorithmen muss bereits bei der Auswahl der Untersuchungsverfahren das für den einzelnen Patienten geeignete ausgewählt werden und bei der Therapie die individuellen Bedürfnisse in einer sogfältigen Einzelfallentscheidung berücksichtigt werden.

Nur so kann das Ziel erreicht werden, einerseits keine unnötige Diagnostik und Shuntimplantation durchzuführen, sie andererseits aber auch nicht zu spät zu initiieren oder gar fälschlicherweise zu unterlassen.

4.4. Ökonomische Bewertung:

Bei zunehmend angespannter finanzieller Situation des Gesundheitssystems müssen zur der Kosten-/Nutzen-Analyse eines modernen Verfahrens auch ökonomische Faktoren einbezogen werden. Das natürliche Bestreben, für jeden Patienten die bestmögliche Diagnostik und Therapie durchzuführen, gerät in Konflikt mit der limitierten Verfügbarkeit von Ressourcen.

Insbesondere aus Sicht der Solidargemeinschaft gilt es zu hinterfragen, in welchem Verhältnis der Nutzen einer infrastrukturell und finanziell hochintensiven Diagnostik für einen einzelnen Patienten im Vergleich zu den dadurch fehlenden Ressourcen für den Rest der Gemeinschaft steht. Um die Investition kollektiver Mittel zu rechtfertigen, muss zumindest gewährleistet sein, dass diese, sofern sie eingesetzt werden, optimal genutzt werden.

Dies führt auf das Thema dieser Arbeit zurück. Denn damit von einer optimalen Nutzung der Ressourcen gesprochen werden kann, muss für ein Verfahren nicht nur sein theoretischer Nutzen belegt, sondern auch gewährleistet sein, dass aus der Anwendung in der Realität Konsequenzen folgen. Aus ökonomischer Sicht gilt dies umso mehr, je teurer ein Verfahren ist.

Die ökonomische Bewertung einer Prozedur hängt dabei maßgeblich von der Perspektive ab: Aus Sicht der Solidargemeinschaft ist eine möglichst günstige Behandlung anzustreben, bei der wenig Gelder aus den Krankenkassen bezogen werden. Steht aber die Profitmaximierung des Krankenhauses im Vordergrund, so ergibt sich diese daraus, dass bei geringstem Kostenaufwand die höchste Fallpauschale vergütet wird.

4.4.1. Spannungsfeld zwischen Profitmaximierung und Solidargemeinschaft

Vor dem Hintergrund der zunehmenden Ökonomisierung im Gesundheitswesen befinden sich Krankenhäuser im wachsenden Spannungsfeld zwischen ökonomischen Anforderungen und der berufsethischen Orientierung am Gemeinwohl incl. einem Grundrecht auf optimale gesundheitliche Versorgung aller wieder [39] [110].

Aus Sicht der Solidargemeinschaft wäre eine umfassende Diagnostik zu geringen Kosten erstrebenswert. Beim iNPH hieße das, in einem Aufenthalt alle Maßnahmen durchzuführen und in einer DRG zusammenzufassen. Umschließt dies sowohl konservative und invasive Diagnostik als auch Shuntanlage, stellt es die volksökonomisch zeit- und kosteneffizienteste Variante dar.

Aus Sicht der Krankenhaus-Finanzierung wird eine Gewinnmaximierung angestrebt, um dem allgemeinen Kostendruck standzuhalten. Hieraus ergibt sich zum einen die Frage, welche Mindestanforderungen erforderlich sind, also ob eine teure Prozedur überhaupt notwendig ist und zum anderen, wie eine möglichst hohe Vergütung erzielt werden kann, wenn die Maßnahme durchgeführt wird.

Finden in einem Behandlungsfall sowohl ein aufwändiger Diagnostikprozess inklusive einer ICP-Messung als auch die Therapie in Form einer VP-Shuntanlage statt, so führt das nach dieser Annäherung zu Mehrkosten in Höhe von 2.127,07 €, welche die Klinik aufbringen muss. Zusätzlich ist dies verbunden mit einem hohen personellen und infrastrukturellen Aufwand zur zweimaligen perioperativen Versorgung des Patienten, sowie 48-stündiger Hirndruckmessung und Erstversorgung- und Anpassung eines VPS-

Systems. Dieser Ressourcenverbrauch ist somit für das Krankenhaus unrentabel und unattraktiv.

In der Folge verwundert es nicht, dass es in der Praxis Fälle gibt, bei denen Häuser einen Patienten stationär zur Diagnostik aufzunehmen und zu einem späteren Zeitpunkt als separaten Aufenthalt die Shuntimplantation durchführen, damit für beide Behandlungsfälle eine eigene DRG abgerechnet werden kann. Dies führt zu einem höheren Ertrag für das einzelne Krankenhaus, ist aber aus Sicht der Gesamtgesellschaft nicht zielführend, sondern bewirkt, dass hier Gelder abfließen, die an anderer Stelle gebraucht werden.

Auch die Tatsache, dass bei Durchführung einer Ausschlussdiagnostik die ICP-Messung ohne Shuntanlage zu einem Überschuss in Höhe von 3.134,94 € im Vergleich zu einer Abklärung ohne ICP-Sondenanlage führt, stellt keinen praktikablen Ausweg dar. Zum einen muss ggf. höherer Aufwand zur Auswertung der Messung und Diagnostik in Form von Personalbindungszeiten und -Kosten mit einbezogen werden, der jedoch auch bei konservativer Aufklärung mittels aufwändiger Testbatterien zustande kommen kann. Zum anderen sollte schließlich bei geringem V.a. auf einen iNPH die Indikation zur invasiven Diagnostik mit möglichen Komplikationen eher restriktiv gestellt werden, sodass eine unnötige Trepanation vermieden wird. Die Strategie, durch einen aufwändigeren Eingriff als notwendig eine künstliche Erhöhung der Fallschwere zu generieren, ist als Problem des DRG-basierten Vergütungssystems hinlänglich unter dem Begriff „Upcoding“ bekannt [139]. Eine Gewinnmaximierung auf diesem Wege stellt aus medizinethischer Sicht keine erstrebenswerte Strategie dar.

4.4.2. Weniger ist mehr

Anhand der oben skizzierten Ausführungen kann gezeigt werden, dass kostenintensive invasive Diagnostik beim iNPH für die Klinik ökonomisch unattraktiv ist.

Umgehungsstrategien, wie das Generieren eines zusätzlichen DRG-Falls stellen als unnötige Belastung des Gesundheitssystems keine vertretbare Alternative dar.

Es liegt somit es im Interesse der Krankenhäuser wie auch der Solidargemeinschaft, dass preiswerte Basisdiagnostik effizient genutzt und kostenintensive Zusatzdiagnostik maßvoll und gezielt eingesetzt wird. Dies gilt umso mehr, wenn der prädiktive Wert der Methode uneindeutig oder die Umsetzung in der Praxis heterogen ist.

Hier sind zwei Aspekte zu bedenken: Eine restriktive Haltung von Kliniken bzgl. der durchgeführten Diagnostik könnte neben medizinischen Überlegungen auch in den verbundenen finanziellen Nachteilen begründet liegen. Bei der Erstellung medizinischer Leitlinien hingegen spielen ökonomische Motive eine deutlich untergeordnete Rolle.

Für den iNPH lässt sich daraus ableiten, dass eine Beschränkung auf die in der Leitlinie empfohlenen Diagnostik sinnvoll ist und Zusatzdiagnostik nur dosiert in Einzelfällen Anwendung finden soll. Die Entwicklung weiterer komplexer, technisch und finanziell aufwendiger Methoden erscheint unter diesen Gesichtspunkten wenig förderlich.

Dies ist ein Punkt, der sich auch auf andere Gebiete der Medizin übertragen lässt. Mit zunehmendem technischem Fortschritt in der modernen Medizin muss stets hinterfragt werden, welchen tatsächlichen Mehrwert derartige Entwicklungen mit sich bringen. Denn auch wenn sich in wissenschaftlichen Theorien oder bei der Anwendung unter experimentellen Bedingungen belastbare Aussagen ableiten lassen, bedeutet das nicht, dass sich diese ohne Weiteres im medizinischen Alltag implementieren lassen. Getreu dem Grundsatz in der Medizin, dass keine Diagnostik durchgeführt werden soll, ohne therapeutische Konsequenz nach sich zu ziehen, gilt dies unter dem Gebot der Wirtschaftlichkeit umso mehr: Ein Verfahren sollte nicht bloß ob der Tatsache, dass es zur Verfügung steht, durchgeführt werden, sondern stets hinterfragt werden, ob die Ressourcen nicht andernorts effizienter eingesetzt werden können. Besonders angesichts der aktuellen demografischen Entwicklung werden diese Überlegungen künftig an Bedeutung gewinnen. Mit dem allmählichen Eintritt der geburtenstarken Jahrgänge ins Rentenalter bei steigender Lebenserwartung ist mit einer weiteren Zunahme altersbedingter Krankheiten und damit verbundener Belastung des Gesundheitssystems zu rechnen. Dem gegenüber stehen bei anhaltend niedrigen Geburtenraten immer weniger Einzahler, die die Lasten schultern. Um die Beiträge nicht ins Unermessliche steigen zu lassen, wird neben alternativen Finanzierungsmöglichkeiten auch die Begrenzung des Ressourcenverbrauchs zur Kostenlimitation eine wichtige Rolle spielen.

4.5. Überlegungen zur Qualitätssicherung

4.5.1. Wertigkeit klinischer Tests

Es zeigt sich in retrospektiven Analysen, dass bei enger Indikationsstellung die klinische Erfolgsrate einer ventrikuloperitonealen Shunt-Anlage in 75% bis über 90% der Fälle

erfolgreich sein kann [42] [89]. Dies gilt insbesondere, wenn im klinischen Erscheinungsbild die Gangstörung führend und gleichzeitig Symptome der Demenz nachrangig sind, sowie die Bildgebung nur moderat vergrößerte Ventrikel zeigt und ausgeprägte Zeichen einer kortikalen Atrophie oder Marklagerläsionen ausschließt [132]. Eine derart enge Indikationsstellung verspricht zwar hohe Erfolgsraten der Shuntimplantation, würde aber dazu führen, dass 13% der Patienten mit Aussicht auf eine erfolgreiche Shuntanlage diese verwehrt bliebe [104].

Dazu passt auch, dass eine epidemiologische Erhebung mit eng gefasster Definition, in der nur Patienten gezählt werden, bei denen ein positives Ansprechen auf die Shunt-Operation vorliegt, auf eine vergleichsweise niedrige Inzidenz von 2,2 pro Million Einwohner kommt [131], was vermuten lässt, dass hier eine beträchtliche Dunkelziffer nicht erfasst wird.

Daher und weil die Kombination aus klinischem Befund und entsprechender Bildgebung nur eine beschränkte prognostische Aussage zulässt, sind weitere diagnostische Tests vonnöten [87] [132]. Diese können die prognostische Sicherheit auf 80 - 90% erhöhen [111]. Somit erscheint es bedenklich, dass in vielen Kliniken bei uneindeutigen Ergebnissen im Liquorablassversuch keine weitere Diagnostik durchgeführt wird und Patienten, die möglicherweise von einer Shuntanlage profitiert hätten, diese vorenthalten wird. Es scheint also in uneindeutigen Fällen, insbesondere z.B. im Falle eines fehlenden Ansprechens auf einen Spinal Tap Test angezeigt, weitere Diagnostik durchzuführen, wie dies auch in der Leitlinie empfohlen wird [104]. Problematisch ist es jedoch, dass bei fehlender Routine in der Anwendung invasiverer Methoden eine höhere Komplikationsrate zu erwarten ist. Ebenso fehlt dann die Erfahrung in der Bewertung der Ergebnisse, was sich auch in dieser Arbeit in der zum Teil diskrepanten Bewertung der Diagnostik zwischen Fach- und Assistenzärzten andeutet. Ein Lösungsansatz wäre beispielsweise die Weiterführung der Diagnostik an Zentren, die Routine in der Durchführung besitzen, anstatt zu früh von einer Shuntanlage abzusehen.

4.5.2. Objektivierung und Standardisierung

Es konnte in Studien gezeigt werden, dass sich mit der Durchführung einer standardisierten Testung vor und nach Liquordrainage Rückschlüsse auf ein späteres Shunt-Ansprechen ziehen lassen. Beim Vergleich der Ergebnisse einer umfassenden

neuropsychologischen Testbatterie vor und nach Shuntanlage mit einer Testung vor und nach dem Liquorablassversuch korrelierte auch das Ausmaß der klinischen Besserung miteinander. Insbesondere bei fehlender Verbesserung des verbalen Gedächtnisses betrug der negativ prädiktive Wert 96%. Das Ergebnis legt nahe, dass durch die Kombination eines Spinal Tap Tests mit einer standardisierten neuropsychologischen und motorischen Testung davor und danach Vorhersagen zur Verbesserung der Gedächtnisfunktion nach Shuntanlage getroffen werden können [21].

Folglich bietet es sich an, auf standardisierte Tests zurückzugreifen, um den prä- und postoperativen Status zu dokumentieren und objektiv vergleichbar zu machen. In der Vergangenheit wurden verschiedene Indices für die Objektivierung der klinischen Symptomatik genutzt, von denen sich jedoch bisher keiner ubiquitär etablieren konnte. Allgemeine Bewertungssysteme wie der Barthel-Index erwiesen sich als zu ungenau, um die spezifische Klinik des NPH zu erfassen [64]. Andere neurologische Testbatterien wie der MOCA-Test beziehen sich nur auf die Demenz und können zwar z.B. mittels Tinetti- oder Timed-up-and-go Tests zur Evaluation der Gangstörung ergänzt werden, bilden jedoch auch dann kein umfängliches Bild der Erkrankung ab. Außerdem finden selbst in aktuellen Studien noch Tests Verwendung, die sich längst als ungeeignet erwiesen haben, wie der weit verbreitete MMST, der insbesondere milde kognitive Defizite gar nicht erfasst [45] [104]. Daher wurden spezifische Graduierungen für den Hydrocephalus entwickelt, die wiederum eigene Mängel aufweisen.

Früh akzeptierte Graduierungssysteme wie die Stein und Langfitt Klassifikation [118] oder die Black-Rating-Scale [12] wurden zwar auch in renommierten jüngeren Arbeiten wie der SVASONA-Studie genutzt, jedoch in der Regel um weitere Skalen ergänzt, um die Defizite auszugleichen [80]. So lassen sich damit beispielsweise klinische Verschlechterungen nicht darstellen oder einzelne Parameter werden überbewertet [64] [90]. Auch vielfach angewandte Graduierungs-Systeme unterscheiden sich zum Teil erheblich voneinander: während z.B. der Krauss-Improvement-Index [96] nur die Kardinalsymptome verwendet, sind diese beim Kiefer-Score um die Kategorien Schwindel und Kopfschmerzen ergänzt. [64]. Die wiederum hieraus weiterentwickelte NPH-Recovery-Rate soll Untersucher bezogene Verzerrungen ausgleichen und eine bessere Kontrolle des klinischen Verlaufs ermöglichen [90].

Dass jedoch auch hier noch Defizite bestehen, ist allein daraus ersichtlich, dass international weitere Indices verwandt und entwickelt werden, wie die skandinavische Hellströms iNPH Scale oder die japanische Kubos iNPH Grading Scale [45] [47] [77] [69]. Obendrein finden solche Gebrauch, die eigentlich für andere Krankheitsbilder entworfen wurden, wie die Modified Rankin Scale, die ursprünglich als Maß für Behinderung nach Schlaganfall entworfen wurde, aber ebenso in NPH-Studien genutzt wurde [5] Hashimoto et al. 2010). Während sie zum Teil in den Regionen ihres Ursprungs als validiert gelten und vielfach eingesetzt werden, können sie sich international nicht gegeneinander durchsetzen, sondern es wird auf regional gebräuchliche zurückgegriffen [45] [78] [100] [105] [114]. Dass sich mitunter abweichende Ergebnisse je nach angewandtem System zeigen, oder mehrere ergänzend angewandt werden, zeigt, dass keine abschließend favorisiert werden kann [14] [45].

Bisher existiert kein allgemein international anerkanntes Graduierungssystem für die Dokumentation des klinischen Status. Dies wäre jedoch dringend notwendig sowohl für die individuell objektive Einschätzung des Patienten als auch für wissenschaftliche Vergleichbarkeit, um unterschiedliche Studienergebnisse zu vergleichen und suffiziente Metaanalysen erstellen zu können.

Ein weiterer Ansatz besteht darin, die Testung im Rahmen der Diagnosestellung gänzlich in unabhängige Hände zu geben. Wie auch in unserer Erhebung gezeigt, ist es an einigen Kliniken üblich, dass die Diagnose a priori durch die Neurologen gestellt wird. Erheben diese den Verdacht auf das Vorliegen eines iNPH, wird der Patient in der Neurochirurgie zur Shuntimplantation vorgestellt. Dadurch wird gewährleistet, dass die Beurteilung des Patienten nicht primär vor dem Hintergrund der operativen Therapie und möglicherweise eine dezidiertere neurologische Differentialdiagnostik erfolgt. Dies bietet eine gewisse Objektivierung bzw. Anonymisierung bei der Selektion der Patienten für eine Shuntanlage unabhängig vom Chirurgen. Andererseits muss die Risikoabwägung einer operativen Therapie immer durch den Operateur erfolgen, der letztendlich die Verantwortung für den Eingriff trägt und auch am besten mit dessen Ablauf und Risiken vertraut ist.

4.5.3. Zentralisierung von Diagnostik und Therapie

Die in dieser Studie fehlende Re-Test-Reliabilität spricht für einen wenig standardisierten Diagnoseprozess beim Normaldruckhydrozephalus. Erkenntnisse aus der

Subgruppenanalyse sprechen außerdem dafür, dass erfahrene Ärzte besser mit der Interpretation und Integration komplexer Diagnostik umzugehen scheinen als wenig routinierte. Eine Möglichkeit bestünde darin, den Prozess an Zentren zu konzentrieren, um Routine durch hohe Fallzahlen zu generieren.

Bereits seit mehreren Jahren besteht im Rahmen des vorherrschenden Strukturwandels in der Krankenhauslandschaft Deutschlands die Forderung nach verstärkter Zentrenbildung. Vor allem aus ökonomischen Überlegungen heraus soll aus Sicht der Krankenkassen eine stärkere Zentralisierung des Gesundheitssystems zu einer Reduktion unnötiger Kosten durch Bettenabbau und bessere Aufgabenverteilung zwischen den Kliniken führen. Aber auch die Qualität der Versorgung soll durch Strukturvorgaben erhöht werden [102] [110]. Dass es zahlreiche nicht-zufallsbedingte geografische Unterschiede in der Gesundheitsversorgung gibt, die zum Teil nicht medizinisch rational erklärt werden können, ist bereits seit mehreren Jahrzehnten bekannt [107], im Allgemeinen aber in Deutschland weniger intensiv erforscht als in anderen Ländern [34].

Studien aus unterschiedlichen operativen Gebieten weisen auf eine Steigerung der Behandlungsgüte durch zunehmende Spezialisierung an Zentren hin:

Es ergibt sich beispielsweise in der Hernienchirurgie eine signifikant geringere Rezidivrate [86], in der Pankreaschirurgie eine niedrigere Mortalität [3] oder in der Orthopädie eine geringere Revisionsrate für Revisions-Knie-Arthroplastiken [41], wenn die Operation an einem Haus mit hoher Fallzahl durchgeführt wird.

Eine Strategie zur Durchführung der Zentrenbildung ist die Einführung von Strukturvorgaben im Rahmen einer Zertifizierung, wo sich beispielsweise im Bereich des Gelenkersatzes positive Studienergebnisse mehren [39]. Doch obwohl die Endoprothetik auf diesem Gebiet als Vorreiter gilt, gibt es auch hier kritische Stimmen, insbesondere aus der Traumatologie. Der Bezug auf notfällig durchgeführte Hüftoperationen nach einem Trauma zeigt die Problematik auf, dass in der zeitkritischen Notfallversorgung weite Wege mit langen Anfahrtszeiten negative Auswirkungen auf das Versorgungsoutcome haben [102].

Beim iNPH handelt es sich zwar nicht um einen akut bedrohlichen Notfall, aber aufgrund seiner Progression um ein dringlich zu therapierendes Krankheitsbild, das mit zunehmender Protraktion nurmehr unvollständig reversibel ist.

Somit ist ausreichend Zeit vorhanden, um beim Verdacht eine qualifizierte Einrichtung aufzusuchen, aber ein Vergleich mit der elektiven Endoprothetik hinkt. Besser eignet sich der Blick zu onkologischen Erkrankungen: Evidenz aus ersten Studien zur Versorgung von Darm- und Brustkrebspatienten an zertifizierten Zentren belegt den positiven Einfluss auf das Outcome mit einer signifikant reduzierten Mortalität [76] [124].

Vielfach liegt bei den angeführten Beispielen die Notwendigkeit einer Spezialisierung in der Komplexität der Operation begründet. Ein schwieriger Eingriff erfordert die entsprechende Fähigkeit des Operateurs. Beim Normaldruckhydrozephalus liegt die Problematik aber weniger in der Durchführung einer Shuntanlage als vielmehr in deren Indikationsstellung.

Dass sich aber auch hierauf eine Strukturänderung positiv auswirken kann, postulieren die Autoren einer Arbeit zu regionalen Unterschieden in der Wirbelsäulenchirurgie. Sie führen anderweitig nicht erklärbare regionale Unterschiede auf sogenannte „Surgical Signatures“ zurück. Diese ortsspezifisch konstanten Auffälligkeiten in der Versorgung sehen sie als Ausdruck klinischer Unsicherheiten bezüglich eines fehlenden einheitlichen Behandlungsregimes. Es wird angenommen, dass vor allem kleinen Häusern die Implementation neuer Erkenntnisse und Weiterentwicklungen insbesondere bei vielfältigen Therapieoptionen nur schwer gelingt [34]. So ergibt es sich, dass Therapieentscheidungen dann maßgeblich von persönlichen Präferenzen, nicht nur des Patienten, sondern auch des Behandlers beeinflusst werden [107]. Diese Erkenntnisse könnten sich auch auf den iNPH mit seiner uneinheitlichen Datenlage zur vielschichtigen Diagnostik übertragen lassen. Es ist anzunehmen, dass eine Konzentration auf größere Zentren die Standardisierung von Diagnostik und Therapie sowie eine schnellere Umsetzung neuer Entwicklungen bewirken kann. Es lässt sich belegen, dass in Kliniken die Adhärenz zu leitliniengerechter Therapie nach deren Zertifizierung messbar höher ist als ohne [76].

Gegner der Umstrukturierung befürchten durch einen Strukturwandel Einbußen in der flächendeckenden Versorgung mit erschwerter Erreichbarkeit der Gesundheitseinrichtungen [110].

Dies ist insbesondere von Bedeutung, da iNPH-Patienten durch eine vergleichsweise hohe Morbidität, nicht nur wegen des Krankheitsbildes an sich, sondern auch vorhandene Komorbiditäten und hohes Lebensalter eine eingeschränkte Mobilität aufweisen.

Patienten zeigen sich einerseits bereit, vor allem bei planbaren Operationen für eine höhere Qualität der Versorgung zusätzliche Wege in Kauf zu nehmen, andererseits sinkt diese Bereitschaft mit zunehmendem Patientenalter. Zudem sind derzeit auch längere Fahrzeiten aufgrund der hohen Krankenhausdichte Deutschlands im internationalen Vergleich verhältnismäßig kurz [35].

Es muss zudem nicht nur der Zugang zur Operation an sich, sondern auch die fachärztliche Anbindung zur notwendigen [104] lebenslangen Nachsorge gewährleistet sein.

Im Krankenhausreport 2012 mit dem Schwerpunkt Regionalität zeigt sich, dass sich beispielsweise die Einführung einer Mindestfallzahl in verschiedenen Gebieten unterschiedliche gravierend auswirkt: Während sich bei den häufig durchgeführten Wirbelsäulenoperationen die durchschnittliche Anfahrzeit kaum verlängert, wirkt sich eine solche Maßnahme in der bereits sehr spezialisierten Onkologie gravierend aus [84].

Für den eher selten diagnostizierten NPH muss erst untersucht werden, inwiefern sich dies negativ auf die flächendeckende Versorgung auswirken würde, angesichts der ohnehin vergleichsweise raren Angebotslage neurochirurgischer Kliniken. US-amerikanische Zahlen legen eine positive Korrelation zwischen der Größe der Klinik und ökonomischen wie medizinischen Endpunkten nahe [63].

Ein Lösungsansatz für die Diagnostik und Therapie beim NPH könnte ein nicht gänzlich zentralisiertes, aber Zentren-basiertes Modell mit satellitenartiger Expertise in der Peripherie sein: An ausgebildeten peripheren Einrichtungen sollte eine standardisierter Diagnostik-Algorithmus eingeleitet werden, der im Anschluss an einem Zentrum bewertet, ggf. um weitere Diagnostik ergänzt werden, damit dort abschließend über die Therapie entschieden und diese ggf. durchgeführt werden soll. Die weitere Nachsorge mit jährlichen Kontrollen kann wieder im heimatnahen Bereich erfolgen. Durch Schulung der peripheren Einrichtungen wird die Kompetenz in der Fläche beibehalten und in ihrer Qualität gestärkt, während aufwendige, risikobehaftete und teure Verfahren den Zentren vorbehalten bleiben. Dies ist zum einen aus ökonomischer Sicht erstrebenswert und zum anderen medizinisch sinnvoll: Kompetenz in Durchführung und Bewertung der Diagnostikverfahren wird gebündelt und durch höhere Fallzahlen mehr Erfahrung generiert. Ein Hauptproblem, dass sich bei der Implementierung eines solchen Systems zu erwarten wäre, ist das Aufstellen bisher nicht vorhandener einheitlicher Diagnosekriterien- und Algorithmen. Hier müsste anfangs sicherlich ein Kompromiss

eingegangen werden. Jedoch können an konzentrierten Strukturen einheitliche Daten besser erhoben und der Prozess durch ein implementiertes Qualitätssicherungssystem stetig reevaluiert und verbessert werden [39]. Gewonnene Erkenntnisse können schneller und effektiver umgesetzt werden [34]. In einer Machbarkeitsstudie zur Einführung eines derartigen Modells bedarf es neben der Abwägung der genannten Punkte der Berücksichtigung weiterer Themen, wie beispielsweise Analysen zu derzeit vorhandenen Strukturen und der zu erwartenden geodemografischen Entwicklung. Eine Einführung nach dem hier geschilderten Prinzip erfordert, dass zuerst strukturelle Veränderungen vorgenommen werden und erst im Anschluss die Evidenz dazu gewonnen wird. Es scheint daher unwahrscheinlich, dass ein derartiger Schritt ohne bereits vorab etablierte einheitliche Standards erfolgt, da er aus gesundheitspolitischer Sicht ein Wagnis darstellt. Den Weg in diese Richtung ebnen könnten jedoch finanzielle Anreize nach dem Modell anderer Länder. Beispielsweise existieren in Dänemark zusätzliche Vergütungen für die Erbringung spezialisierter Leistungen durch dafür qualifizierte Einrichtungen. Es wurde durch die Fachgesellschaften gemeinsam mit der Gesundheitsbehörde eine Liste mit Strukturvoraussetzungen für die Durchführung von 1100 spezialisierten Prozeduren definiert, für deren Erbringung sich Krankenhäuser bewerben können. Erfüllen sie die Qualitätsanforderungen, so erhalten sie zusätzliche Entgelte. Andere Einrichtungen dürfen die Maßnahmen zwar noch durchführen, erhalten aber nur den Regelsatz. Ein derartiges System könnte im Rahmen des ohnehin erfolgenden Strukturwandels auch in Deutschland, über den iNPH hinaus, Anreize setzen, spezialisierte Leistungen qualitativ hochwertig zu erbringen [120]. Seit der Einführung des MDK-Reformgesetzes 2019 geschieht dies bereits ansatzweise in Deutschland in Form der Krankenhaus-Strukturprüfung. Zur Abrechnung eines OPS-Komplexcodes reicht damit nicht mehr nur der Nachweis über die Durchführung der Prozedur an sich aus. Zusätzlich werden OPS-Codes zunehmend mit Mindestmerkmalen versehen, die sich auf strukturelle Voraussetzungen des Krankenhauses beziehen. Diese werden im jährlich vom Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM) herausgegebenen Operationen- und Prozedurenschlüssel festgelegt. Nur, wenn sie erfüllt werden, kann die entsprechende Maßnahme codiert werden [16]. Zur weiteren Qualitätssteigerung wäre eine zunehmende Ausweitung und der Einschluss spezialisierter Leistungen wünschenswert. Zur Beteiligung der Fachgesellschaften nach dänischem Vorbild wäre

beispielsweise eine grundsätzliche Implementierung von in Leitlinien geforderten Merkmalen denkbar. Es gilt zu prüfen, in welchem Umfang dieses Verfahren erweitert werden und zur positiven Entwicklung der gesamten Krankenhausstruktur beitragen kann.

4.6. Der Faktor Mensch - Verhaltenspsychologische Aspekte

4.6.1. Das menschliche Gehirn ist kein Computer

Da in dieser Arbeit untersucht wird, wie die Ergebnisse verschiedener Untersuchungen von einzelnen Behandlern individuell in deren klinischen Entscheidungsprozess integriert werden, lohnt es sich, psychologische Aspekte bei der Verarbeitung von Informationen zu betrachten.

Dabei stellen sich unterschiedliche Fragen:

Liefert die Verfügbarkeit von mehr Daten eine bessere Entscheidungsgrundlage? Führt also das Vorliegen zusätzlicher Informationen zu verlässlicheren Entscheidungen?

Kommt ein Behandler mit den gleichen Informationen reproduzierbar zum gleichen Ergebnis? Stellt er aufgrund derselben Diagnostik dieselbe Therapieentscheidung? Falls nicht, worin liegen die Ursachen dafür?

Hierzu lassen sich Untersuchungen zu verhaltenspsychologischen Phänomenen aus dem Wirtschaftswesen heranziehen. Ein Experiment im Pferderennsport von P. Slovic des Oregon Research Institute aus den 70er Jahren ist bis in die Gegenwart von Relevanz. Dabei rekrutierte er acht professionelle Handicapper, die das voraussichtliche Abschneiden von Sportpferden in Rennen bewerten sollten.

Sie mussten für 40 Rennen die Platzierungen der Pferde anhand einer unterschiedlichen Zahl vorliegender Fakten voraussagen. Zuerst sollten sie die Ergebnisse anhand von fünf selbst gewählten Variablen antizipieren, dann jeweils mit 10, 20 und 40 Variablen für jedes Pferd.

Das Ergebnis der Vorhersage war unerwartet: Und zwar wurde es mit mehr zur Verfügung stehender Informationen über die Pferde nicht besser. Im Gegenteil, die Zahl derer, die mit zunehmender Zahl an Variablen schlechter vorhersagte, war sogar höher als die derer, die sich dadurch verbesserten.

Aber alle zeigten sich in der getroffenen Entscheidung selbstsicherer, wenn sie mehr Informationen zur Verfügung hatten (s. Abbildung 24; [117].

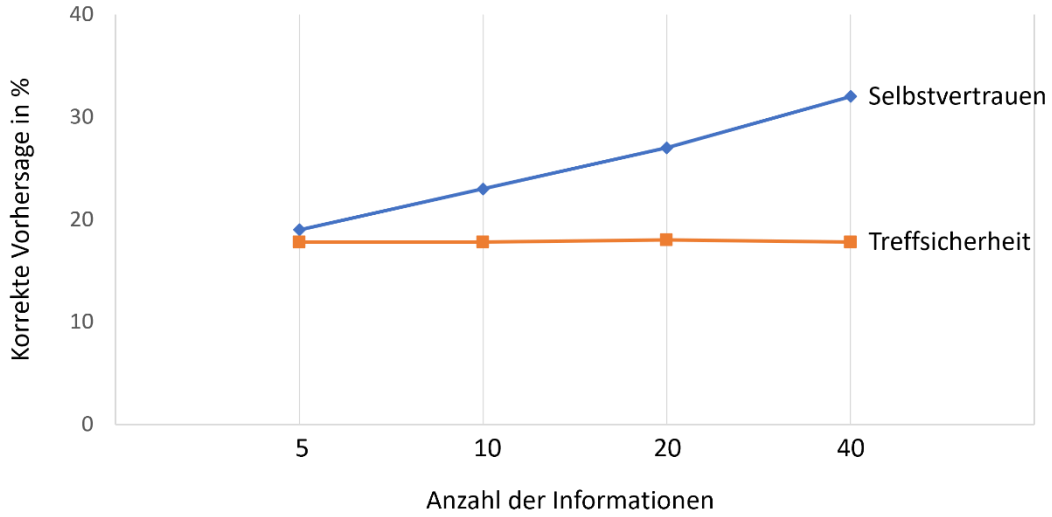


Abbildung 24: Pferdewetten-Experiment von P. Slovic 1973: Durchschnittliche Entwicklung von Selbstsicherheit und Treffsicherheit der Handicapper in ihrer Vorhersage bezüglich des Abschneidens der Rennpferde in Abhängigkeit von der Anzahl über die Tiere zur Verfügung stehender Informationen (nach [117])

Auch in weiteren Studien konnte gezeigt werden, dass mit einer zunehmenden Menge an Informationen das Selbstvertrauen in höherem Maße anstieg als die Präzision der Entscheidung, was zu einer zunehmenden Diskrepanz zwischen Selbstsicherheit und Urteilskraft führte [126]. Somit lässt sich sagen, dass mehr Daten selbstsicherer machen, aber nicht zwangsläufig zu besseren Entscheidungen führen.

Ähnliche Fragestellungen finden sich auch in medizinischer Literatur wieder. Eine Pionierarbeit aus dem Jahr 1959 überprüfte die Verlässlichkeit radiologischer Diagnosen. Garland zeigte, dass Radiologen bei der Fragestellung nach einem Lungenrundherd in 20% der Fälle zu einem abweichenden Befund kamen, wenn ihnen das gleiche Röntgenbild zu einer anderen Gelegenheit vorgelegt wurde. Damit wurde demonstriert, dass auch die Diagnosen hochqualifizierter Untersucher Zufallsfehlern unterliegen. Dem liegen diverse Ursachen zugrunde.

Ein Erklärungsansatz liegt darin, dass es Untersuchern schwerfällt, ihre eigenen Entscheidungsalgorithmen zu befolgen. Es besteht das Phänomen, dass mangelnde Einsicht in das eigene Verhalten besteht. Das bedeutet, dass die Entscheider glauben, bestimmten Kriterien zu folgen, in Wahrheit aber andere anwenden. Dabei sind sie sich nicht bewusst, dass sie einen anderen Algorithmus anwenden, als sie denken. Dies zeigte sich in Studien, die belegten, dass Modelle aufgrund der Entscheidungen erfahrener Untersucher zu besseren Ergebnissen kamen als die Untersucher selbst.

Ferner spielen menschliche Faktoren wie Erschöpfung, Unterforderung, Krankheiten, sowie situative und zwischenmenschliche Distraktoren eine Rolle. Diese führen dazu, dass in unterschiedlichen Situationen gleiche Entscheidungsgrundlagen bei demselben Untersucher zu unterschiedlichen Resultaten führen [38].

Zu diesem Phänomen passt die Beobachtung in dieser Arbeit, dass der subjektiv als ausschlaggebend empfundene Hauptparameter mit einem Cramer's V von lediglich 0,222 nur schwach mit der Shuntindikation korreliert. Es zeigt sich in der Analyse der Daten, dass der Parameter, von dem die Rater selbst denken, dass er ihre Entscheidung maßgeblich beeinflusst, tatsächlich keinen ausgeprägten Einfluss auf die Indikationsstellung zu haben scheint.

4.6.2. Etablierung Untersucher-unabhängiger Entscheidungsstrategien

Es werden in der Psychologie bereits seit mehreren Jahrzehnten verschiedene Ansätze untersucht, um die Adhärenz zu Entscheidungsmodellen zu steigern [117]. Ihnen gemeinsam ist, dass sie versuchen die Entscheidungsfindung von einer passiven Untersucher-abhängigen Anwendung wegzubringen. Stattdessen sollen sie zu einer aktiven von unterschiedlichen Anwendern umsetzbaren Strategie führen.

Ein Verfahren, um Zufallsfehler zu minimieren, ist Bootstrapping. Dabei liegt das Phänomen zugrunde, dass Menschen sich in der Lage zeigen, korrekte Strategien zu entwickeln, anschließend aber schlecht darin sind, diese zu befolgen [26]. Beim Bootstrapping wird anhand einer größeren Zahl von Entscheidungen, die ein Rater getroffen hat, ein Muster herausgearbeitet, nach dem ein Entscheidungsmodell erstellt wird. Anschließend wird dieses Modell an den eigenen Daten, aus denen es entwickelt wurde, angewandt, um es auf dessen Validität zu überprüfen. Bei erfolgreicher Anwendung zeigt sich die entwickelte Strategie im Vergleich zu den gleichen Ratern, von denen es abgeleitet wurde, erstaunlicherweise häufig überlegen. Dies liegt daran, dass durch die konsequente Anwendung der Strategie Beliebigkeitsfehler vermieden werden. Systemimmanente Fehler werden jedoch übernommen. Auf den iNPH übertragen hieße dies beispielsweise, dass an einem großen Patientensatz statistisch analysiert wird, wie erfahrene Fachärzte zu ihrer Shuntindikation gelangen. Dabei werden diese angehalten, möglichst leitliniengetreu zu entscheiden. Anschließend wird aus der Auswertung ein Modell erstellt, welches nun arztunabhängig angewandt werden kann. Im Idealfall kommt

es zu konsistenteren Entscheidungen als durch die Ärzte selbst. Keinen Einfluss hat diese Strategie allerdings auf grundsätzliche Fehler: Wenn zum Beispiel die Ärzte von vornherein nicht leitliniengerecht urteilen oder die angewandten Untersuchungsergebnisse schlecht validiert sind. Das heißt, Bootstrapping führt zu einer höheren Adhärenz an ein entwickeltes Modell und somit konsistenteren, aber nicht zwangsläufig zu besseren Entscheidungen.

Ein weiterer Ansatz ist die Dekomposition einer Strategie. Hier wird der Rater direkt nach seinen eigenen einzelnen Prinzipien befragt, aus denen dann ein Entscheidungsmodell mit verschiedenen Schritten erstellt wird. Es zeigt sich, dass ein Problem besser gelöst wird, wenn es in einzelne kleinere Probleme zerlegt wird, wie folgendes Experiment veranschaulicht: Hier wurden Teilnehmer in zwei randomisierten Gruppen mit unterschiedlich komplexen Schätzfragen zu Themen, mit denen sie verschieden stark vertraut waren, konfrontiert. Eine Gruppe sollte die Fragen direkt beantworten, während der anderen einzelne Teilfragen zur schrittweisen Annäherung an das Gesamtproblem dienten. Etwa die Frage nach der Zahl an Schulabbrechern zu einem bestimmten Zeitpunkt in den USA wurde in folgende Teile unterteilt: Zunächst sollte die Population der Vereinigten Staaten zu dem Zeitpunkt geschätzt werden, dann davon der Anteil schulpflichtiger Kinder, hiervon wiederum die Oberstufenschüler und von diesen die Quote der Abbrecher. In neun von 13 Fällen war die Strategie der einzelnen Schritte signifikant der direkten Beantwortung überlegen [6]. Bereits 1972 wurde der Ansatz auf ein medizinisches Problem übertragen: Drei Experten auf dem Gebiet der Lymphome sollte anhand von Biopsien eine Aussage zur wahrscheinlichen Überlebensdauer von Hodgkin-Patienten treffen. Damals war die Krankheit nicht kontrollierbar und die Lebenserwartung direkt von der Schwere der Erkrankung abhängig. Die Bewertungen der einzelnen Pathologen standen jedoch in keinem Zusammenhang mit dem tatsächlichen Überleben der Patienten. Anschließend wurde ein System entwickelt, bei dem die Experten anhand der Bewertung neun einzelner histologischer Kategorien eine Prognose erstellen sollten. Dies zeigte im Gegensatz zur freien Entscheidung der Pathologen eine signifikante Korrelation mit der tatsächlichen Überlebensdauer [28].

Anstatt also beim iNPH direkt nach der Shuntindikation zu fragen, soll der Arzt zunächst die einzelnen Untersuchungen bewerten, die zuvor noch weiter zerlegt werden können: Vor der Beurteilung des gesamten MRTs stünde die Bewertung der inneren und äußeren

Liquorräume, woraus die Einschätzung des DESH resultiert, und zusammen mit weiteren Parametern das Urteil über die Bildgebung gefällt wird. In Zusammenschau mit den anderen, ebenfalls in Einzelaspekte zerlegten Untersuchungsmethoden wird abschließend die Therapieindikation gestellt.

Eine dritte Möglichkeit ist die Implementierung eines kontinuierlichen Feedbackprozesses, damit die eigene Entscheidung strukturiert mit einem festgelegten Bewertungsstandard verglichen werden kann. Wenn ein Rater während eines Bewertungsprozesses in regelmäßigen Abständen eine Rückmeldung seiner getroffenen Entscheidungen erhält, werden seine Urteile konsistenter sowie Zufallsfehler und Selbstüberschätzung minimiert [44].

4.6.3. EbM und ihre Limitationen – statistical illiteracy

Bei der Analyse des Faktors Mensch und dem Aufzeigen seiner Schwächen entsteht schnell das Bedürfnis nach mehr Algorithmierung und Sicherheit durch Standardisierung auf Grundlage verifizierter Daten. Dies führt unweigerlich zum Gebiet der Evidenz-basierten Medizin. Maßgeblich ist dabei nicht zuletzt die methodische Qualität der vorliegenden Daten. Die randomisierte kontrollierte Studie stellt den Goldstandard der wissenschaftlichen Evidenz dar. Allerdings können nicht alle Fragestellungen als solche abgebildet werden, etwa weil sie sich aus ethischen Gründen verbieten. Oder es fehlen grundsätzlich Untersuchungen aufgrund der offensichtlichen Wirkung von Maßnahmen. Wer würde schließlich den Einsatz von Insulin beim Diabetiker anzweifeln, eine Studie zur Defibrillation beim Kammerflimmern durchführen oder einem Patienten mit Obstruktion der Luftröhre eine Tracheotomie verwehren? Dass RCTs ihren Benefit vor allem in Grauzonen besitzen, wird an der Signal-to-noise-Theorie von Glasziou deutlich: je offensichtlicher und unmittelbarer der Effekt einer Maßnahme ist, umso weniger bedarf es deren Beleg durch eine Studie. Stellt sich ein Nutzen jedoch verzögert, über einen längeren Zeitraum oder fluktuierend dar, können kontrollierte Untersuchungen wichtige Erkenntnisse über die Wirkung liefern [37]. Zudem liegen bei vielen RCTs methodische Fehler vor. Die Analyse von 176,620 Arbeiten zeigt, dass insgesamt die wissenschaftliche Qualität stetig zunimmt, aber noch immer deutlicher Verbesserung bedarf [134]. Was bedeutet dies für ein Gebiet mit vielen offenen Fragen, wie dem iNPH? Künftige Studien werden sicherlich neue Erkenntnisse bringen, jedoch absehbar nicht jedes Detail klären

können. Ein Arzt wird zum suffizienten Urteil auch zukünftig sowohl externe Evidenz als auch klinische Erfahrung benötigen. Während aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse unabdingbar für zeitgemäßes ärztliches Handeln sind, muss der Arzt seine klinische Erfahrung einbringen, um einzuschätzen, ob die vorhandene Evidenz auf den individuellen Patienten übertragbar ist [115]. Auch bei noch so hoher Qualität der Evidenz muss stets geprüft werden, ob sich vorliegende Ergebnisse auf eine konkrete Situation übertragen lassen. Dies zeigt sich am Beispiel von Rettungsschirmen beim Sprung aus einem Flugzeug. Unzweifelhaft scheint es auch ohne Existenz einer Studie, dass der Gebrauch eines Fallschirms die Sterblichkeit deutlich reduziert. Doch eine randomisierte, kontrollierte Studie aus Harvard kam verblüffenderweise zum gegenteiligen Ergebnis: das Tragen eines Fallschirms reduzierte die Wahrscheinlichkeit für Tod oder schwere Verletzungen keineswegs (0% mit Fallschirm vs. 0% Kontrolle; $p > 0,9$). Erst ein Blick ins Studienprotokoll zeigt, dass die Durchführung methodisch einwandfrei ablief, es sich aber um Sprünge aus Flugzeugen handelte, welche sich am Boden befanden [143]. Dies verdeutlicht, dass es auch bei hochsignifikanten Daten der korrekten Integration in die konkrete klinische Situation bedarf.

Ein wesentliches Problem bei der Implementierung wissenschaftlicher Daten in den medizinischen Alltag stellt dabei das Phänomen dar, welches als „statistical illiteracy“ bezeichnet wird. Damit ist gemeint, dass zwar der alltägliche Zugang zu Informationen stetig steigt und das Angebot förmlich explodiert, aber in der Verarbeitung, Einordnung und Verwertung deutliche Defizite bestehen. Dies erstreckt sich über weite Teile der Gesellschaft, sodass auch Ärzte davon betroffen sind. Zur adäquaten Entscheidung und Kommunikation gegenüber dem Patienten ist ein sicherer Umgang mit statistischen Erhebungen unerlässlich. Etwa die Unterscheidung von Korrelation und Kausalität oder die Gegenüberstellung relativer versus absoluter Risiken sind Fähigkeiten, deren Anwendung in der Praxis nicht immer sauber gelingt. Dies ist jedoch ein wichtiger Baustein der gemeinsamen Entscheidungsfindung im Prozess des Informed Consents [36].

Aus dieser Arbeit geht hervor, dass EbM von Anfang an nicht als dogmatischer Handlungszwang anzusehen ist, sondern als Entscheidungsgrundlage für die bestmöglichen individuellen Entscheidungen fungieren soll. Letztlich gilt es, die bestmöglich verfügbare Evidenz zur Entscheidungsfindung heranzuziehen und mit der individuellen klinischen Expertise in die konkrete klinische Situation zu integrieren. Es gilt

dabei den aktuellen Stand der Wissenschaft ebenso zu kennen, wie die Werte und Präferenzen des Patienten. Dieser wird schließlich erwarten, dass sein Arzt die medizinische Datenlage kennt, ohne selbst zu einer Nummer in der Statistik reduziert zu werden.

4.6.4. Nutzung moderner Techniken zur Vereinfachung der Entscheidungsfindung

Technisierung scheint dann hilfreich, wenn sie anstatt zu höherer Komplexität zu einer Simplifizierung der Information, auf deren Grundlage eine Entscheidung getroffen werden muss, führt.

Eine Möglichkeit besteht in der Reduktion der Information durch computergestützte Verfahren. Diese sollen beispielsweise eine Vorselektion von Daten bewirken, die der Untersucher nurmehr überprüfen muss, anstatt die komplette Integration aller Informationen selbst zu leisten. Als Beispiel hierfür dient die Computer gestützte Röntgendiagnostik, welche zu einem besseren Ergebnis bei digital gestützter Mammografie führt [10]. Für den NPH befinden sich Methoden zur Nutzung künstlicher Intelligenz in der Interpretation radiologischer Diagnostik in Erbprobung. Erste Studien zeigen vielversprechende Ergebnisse bei der Detektion von Zeichen für einen Hydrozephalus, müssen aber noch weiterentwickelt werden [144]. Auch im Bereich der liquordynamischen Testung werden moderne Techniken erprobt: Eine Prager Arbeitsgruppe untersuchte Machine-learning-Methoden zur Auswertung des Bolus-Infusionstests anhand von 48 Kriterien. Der beste Algorithmus erzielte dabei in Bezug auf das Shunt-Ansprechen eine rund 20% bessere Vorhersagetreffsicherheit (Sensitivität 86,1%; Spezifität 73,9%) als die konventionelle Auswertung. Welches Potential künftig in derlei Strategien steckt, lässt sich schon daran erkennen, dass hier zur Auswertung einer einzelnen Diagnostik fast 50 Merkmale miteinander integriert wurden. Dies mag ein menschliches Gehirn nicht zu leisten [97]. Spannend bleibt zu erwarten, ob sich die entwickelte Methode in einer Multicenter-Studie bewährt.

4.6.5. Sapere aude! – Menschliches Gehirn vs. Künstliche Intelligenz

Die Grenzen der Algorithmierung ergeben sich aus der Qualität der vorliegenden Daten. Je standardisierter die Erhebung, umso objektiver ist der Datensatz. Hierfür eignen sich in erster Linie harte Kriterien und Messwerte, die in nüchternen Zahlen vorliegen. Diese sind

wissenschaftlich auswertbar, objektiv nachvollziehbar und anschließend auch von anderen Arbeitsgruppen reproduzierbar. Damit können Ergebnisse verglichen und allgemeingültige Schlussfolgerungen postuliert werden. Je weicher und subjektiver die erhobenen Kriterien, umso schwieriger ist eine verlässliche Auswertung.

Dies zeigt sich beim Vergleich der Reproduzierbarkeit von Studien unterschiedlicher wissenschaftlicher Gebiete: Werden Forschende verschiedener Fachgebiete zur Verlässlichkeit ihrer Literatur befragt, so schenken die Angehörigen der Naturwissenschaften wie Physik und Chemie sowie der Ingenieurswissenschaften ihren Ergebnissen erheblich mehr Vertrauen als die der Geistes- und Sozialwissenschaften.

Die Medizin reiht sich entgegen den im naturwissenschaftlich geprägten Studium geschürten Erwartungen bei den letzteren ein [7]. Noch deutlicher wird dies anhand des Fachgebiets der Psychologie, bei der sich eine Reproduzierbarkeit der Fachliteratur von nur 40% zeigt. Hier wird nicht mit absoluten Messwerten gearbeitet, sondern mit komplexen Sachverhalten und Kriterien, die von unterschiedlichen Methoden und Definitionen abhängen.

Vorreiter in der Algorithmierung im medizinischen Bereich sind, wie bereits angesprochen, die Radiologie mit ihren heutzutage digitalisierten Bilddaten oder auch die Anästhesie. Auf dem Gebiet der Intensiv- und Notfallmedizin werden große Mengen an Messwerten von Atemfrequenz bis Zentralvenendruck erhoben, die miteinander verglichen, untereinander integriert und ausgewertet werden können, sodass schließlich klare Standards und Algorithmen ableitbar sind. Doch je weniger strukturierte Daten vorliegen, beispielsweise aufgrund der Seltenheit einer Krankheit oder deren unverstandenem Pathomechanismus und je unschärfer die Kriterien definiert werden können, umso schwieriger lassen sich einheitliche Erkenntnisse ableiten und übertragen.

Künstliche Intelligenz – als Maximalform eines Algorithmus – funktioniert am besten in einem gleichbleibenden Setting. Diese kann nach dem Lernen anhand einer umfassenden Datenmenge Informationen schneller und effizienter anwenden, als es ein menschliches Gehirn zu leisten vermag. Verändern sich jedoch die äußeren Gegebenheiten, wird ein Algorithmus fehleranfällig. Hier kommt die Plastizität des humanen Denkens zum Tragen: Im Gegensatz zu Maschinen sind Menschen in der Lage, durch Assoziieren und Herstellen von Bezügen einen Sinn in Daten zu erkennen und Wissen in neuem Umfeld zu nutzen [18].

Dies bedeutet, dass insbesondere bei einer widersprüchlichen Studienlage oder noch mangelndem Erkenntnisstand individuelle Expertise unabdingbar ist. Auch wenn die EbM als Goldstandard gesehen wird, gehört in der Medizin in derlei Feldern mit dynamischem Erkenntnisstand wie dem NPH ein gewisses Maß an Intuition zur Entscheidungsfindung. Diese ist keineswegs mit ärztlicher Willkür zu verwechseln. Intuition bedeutet vielmehr die gegebenenfalls unbewusste Nutzbarmachung von persönlichen Erfahrungen unter ständiger Reflexion vorliegender Fakten. Das verlässliche Bauchgefühl eines erfahrenen Klinikers fußt letztendlich auf einem langjährigen Lernprozess der vielfachen Gegenüberstellung von erlerntem Wissen und eigenen Erlebnissen, sowie der Überprüfung eigener Entscheidungen und auch Fehler. Dies lässt sich an den Resultaten der Subgruppenanalyse dieser Arbeit nachvollziehen, welche eine kongruentere Bewertung der Methoden durch die Rater höheren Ausbildungsstandes zeigt. Zwar sind diese ob der fehlenden Re-Test-Reliabilität nicht statistisch belastbar, aber sie lassen erkennen, dass Fachärzten mit ihrer jahrelangen Erfahrung die Integration der verschiedenen Diagnostik-Ergebnisse besser gelingt als den weniger erfahrenen Assistenten.

Um komplexe Aufgaben zu lösen, bedient sich das Gehirn Werkzeugen wie Selektion, Filterung und Löschung zur Reduktion der Komplexität der Informationsflut. Aus diesem Grund sind wir zwar der KI darin unterlegen, große Datenmengen vollständig zu überblicken, Muster zu erkennen und regelhafte Zusammenhänge zu detektieren. Der Vorteil des menschlichen Gehirns liegt jedoch in seinem flexiblen Denken, das uns dazu gereicht sinnvolle Zusammenhänge zu erkennen, Erkenntnisse in Kontext zu setzen und Erfahrungen in unterschiedlichen Situationen anzuwenden.

So kann ein aufmerksamer Kliniker beispielsweise neue Forschung zur Pathogenese des NPH oder neuer Diagnostik ebenso in seine alltäglichen Entscheidungen integrieren, wie persönliche Erfahrungen, während Scores und Leitlinien zwangsläufig einer Latenz unterliegen.

4.6.6. Scio non scio - wissenschaftliche Kontroversen beim iNPH

Je mehr zum Thema iNPH geforscht wird, umso mehr Kontroversen scheinen sich zu ergeben. Dies zeigt eine orientierende Literaturrecherche der jüngeren Ergebnisse zum Begriff „Normal Pressure Hydrocephalus“ auf PubMed. Hierunter finden sich Arbeiten

über hochkomplexe Diagnostik, wie etwa der Amyloid-PET-CT zur Differentialdiagnostik des M. Alzheimer [85] oder zu sehr spezifischen Fragestellungen wie Studien zu inflammatorischen Biomarkern beim iNPH an Ratten [83]. Ferner gibt es Abhandlungen über neue Hypothesen zur Pathogenese mit dem Bestreben, das Krankheitsbild in seinen Grundzügen zu verstehen [138] oder zu kreativen Ansätzen wie dem derzeit viel erforschten Vitamin D, welches sich auch hier nicht als Wundermittel erweist [78].

Die weite Bandbreite von Grundlagenforschung bis zur Evaluation hochspezifischer Diagnostik zeigt auf, dass in der Forschung komplexe moderne Methoden ebenso heiß umstritten sind, wie Theorien zur immer noch nicht gänzlich verstandenen Pathophysiologie. Es entsteht der Eindruck von vielen Puzzleteilen, die sich nicht leicht zu einem sinnvollen Bild zusammenfügen lassen. Das spiegelt sich in den in vorherigen Kapiteln aufgeführten Bemühungen um einheitliche Scores wider. Zahlreiche Arbeitsgruppen zu dem Thema führten zu einer Koexistenz unterschiedlicher Graduierungssysteme, ohne dass sich bisher ein Konsens herstellen lässt. Wenn sich jedoch keine Einigkeit zur bloßen Erfassung des klinischen Status bzw. der Erfassung einer postoperativen Verbesserung herstellen lässt, erscheint es schwer vorstellbar, für Diagnostik und Therapie eine solche zu erlangen.

Die Anwendung all der modernen Methoden der Wissenschaft hat sicherlich großen Beitrag zum Verständnis des Krankheitsbildes geleistet und sollte zu diesem Zwecke auch weiterverfolgt werden. Von einer Implementation in klinische Entscheidungsabläufe sind sie jedoch weit entfernt. Daher erscheint es erforderlich, zuvorderst die Grundlagen besser zu verstehen und die daraus abgeleiteten Erkenntnisse nachhaltig in die klinische Praxis zu einzubringen. Denn wie die Ergebnisse dieser Arbeit nahelegen, fällt es bereits jetzt schwer, zahlreiche Informationen zu einem stimmigen Bild konsequent zu integrieren.

Dass sich aber dynamische Resultate aus der Grundlagenforschung in direktem Zusammenhang mit der klinischen Praxis stehen (sollten), zeigt die Entwicklung der Modelle zur Pathogenese des iNPH. Hier wird deutlich, dass trotz eines jahrzehntelangen Lernprozesses, bei dem sich Erkenntnisse (r)evolutionierten, wir noch immer vieles nicht wissen bzw. Wissen, das als gesichert galt, mit der Zeit doch widerlegt wurde und das i im Begriff nach wie vor zu Recht steht.

Am Wandel pathophysiologischer Theorien lässt sich die Evolution von (vermeintlichen) Erkenntnissen rund um das Krankheitsbild des Normaldruckhydrozephalus mit seinen Auswirkungen auf die Klinik verdeutlichen: Wurde zunächst durch Entdecker Salomon Hakim ein normaler Hirndruck postuliert, zeigten sich bald zumindest phasenweise Erhöhungen. Lange herrschte die Vorstellung hauptsächlich einer gestörten Liquorzirkulation- bzw. Resorption und eine strikte Abgrenzung zu anderen Demenzformen stand im Vordergrund [67]. Dieser Theorie folgend wurden diagnostische Methoden entwickelt, die einen abnormen Liquorfluss detektieren sollten: Flow-void-Phänomen, Phasenkontrast-MRT und besonders die szintigraphische oder computertomographische Zisternographie erschienen als vielversprechende Methoden [55] [133]; [82]; [75] [99]. Dahingegen wurde das Vorliegen von Zeichen einer vaskulären oder Alzheimer-Demenz wie abnormer Proteinablagerungen oder ischämischer Marklagerläsionen in der Bildgebung gegen einen iNPH gewertet und waren zwingend differentialdiagnostisch auszuschließen [67] [72] [128].

Während sich in der aktuellen deutschen Leitlinie die Maßgabe hält, dass eine andere Erkrankung als Ursache für die Symptome ausgeschlossen sein muss, verschwimmen die Grenzen zu anderen Demenzformen mittlerweile zusehends. Das auffällig häufige Vorliegen einer vaskulären oder Alzheimer-Demenz ließ einen möglichen Zusammenhang vermuten [108]. Neuere pathophysiologische Überlegungen beziehen arteriosklerotische Veränderungen mit einem pathologischen Kapillarpuls und Ablagerungen hirntoxischer Proteine in die Theorien zur Pathogenese mit ein. Erhöhte Liquorpulsatilität und verminderte -Resorption werden als Anstoß für eine sich selbst verschlimmernde pathophysiologische Spirale mit Neuroinflammation und Astrogliose, Dysfunktion des Glymphatischen Systems, Anschoppung von Proteinen, sowie Hypoperfusion und Schädigung der Blut-Hirn-Schranke mit konsekutiven Läsionen der weißen und grauen Substanz gesehen [33] [138].

Diese korrelieren mit der klinischen Beobachtung, dass sich bildmorphologische Zeichen vaskulärer Läsionen im Hirnparenchym nicht als negativer Prädiktor für das Shunting eignen [129] und sich trotz simultan vorliegender Zeichen für einen NPH und eine vaskuläre Demenz Verbesserungen in motorischen und psychischen Funktionen erzielen lassen [122]. Dass das postoperative Outcome in der Regel mit Ausdehnung der Läsionen abnimmt, könnte lediglich für einen weit fortgeschrittenen Prozess sprechen [74].

In Amyloid-PET-CTs wie auch in Liquorproteinanalysen finden sich bei iNPH-Patienten zum Teil Alzheimer-typische, aber auch abweichende Proteinablagerungen, sodass dies differentialdiagnostisch genutzt werden kann. Prädiktive Werte oder iNPH-spezifische Biomarker konnten bisher nicht identifiziert werden [85] [100] [105].

Angesichts der geschilderten Entwicklung des pathophysiologischen Modells ist es wenig verwunderlich, dass sich aus keiner der genannten radiologischen Methoden zur reinen Liquorflussuntersuchung ein valider prädiktiver Wert ableiten ließ [8] [25] [55] [75] [99] [133]. Zumal sich schon beim Gesunden andere Liquorflüsse als erwartet zeigen [142]. Es erscheint vor dem Hintergrund, dass sich pathophysiologische Hypothesen von einer isolierten Störung der Hirnwasserzirkulation wegentwickeln, wenig zielführend, dass weitere, komplexe Verfahren zur Visualisierung des Liquorflusses wie die Time-spatial-labeling-inverson-pulse-Technik (Time- SLIP), erforscht werden [142]. Ähnlich verhält es sich mit weiteren MRT-gestützten Techniken wie der Magnetresonanzspektroskopie (MRS) oder Diffusionsgewichteter Sequenzen, sowie Voxel-basierte Methoden zur Analyse des zerebralen Blutflusses und nuklearmedizinischen Verfahren wie SPECT oder PET zur Untersuchung hämodynamischer Parameter [91] [99], wie z.B. des zerebralen Blutflusses nach Azetazolamidgabe [42]. Ein Ansprechen auf letztere besitzt zwar einen hohen positiven prädiktiven Wert, doch schon jetzt wird das Potenzial bereits vorhandener evidenzbasierter Methoden nicht ausgeschöpft, insbesondere wenn diese eher aufwändig sind. So ist beispielsweise seit Jahren bekannt, dass der Evans-Index zwar ein valides Kriterium zum Nachweis einer Ventrikulomegalie ist, jedoch ein normwertiger diese nicht ausschließen kann. Eine Ventrikelvolumetrie ist hier wesentlich genauer, wird aber trotzdem in der Routinediagnostik kaum angewandt [62] [123].

In dieser Arbeit zeigt sich, dass eine konstante Bewertung selbst vertrauter Methoden nicht verlässlich gelingt. Wie soll dann die Integration weiterer komplexer Bausteine gelingen? Ein neues Verfahren sollte leicht durchführbar und einfach zu interpretieren sein. Je aufwändiger und spezieller es wird, umso aussagekräftiger müsste es sich zeigen. Wenn also ein komplexes neues Verfahren nicht gerade eine herausragende diagnostische Wertigkeit aufweist, die praktisch nur die etablierte Basisdiagnostik zusätzlich erforderlich macht, wird eine Integration in die derzeitige klinische Praxis unwahrscheinlich. Hilfe beim Zusammensetzen der detaillierten Befunde könnte jedoch in der Anwendung von künstlicher Intelligenz (KI) erfolgen. Erste vielversprechende Studien

hierzu lassen Hoffnung aufkeimen [144]. Beispielsweise zeigte eine chinesische Arbeit, dass einem KI-Modell die Detektion von Hydrozephalus-Gehirnen in 1000 CT-Bildern immerhin besser gelang als radiologischen Assistenten. Im Bereich des Normaldruckhydrocephalus liefert eine Prager Arbeitsgruppe aussichtsreiche Ergebnisse: Deren Machine-learning-Algorithmus zur Auswertung des Bolus-Infusionstests schlägt die konventionelle Auswertung um rund 20% bezüglich der Prädiktion des Shunt-Ansprechens. Sie wird sich jedoch erst noch in weiteren Untersuchungen bewähren müssen [97]. Solange sie weiterhin von Fachärzten geschlagen wird, bleibt die Anwendung von KI Science-Fiction.

Bis dahin besteht dringender Bedarf an klaren Guidelines, welche einheitliche Standards etablieren und Handlungssicherheit in der Therapieentscheidung geben. In der Literatur finden sich zahlreiche zum Teil mehr oder minder stark umstrittene negative und positive Prädiktoren für den Operationserfolg einer Shunt-Implantation. So gibt es in der aktuellen AWMF-Leitlinie eine tabellarische Auflistung diverser positiver und negativer Prädiktoren [104], die den Eindruck vermittelt, dass einfach die Punkte wie eine Art Checkliste abgearbeitet werden könnten, damit sich daraus schließlich die Indikation ergibt. Angesichts der sehr spezifischen Parameter wie B-Wellen in der ICP-Messung, dem R_{out}-Wert beim BIFT oder Befunde von Amyloid-PET- bzw. Liquorproteinuntersuchungen, wird deutlich, dass dies nicht praktikabel ist. Unklar ist, in welcher Reihenfolge oder Priorisierung diese Methoden durchgeführt und deren Ergebnisse miteinander integriert werden sollen. Vergleicht man sie mit dem in derselben Leitlinie empfohlenen Diagnoseablauf, sind einzelne Punkte gar nicht oder schlicht als gleichwertig nebeneinander aufgeführt. Bei nicht eindeutigem Spinal-Tap-Test werden zur weiterführenden Abklärung eine mehrtägige Liquordrainage oder hydrodynamische Tests als gleichrangig nebeneinander, respektive auch eine intrakranielle Druckmessung angeführt, mit der Empfehlung, von den ersten beiden den Test durchzuführen, für den meiste Erfahrung vorliegt. Dies ist jedoch konträr zur starken positiven Vorhersagekraft des R_{out}-Werts gegenüber umstrittener Evidenzlage zur externen Lumbaldrainage (ELD), zumal die beiden Untersuchungen meist unterschiedliche Ergebnisse liefern und daher andernorts nicht zur alternativen, sondern komplementären Anwendung empfohlen werden [13] [42] [59] [103]. Die Problematik der freien Auswahl der Diagnostik nach persönlicher Präferenz zeigt sich in der Umfrage an deutschen neurochirurgischen

Kliniken: In sieben Abteilungen wird bereits initial eine mehrtägige Liquordrainage durchgeführt, an zehn weiteren bei unklarem Ergebnis nach Spinal-Tap-Test. Ein lumbaler Infusionstest findet dagegen nur in zwei Kliniken optional Anwendung. Dieses Handeln wider gegenteiliger Evidenz birgt aufgrund des schlechten negativen prädiktiven Werts der ELD die Gefahr der Unterversorgung. Es ist ein Teufelskreis: Die Durchführung und Interpretation von Methoden wie der Infusionstestung ist unzureichend standardisiert, daher herrscht Unsicherheit in deren Anwendung. Aus diesem Grund wird das Verfahren nicht angewandt, sondern auf vertraute Methoden zurückgegriffen, deren Evidenz aber schlechter ausfällt. Aufgrund der seltenen, nicht flächendeckend einheitlichen Anwendung zu präferierender Diagnostik, sondern starker regionaler Unterschiede wird eine aussagekräftige Evaluation und Standardisierung verhindert [100]. Während die aktuelle deutsche Leitlinie bei deutlicher Befundkonstellation für das Vorliegen eines iNPH klare Handlungsempfehlungen gibt, wird sie gerade bei zunehmend undurchsichtiger Lage, in denen die Unsicherheit in der Entscheidungsfindung zunimmt, immer schwammiger [104]. Im Vergleich dazu bieten die zuletzt überarbeiteten japanischen Guidelines mit ihrem dreiteiligen Konzept des möglichen, wahrscheinlichen und definitiven iNPH und der zugehörigen stufenweise Abklärung einen detaillierten Algorithmus und erörtert fünfzehn klinische Fragestellungen [100]. Die amerikanische Version bietet eine eher lose Aneinanderreihung einzelner Faktoren [42]. Daraus ergeben sich in praxi diverse Probleme: Zu unklare Anweisungen bringen keine Handlungssicherheit in Situationen, in denen sie benötigt werden. Zu detaillierte hingegen liefern eine Menge an Informationen, bei denen sich in Zusammenschau mit den Ergebnissen dieser Arbeit die Frage erhebt, ob daraus valide Konsequenzen gezogen werden können. Beinahe Symbolcharakter hat die Definition eines definitiven iNPH: Die Diagnose gilt dann als gesichert, wenn der Patient auf die Shunttherapie anspricht. Das wirkt zynisch, sollte doch die präzise Diagnose zur adäquaten Therapie führen. „Vor die Therapie haben die Götter die Diagnose gesetzt“, wird Medizinern im Studium eingebläut [61]. Dabei ist Diagnosis ex juvantibus in der Klinik durchaus gebräuchlich und gerade in der Neurologie lassen sich Diagnosen oft erst post mortem stellen [101]. Es zeigt jedoch auf, dass iNPH-Diagnosekriterien nicht mit Prädiktoren für ein Shuntansprechen gleichgesetzt werden dürfen. Darüber hinaus versinnbildlicht es den Wissensstand zum

iNPH: Wir wissen erst sicher, dass es sich um einen iNPH handelt, wenn der Shunt hilft. Und wenn nicht - war es vielleicht einfach zu spät?

4.7. Schlussfolgerung und Ausblick

Auch über ein halbes Jahrhundert intensive Forschung auf dem Gebiet des Normaldruckhydrozephalus hat bisher nicht zur Etablierung eines Goldstandards in der Diagnosestellung geführt. Noch immer stellt dies ein zentrales Problem zahlreicher wissenschaftlicher Arbeiten dar.

Diese beschäftigen sich jedoch in der Hauptsache mit der prädiktiven Wertigkeit der Untersuchungsmethoden, ohne zu evaluieren, inwiefern die Umsetzung in der klinischen Praxis erfolgt. Dies ist jedoch aus mehreren Gründen von Bedeutung:

Angesichts der weltweiten demografischen Entwicklung lässt sich ein Anstieg der Prävalenz des Normaldruckhydrozephalus antizipieren. Gepaart mit der fortschreitenden Technisierung der Medizin und der damit einhergehenden Entwicklung kostenintensiver hochtechnologischer Untersuchungsmethoden schreiten wir auf ein wachsendes ökonomisches Problem zu.

Ferner sind bekanntermaßen etliche invasive Diagnostika komplikationsbehaftet. Aus ethischen und wirtschaftlichen Gründen ist es daher unabdingbar, dass diese komplexen modernen Methoden, soweit sie verfügbar sind, effizient genutzt werden. Dies bedeutet zum einen, Überdiagnostik konsequent zu vermeiden, und zum anderen die erhobenen Befunde effektiv anzuwenden.

Auf das Feld des Normaldruckhydrozephalus bezogen ist es deshalb notwendig, insbesondere die Anwendung von Techniken mit fraglichem Nutzen kritisch zu hinterfragen. Denn besonders in einem Gebiet, auf dem zahlreiche Verfahren in Studien widersprüchlich bewertet werden, muss es vermieden werden, durch ein Mehr an unsicherer Diagnostik scheinbare Sicherheit zu generieren. Stattdessen sollte eine Konzentration auf bewährte Verfahren und deren konsequente Umsetzung erfolgen.

Blickt man über die Neurochirurgie hinaus, so lassen sich aus den Ergebnissen grundlegende Fragestellungen für die gesamte moderne Medizin ableiten. Im Zeitalter der Evidence-based Medicine werden einheitliche Standards auf Grundlage empirischer Daten angestrebt. Es bestehen jedoch Defizite im Bereich von Verarbeitung, Einordnung

und Verwertung von Informationen mit dem Bedarf nach Maßnahmen zur Reduktion auch unter Medizinern weit verbreiteter statistical illiteracy.

Mit dem Ruf nach mehr Empirie führen Modernisierung und Digitalisierung zu einer Datenflut, welche nur unzureichend im klinischen Prozess implementiert werden kann. Dem Bedürfnis nachzugeben, Entscheidungsfähigkeit dadurch zu verbessern, dass mehr Informationen generiert und ausgewertet werden, ist nur in begrenztem Maß sinnvoll: Limitationen ergeben sich aus der eingeschränkten Kapazität des menschlichen Gehirns bei der Integration größerer Mengen an Daten. Mehr Information führt zu mehr (Selbst-) Sicherheit, aber nicht zu besseren Entscheidungen.

Somit befindet sich der moderne praktizierende Arzt im Zentrum multipler Spannungsfelder:

Während eine Loslösung der Diagnosefindung vom individuellen Untersucher durch Verwendung von Algorithmen und evidenzbasierten Standards ein einheitlich hohes Qualitätsniveau sicherstellen soll, zeigen sich in der Praxis Grenzen: Zum einen sind bei heterogener Datenlage Handlungsempfehlungen oft schlecht validiert und zum anderen erweist sich die Übertragung auf den konkreten Fall häufig als schwierig.

Es muss aktuelle Evidenz zur Steigerung von Qualität und Gleichberechtigung in Einklang gebracht werden mit patientenspezifischen Bedürfnissen, um individuell zugeschnittene Einzelfallentscheidungen zu treffen.

Aus den Ergebnissen lassen sich im Wesentlichen zwei Aussagen ableiten:

1. Mehr Informationen sind nicht gleichzusetzen mit besseren Entscheidungen. Eine Diagnose mit konsekutiver Therapieempfehlung bedarf sorgfältiger Diagnostik, welche maßvoll gewählt werden muss. Es ist dabei nicht zielführend, eine möglichst große Menge an Daten zu generieren, da dies nur zu vermeintlicher Sicherheit in der Entscheidungsfindung führt. Bei der Durchführung zahlreicher und komplexer Methoden besteht indes die Gefahr, dass deren prädiktive Wertigkeit überschätzt wird. Stattdessen sollte eine Konzentration auf Maßnahmen, mit denen sicherer Umgang und ausreichende Erfahrung bestehen, erfolgen, um eine präzise Diagnose zu stellen.

2. Wissenschaftliche Empirie ersetzt nicht die klinische Erfahrung des Therapeuten. Bestehende medizinische Studien und die daraus resultierenden Leitlinien bieten zwar wichtige und wertvolle Handlungsrichtlinien, können aber eine individuelle Einzelfallentscheidung nicht ersetzen. Anwendung Evidenz-basierter Medizin bedeutet,

Ergebnisse der medizinischen Forschung in die klinische Entscheidung zu integrieren. Die konkrete Therapieentscheidung muss auf Grundlage aktueller wissenschaftlicher Erkenntnisse erfolgen, ohne dabei die patientenspezifischen Bedürfnisse zu vernachlässigen. Anonyme Algorithmen können nicht an die Stelle einer vertrauensvollen Arzt-Patienten-Beziehung treten.

In der Zusammenschau ist zu postulieren, dass ein Mehr an Information durch umfassendere Diagnostik nicht zwangsläufig zu besseren klinischen Entscheidungen führt, sowie zusätzliche Diagnostik häufig nicht zielführend ist.

Diese Dissertation belegt die Erkenntnisse am spezifischen Beispiel der Diagnostik beim Normaldruckhydrozephalus am Bundeswehrkrankenhaus Ulm. In Zusammenschau mit wissenschaftlicher Literatur aus unterschiedlichen Feldern lässt sich ableiten, dass sich die Thesen auch auf andere Gebiete der Medizin übertragen lassen. Eine Chance könnte hier im Zuge des Strukturwandels der deutschen Krankenhauslandschaft in einer zunehmenden Spezialisierung an Zentren bestehen. Diese gilt es, zur Qualitätssteigerung zu nutzen. Insgesamt sollten die Ergebnisse dieser Arbeit als Anstoß dienen, die einzeln diskutierten Konfliktpunkte in weiteren Arbeiten zu untersuchen.

5. Zusammenfassung

Fast sechzig Jahre nach seiner Entdeckung ist das Krankheitsbild des idiopathischen Normaldruckhydrozephalus (iNPH) noch immer nicht vollumfänglich verstanden und seine Diagnostik zentraler Gegenstand der Forschung. Viele Untersuchungsmethoden wurden entwickelt, sind aber häufig schlecht validiert und in der Literatur umstritten. Die einzige etablierte Therapie-Option besteht nach wie vor in der chirurgischen Shuntimplantation. Eine verlässliche Prädiktion der Shuntresponse ist jedoch ein persistentes Problem.

Ziel dieser Arbeit ist nicht die Validation einzelner Methoden, sondern die Überprüfung, inwiefern sich durchgeführte Diagnostik auf die Indikation zur Shuntimplantation auswirkt. Werden in der Praxis die nötigen Konsequenzen aus den Untersuchungen gezogen und adäquat bei der Therapieentscheidung umgesetzt?

Die Qualität der Daten zeichnet sich besonders dadurch aus, dass am Bundeswehrkrankenhaus Ulm mit intrakranieller Druck-(ICP)Messung, Bolus-Infusions-Testung (BIFT) und Phasenkontrast-MRT hochwertige Diagnostik-Methoden Anwendung finden, welche anderen Kliniken nicht regelhaft zur Verfügung stehen, wie eine eigens durchgeführte Erhebung an 25 deutschen neurochirurgischen Kliniken zeigt.

In dieser prospektiven, monozentrischen Studie erfolgt die anonymisierte Aufarbeitung der Daten von 53 Patienten, welche mit V.a. einen idiopathischen Normaldruckhydrozephalus abgeklärt worden sind, mit anschließender Beurteilung durch neun Ärzte aus der Neurochirurgie (Rater). Hierzu wird für jeden Patienten ein anonymer Steckbrief erstellt. Dieser beinhaltet einen Überblick über das klinische Erscheinungsbild mit Hakim-Trias, Geschlecht, Alter und Begleiterkrankungen, sowie Ergebnisse und Befunde der Diagnostik inklusive Hirndruckmessung mit Spinal Tap und Bolus-Infusionstest, wie auch eine MRT-Bildgebung des Kopfes mit Phasenkontrast-Sequenz. Die Rater unterschiedlichen Ausbildungsstands prüfen anhand der 53 Steckbriefe ohne Kenntnis des Patienten die Indikation zur Anlage eines Ventrikuloperitoneal-Shunts. Diese Entscheidung wird dann untereinander auf Kongruenz geprüft und mit der tatsächlichen Indikation der Behandler verglichen, sowie im Abstand weniger Monate mittels kleinerer Stichprobe von 10 Datensätzen auf Intrarater-Reliabilität überprüft.

In unserer Untersuchung kann bei der Konkordanzanalyse keine Intrarater-Reliabilität nachgewiesen werden. Es zeigt sich, dass kein statistisch signifikanter Einfluss der

durchgeführten Diagnostik auf die Entscheidung für oder gegen eine Shuntimplantation besteht. Dass in der Praxis aus aufwendiger Diagnostik die nötigen Konsequenzen gezogen und adäquat umgesetzt werden, ist anhand der Ergebnisse dieser Arbeit fraglich. Wenn umfangreiche Informationen aus modernen Untersuchungen nicht ausschlaggebend für die Therapieentscheidung sind, besteht die Frage nach weiteren Einfluss- bzw. Störfaktoren. Wir zeigen, dass eine ökonomische Motivation unwahrscheinlich ist und stellen verhaltenspsychologische Faktoren ins Zentrum der Diskussion. Zudem setzen wir die Ergebnisse in den Kontext der Evidenz basierten Medizin und diskutieren deren Limitationen. Wir schlussfolgern, dass ein Mehr an Information durch umfassendere Diagnostik nicht zwangsläufig zu besseren klinischen Entscheidungen führt. Bei hohen inter- und intraindividuellen Unterschieden in der Bewertung derselben Daten zur Entscheidungsfindung können Strategien wie Zentralisierung, Aufgabenteilung oder Implementierung von Algorithmen Lösungsansätze zur Objektivierung und Standardisierung bieten. In der Zusammenschau postulieren wir für das Krankheitsbild des iNPH, dass zusätzliche Diagnostik für die Indikationsstellung zur Shuntanlage oftmals keinen Benefit aufweist und angesichts medizinischer und ökonomischer Kosten-Nutzen-Analysen häufig nicht zielführend ist. Es sollte künftig überprüft werden, inwiefern sich die Erkenntnisse reproduzieren und auch auf andere Felder der Medizin übertragen lassen. Insbesondere bei komplexen Krankheitsbildern wie dem iNPH mit uneinheitlich validierter Diagnostik und heterogenem Patientenklientel ist es erforderlich, dass eine patientenadaptierte Diagnostik und Therapie auf Grundlage aktueller wissenschaftlicher Erkenntnisse unter Integration spezifischer Bedürfnisse als individualisierte Einzelfallentscheidung im Sinne des Patienten erfolgt.

6. Literaturverzeichnis

[1] Adams, R. D.; Fisher, C. M.; Hakim, S.; Ojemann, R. G.; Sweet, W. H. (1965): Symptomatic Occult Hydrocephalus with Normal Cerebrospinal-Fluid Pressure — A Treatable Syndrome. In: *The New England journal of medicine, 273*, S. 117–126.

[2] Ahmed, A. K.; Luciano, M.; Moghekar, A.; Shin, J.; Aygun, N.; Sair, H. I. et al. (2018): Does the Presence or Absence of DESH Predict Outcomes in Adult Hydrocephalus? In: *American journal of neuroradiology, 39*, S. 2022–2026.

[3] Alsfasser, G.; Leicht, H.; Günster, C.; Rau, B. M.; Schillinger, G.; Klar, E. (2016): Volume-outcome relationship in pancreatic surgery. In: *The British journal of surgery, 103*, S. 136–143.

[4] Ammar, Ahmed; Abbas, Faisal; Al Issawi, Wisam; Fakhro, Fatima; Batarfi, Layla; Hendam, Ahmed et al. (2017): Idiopathic Normal-Pressure Hydrocephalus Syndrome: Is It Understood? The Comprehensive Idiopathic Normal-Pressure Hydrocephalus Theory (CiNPHT). In: Ahmed Ammar (Hg.): Hydrocephalus. Cham: Springer International Publishing, S. 67–82.

[5] Andrén, Kerstin; Wikkelsø, Carsten; Tisell, Magnus; Hellström, Per (2014): Natural course of idiopathic normal pressure hydrocephalus. In: *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry, 85*, S. 806–810.

[6] Armstrong, J.Scott; Denniston, William B.; Gordon, Matt M. (1975): The use of the decomposition principle in making judgments. In: *Organizational Behavior and Human Performance, 14*, S. 257–263.

[7] Baker, Monya (2016): 1,500 scientists lift the lid on reproducibility. In: *Nature, 533*, S. 452–454.

[8] Bateman, G. A.; Loiselle, A. M. (2007): Can MR measurement of intracranial hydrodynamics and compliance differentiate which patient with idiopathic normal pressure hydrocephalus will improve following shunt insertion? In: *Acta neurochirurgica, 149*, 455-62; discussion 462.

[9] Bech-Azeddine, R.; Hogh, P.; Juhler, M.; Gjerris, F.; Waldemar, G. (2007): Idiopathic normal-pressure hydrocephalus: clinical comorbidity correlated with cerebral biopsy findings and outcome of cerebrospinal fluid shunting. In: *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry, 78*, S. 157–161.

[10] Berlin, Leonard (2007): Accuracy of diagnostic procedures: has it improved over the past five decades? In: *AJR. American journal of roentgenology, 188*, S. 1173–1178.

[11] BfArM (2022). Hg. v. Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte. Online verfügbar unter https://www.bfarm.de/DE/Kodiersysteme/Klassifikationen/ICD/ICD-10-GM/Anwendung/zweck.html, zuletzt geprüft am 29.01.2022.

[12] Black, P. M. (1980): Idiopathic normal-pressure hydrocephalus. Results of shunting in 62 patients. In: *Journal of neurosurgery, 52*, S. 371–377.

[13] Boon, A. J.; Tans, J. T.; Delwel, E. J.; Egeler-Peerdeman, S. M.; Hanlo, P. W.; Wurzer, H. A. et al. (1997): Dutch normal-pressure hydrocephalus study: prediction of outcome after shunting by resistance to outflow of cerebrospinal fluid. In: *Journal of neurosurgery, 87*, S. 687–693.

[14] Boon, A. J.; Tans, J. T.; Delwel, E. J.; Egeler-Peerdeman, S. M.; Hanlo, P. W.; Wurzer, H. A.; Hermans, J. (2000): The Dutch normal-pressure hydrocephalus study. How to select patients for shunting? An analysis of four diagnostic criteria. In: *Surgical neurology, 53*, S. 201–207.

[15] Brean, A.; Fredø, H. L.; Sollid, S.; Müller, T.; Sundstrøm, T.; Eide, P. K. (2008): Prevalence of probable idiopathic normal pressure hydrocephalus in a Norwegian population. In: *Acta neurologica Scandinavica, 118*, S. 48–53.

[16] Bundestag (2019): Gesetz für bessere und unabhängigere Prüfungen. MDK-Reformgesetz. In: *Bundesgesetzblatt*, S. 2789. Online verfügbar unter http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl&jumpTo=bgbl119s2789.pdf, zuletzt geprüft am 26.05.2022.

[17] Bundeswehrkrankenhaus Ulm (2020): OP Reporting Bundeswehrkrankenhaus Ulm Jahr 2020.

[18] Busch, Volker (2021): Denken Sie schon oder konsumieren Sie noch? Warum Informationen allein kein Wissen bedeuten. In: Ferri Abolhassan (Hg.): Wissen. Macht. Spass. Frankfurt am Main: Frankfurter Allgemeine Buch, S. 120–127.

[19] Busse, Thomas (2009): OP-Managementfibel. Hg. v. Universität Frankfurt. Frankfurt. Online verfügbar unter https://www.frankfurt-university.de/fileadmin/standard/Forschung/ZGWR/opmanagementfibel_2auflage_final.pdf, zuletzt geprüft am 05.05.2021.

[20] Chan, Andrew K.; McGovern, Robert A.; Zacharia, Brad E.; Mikell, Charles B.; Bruce, Sam S.; Sheehy, John Paul et al. (2013): Inferior short-term safety profile of endoscopic third ventriculostomy compared with ventriculoperitoneal shunt placement for idiopathic normal-pressure hydrocephalus: a population-based study. In: *Neurosurgery, 73*, S. 951-60; discussion 960-1.

[21] Chaudhry, Priyanka; Kharkar, Siddharth; Heidler-Gary, Jennifer; Hillis, Argye E.; Newhart, Melissa; Kleinman, Jonathan T. et al. (2007): Characteristics and reversibility of dementia in Normal Pressure Hydrocephalus. In: *Behavioural neurology, 18*, S. 149–158.

[22] Conn, Harold O. (2011): Normal pressure hydrocephalus (NPH): more about NPH by a physician who is the patient. In: *Clinical medicine (London, England), 11*, S. 162–165.

[23] Damasceno, Benito Pereira (2009): Normal pressure hydrocephalus: Diagnostic and predictive evaluationon. In: *Dementia & neuropsychologia, 3*, S. 8–15.

[24] Dichgans, Martin; Böhm, Michael; Diener, Hans-Christoph; Hamann, Gerhard F.; Herbst, Heinz-Peter; Minnerup, Jens et al. (2017): S1-Leitlinie Vaskuläre Demenzen. Hg. v. Leitlinien für Diagnostik und Therapie in der Neurologie. Online verfügbar unter www.dgn.org/leitlinien, zuletzt geprüft am 30.01.2022.

[25] Dixon, Geoffrey R.; Friedman, Jonathan A.; Luetmer, Patrick H.; Quast, Lynn M.; McClelland, Robyn L.; Petersen, Ronald C. et al. (2002): Use of cerebrospinal fluid flow rates measured by phase-contrast MR to predict outcome of ventriculoperitoneal shunting for idiopathic normal-pressure hydrocephalus. In: *Mayo Clinic proceedings, 77*, S. 509–514.

[26] Dudycha, Linda Weathers; Naylor, James C. (1966): Characteristics of the human inference process in complex choice behavior situations. In: *Organizational Behavior and Human Performance, 1*, S. 110–128.

[27] Edsbagge, Mikael; Tisell, Magnus; Jacobsson, Lars; Wikkelso, Carsten (2004): Spinal CSF absorption in healthy individuals. In: *American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology, 287*, R1450-5.

[28] Einhorn, Hillel J. (1972): Expert measurement and mechanical combination. In: *Organizational Behavior and Human Performance, 7*, S. 86–106.

[29] Eymann, Regina; Chehab, Somar; Strowitzki, Martin; Steudel, Wolf-Ingo; Kiefer, Michael (2008): Clinical and economic consequences of antibiotic-impregnated cerebrospinal fluid shunt catheters. In: *Journal of neurosurgery. Pediatrics, 1*, S. 444–450.

[30] Fisher, C. M. (1982): Hydrocephalus as a cause of disturbances of gait in the elderly. In: *Neurology, 32*, S. 1358–1363.

[31] Fleischer, Werner (2012): OP-Organisation: Erste Hilfe für das Herzstück. Hg. v. Deutscher Ärzteverlag GmbH, Redaktion Deutsches Ärzteblatt. Online verfügbar unter https://www.aerzteblatt.de/archiv/133666/OP-Organisation-Erste-Hilfe-fuer-das-Herzstueck, zuletzt aktualisiert am 25.04.2021, zuletzt geprüft am 25.04.2021.

[32] Freter, S.; Bergman, H.; Gold, S.; Chertkow, H.; Clarfield, A. M. (1998): Prevalence of potentially reversible dementias and actual reversibility in a memory clinic cohort. In: *CMAJ, 159*, S. 657–662. Online verfügbar unter https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9780965.

[33] Fritsch, Michael J.; Kehler, Uwe; Meier, Ullrich (2014): NPH - Normal Pressure Hydrocephalus. Differential Diagnosis and Treatment. Stuttgart: Thieme.

[34] Fürstenberg, Torsten; Zich, Karsten; Haustein, Robert (2012): Regionale Unterschiede und deren Determinanten im Bereich der Wirbelsäulenchirurgie. In: J. Klauber, M. Geraedts, J. Friedrich und J. Wasem (Hg.): Krankenhaus-Report 2012. Stuttgart: Schattauer, S. 77–96.

[35] Geraedts, M.; Cruppé, Werner de (2015): Strukturwandel aus Patientenperspektive. In: J. Klauber, M. Geraedts, J. Friedrich und J. Wasem (Hg.): Krankenhaus-Report 2015. Stuttgart: Schattauer, S. 115–125.

[36] Gigerenzer, Gerd; Gaissmaier, Wolfgang; Kurz-Milcke, Elke; Schwartz, Lisa M.; Woloshin, Steven (2007): Helping Doctors and Patients Make Sense of Health Statistics. In: *Psychological science in the public interest : a journal of the American Psychological Society, 8*, S. 53–96.

[37] Glasziou, Paul; Chalmers, Iain; Rawlins, Michael; McCulloch, Peter (2007): When are randomised trials unnecessary? Picking signal from noise. In: *British Medical Journal (Clinical research ed.), 334*, S. 349–351.

[38] Goldberg, L. R. (1970): Man versus model of man: A rationale, plus some evidence, for a method of improving on clinical inferences. In: *Psychological Bulletin, 73*, S. 422–432.

[39] Haas, Holger; Mittelmeier, Wolfram (2015): Zentrenbildung über Zertifizierung? Das Beispiel EndoCert. In: J. Klauber, M. Geraedts, J. Friedrich und J. Wasem (Hg.): Krankenhaus-Report 2015. Stuttgart: Schattauer, S. 127–138.

[40] Haberl, Hannes; Michael, Theodor; Thomale, Ulrich-Wilhelm (2007): Hydrozephalus. In: *Pädiatrie up2date, 2*, S. 25–44.

[41] Halder, Andreas M.; Gehrke, Thorsten; Günster, Christian; Heller, Karl-Dieter; Leicht, Hanna; Malzahn, Jürgen et al. (2020): Low Hospital Volume Increases Re-Revision Rate Following Aseptic Revision Total Knee Arthroplasty: An Analysis of 23,644 Cases. In: *The Journal of arthroplasty, 35*, S. 1054–1059.

[42] Halperin, John J.; Kurlan, Roger; Schwalb, Jason M.; Cusimano, Michael D.; Gronseth, Gary; Gloss, David (2015): Practice guideline: Idiopathic normal pressure hydrocephalus: Response to shunting and predictors of response: Report of the Guideline Development, Dissemination, and Implementation Subcommittee of the American Academy of Neurology. In: *Neurology, 85*, S. 2063–2071.

[43] Hamilton, Roy; Patel, Sunil; Lee, Edward B.; Jackson, Eric M.; Lopinto, Joanna; Arnold, Steven E. et al. (2010): Lack of shunt response in suspected idiopathic normal pressure hydrocephalus with Alzheimer disease pathology. In: *Annals of neurology, 68*, S. 535–540.

[44] Hammond, K. R. (1971): Computer graphics as an aid to learning. In: *Science, 172*, S. 903–908.

[45] Hashimoto, Masaaki; Ishikawa, Masatsune; Mori, Etsuro; Kuwana, Nobumasa (2010): Diagnosis of idiopathic normal pressure hydrocephalus is supported by MRI-based scheme: a prospective cohort study. In: *Cerebrospinal fluid research, 7*, S. 18.

[46] Hebb, A. O.; Cusimano, M. D. (2001): Idiopathic normal pressure hydrocephalus: a systematic review of diagnosis and outcome, 5, S. 1166–1184.

[47] Hellström, P.; Klinge, P.; Tans, J.; Wikkelsø, C. (2012): A new scale for assessment of severity and outcome in iNPH. In: *Acta neurologica Scandinavica, 126*, S. 229–237.

[48] Hiraoka, Kotaro; Meguro, Kenichi; Mori, Etsuro (2008): Prevalence of idiopathic normal-pressure hydrocephalus in the elderly population of a Japanese rural community. In: *Neurologia medico-chirurgica, 48*, 197-99; discussion 199-200.

[49] Huttner H. et al. (2018): Intrakranieller Druck (ICP). S1-Leitlinie. In: *Deutsche Gesellschaft für Neurologie*.

[50] Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus GmbH (InEK) (2019): aG-DRG Definitionshandbuch Version 2020. Kompaktversion. Stuttgart: Verlag W. Kohlhammer.

[51] Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus GmbH (InEK) (2019): aG-DRG Fallpauschalenkatalog Version 2020. Stuttgart: Verlag W. Kohlhammer.

[52] Ipsos Global (2018): The Perennials: The Future of Ageing. Advisor-Studie. Online verfügbar unter https://www.ipsos.com/de-de/studie-zur-zukunft-des-alterns-jeder-zweite-deutsche-sorgt-sich-vor-dem-alterwerden, zuletzt geprüft am 26.05.2022.

[53] Iseki, Chifumi; Kawanami, Toru; Nagasawa, Hikaru; Wada, Manabu; Koyama, Shingo; Kikuchi, Kenji et al. (2009): Asymptomatic ventriculomegaly with features of idiopathic normal pressure hydrocephalus on MRI (AVIM) in the elderly: a prospective study in a Japanese population. In: *Journal of the neurological sciences, 277*, S. 54–57.

[54] Ishii, Kazunari; Kanda, Tomonori; Harada, Aya; Miyamoto, Naokazu; Kawaguchi, Tetsuro; Shimada, Kenichi et al. (2008): Clinical impact of the callosal angle in the diagnosis of idiopathic normal pressure hydrocephalus. In: *European Radiology, 18*, S. 2678–2683.

[55] Ishikawa, Masatsune; Hashimoto, Masaaki; Kuwana, Nobumasa; Mori, Etsuro; Miyake, Hiroji; Wachi, Akihiko et al. (2008): Guidelines for management of idiopathic normal pressure hydrocephalus. In: *Neurologia medico-chirurgica, 48 Suppl*, S1-23.

[56] Ishikawa, Masatsune; Hashimoto, Masaaki; Mori, Etsuro; Kuwana, Nobumasa; Kazui, Hiroaki (2012): The value of the cerebrospinal fluid tap test for predicting shunt effectiveness in idiopathic normal pressure hydrocephalus. In: *Fluids and barriers of the CNS, 9*, S. 1.

[57] Jaraj, Daniel; Agerskov, Simon; Rabiei, Katrin; Marlow, Thomas; Jensen, Christer; Guo, Xinxin et al. (2016): Vascular factors in suspected normal pressure hydrocephalus: A population-based study. In: *Neurology, 86*, S. 592–599.

[58] Jaraj, Daniel; Rabiei, Katrin; Marlow, Thomas; Jensen, Christer; Skoog, Ingmar; Wikkelso, Carsten (2014): Prevalence of idiopathic normal-pressure hydrocephalus. In: *Neurology, 82*, S. 1449–1454.

[59] Kahlon, B.; Sundbärg, G.; Rehncrona, S. (2002): Comparison between the lumbar infusion and CSF tap tests to predict outcome after shunt surgery in suspected normal pressure hydrocephalus. In: *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry, 73*, S. 721–726.

[60] Katzman, R.; Hussey, F. (1970): A simple constant-infusion manometric test for measurement of CSF absorption: I. Rationale and method. In: *Neurology, 20*, S. 534.

[61] Keck, Fritz Sixtus (2007): Wer hat vor die Therapie die Diagnose gesetzt? In: *Hessisches Ärzteblatt, 68*, S. 388.

[62] Kehler, Uwe; Hattingen, Elke (2020): Normaldruckhydrozephalus. In: *Neurologie up2date, 03*, S. 135–152.

[63] Khan, Majid; Farnsworth, Brian; Pope, Brandon R.; Sherrod, Brandon; Karsy, Michael (2021): Impact of Hospital Volume on Outcome After Surgical Treatment for Hydrocephalus: A U.S. Population Study From the National Inpatient Sample. In: *Cureus, 13*, e13617.

[64] Kiefer, M.; Eymann, R.; Komenda, Y.; Steudel, W. I. (2003): Ein Graduierungssystem für den chronischen Hydrozephalus. In: *Zentralblatt fur Neurochirurgie, 64*, S. 109–115.

[65] Kiefer, M.; Eymann, R.; Mascarós, V.; Walter, M.; Steudel, W. I. (2000): Der Stellenwert hydrostatischer Ventile in der Therapie des chronischen Hydrozephalus. In: *Der Nervenarzt, 71*, S. 975–986.

[66] Kiefer, Michael; Meier, Ulrich; Eymann, Regina (2010): Does idiopathic normal pressure hydrocephalus always mean a poor prognosis? In: *Acta neurochirurgica. Supplement, 106*, S. 101–106.

[67] Kiefer, Michael; Unterberg, Andreas (2012): The differential diagnosis and treatment of normal-pressure hydrocephalus. In: *Deutsches Ärzteblatt international, 109*, 15-25; quiz 26.

[68] Kim, Mi Jung; Chung, Sun J.; Sung, Young H.; Lee, Myoung C.; Im, Joo-Hyuk (2006): Levodopa-responsive parkinsonism associated with hydrocephalus. In: *Movement disorders: official journal of the Movement Disorder Society, 21*, S. 1279–1281.

[69] Klinge, P.; Hellström, P.; Tans, J.; Wikkelsø, C. (2012): One-year outcome in the European multicentre study on iNPH. In: *Acta neurologica Scandinavica, 126*, S. 145–153.

[70] Kosteljanetz, Michael (1989): CSF Dynamics and Pressure-volume Relationships in Communicating Hydrocephalus. In: Satoshi Matsumoto, Kiyoshi Sato, Norihiko Tamaki und Shizuo Oi (Hg.): Annual Review of Hydrocephalus. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 34–35.

[71] Krauss, J. K. (1999): Der idiopathische Normaldruckhydrozephalus des älteren Menschen: Überblick und Perspektiven. In: *Aktuelle Neurologie, 26*, S. 250–259.

[72] Krauss, J. K.; Droste, D. W.; Vach, W.; Regel, J. P.; Orszagh, M.; Borremans, J. J. et al. (1996): Cerebrospinal fluid shunting in idiopathic normal-pressure hydrocephalus of the elderly: effect of periventricular and deep white matter lesions. In: *Neurosurgery, 39*, 292-9; discussion 299-300.

[73] Krauss, J. K.; Halve, B. (2004): Normal pressure hydrocephalus: survey on contemporary diagnostic algorithms and therapeutic decision-making in clinical practice. In: *Acta neurochirurgica, 146*, 379-88; discussion 388.

[74] Krauss, J. K.; Regel, J. P.; Vach, W.; Droste, D. W.; Borremans, J. J.; Mergner, T. (1996): Vascular risk factors and arteriosclerotic disease in idiopathic normal-pressure hydrocephalus of the elderly. In: *Stroke, 27*, S. 24–29.

[75] Krauss, J. K.; Regel, J. P.; Vach, W.; Jungling, F. D.; Droste, D. W.; Wakhloo, A. K. (1997): Flow void of cerebrospinal fluid in idiopathic normal pressure hydrocephalus of the elderly: can it predict outcome after shunting? In: *Neurosurgery, 40*, 67-73; discussion 73-4.

[76] Kreienberg, Rolf; Wöckel, Achim; Wischnewsky, Manfred (2018): Highly significant improvement in guideline adherence, relapse-free and overall survival in breast cancer patients when treated at certified breast cancer centres: An evaluation of 8323 patients. In: *Breast (Edinburgh, Scotland), 40*, S. 54–59.

[77] Kubo, Yoshihiko; Kazui, Hiroaki; Yoshida, Tetsuihiko; Kito, Yumiko; Kimura, Nobuyo; Tokunaga, Hiromasa et al. (2008): Validation of grading scale for evaluating symptoms of idiopathic normal-pressure hydrocephalus. In: *Dementia and geriatric cognitive disorders, 25*, S. 37–45.

[78] Lee, Chaejin; Seo, Hyunwoo; Yoon, Sang-Youl; Chang, Sung Hyun; Park, Seong-Hyun; Hwang, Jeong-Hyun et al. (2021): Clinical significance of vitamin D in idiopathic normal pressure hydrocephalus. In: *Acta neurochirurgica, 163*, S. 1969–1977.

[79] Lemcke, Johannes; Meier, Ullrich (2012): Idiopathic normal pressure hydrocephalus (iNPH) and co-morbidity: an outcome analysis of 134 patients. In: *Acta neurochirurgica. Supplement, 114*, S. 255–259.

[80] Lemcke, Johannes; Meier, Ullrich; Muller, Cornelia; Fritsch, Michael J.; Kehler, Uwe; Langer, Niels et al. (2013): Safety and efficacy of gravitational shunt valves in patients with idiopathic normal pressure hydrocephalus: a pragmatic, randomised, open label, multicentre trial (SVASONA). In: *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry, 84*, S. 850–857.

[81] Lemcke, Johannes; Stengel, Dirk; Stockhammer, Florian; Güthoff, Claas; Rohde, Veit; Meier, Ullrich (2016): Nationwide Incidence of Normal Pressure Hydrocephalus (NPH) Assessed by Insurance Claim Data in Germany. In: *Open Neurol J, 10*, S. 15–24.

[82] Lieb, J. M.; Stippich, C.; Ahlhelm, F. J. (2015): Normal pressure hydrocephalus. In: *Radiologe, 55*, S. 389–396.

[83] Lolansen, Sara Diana; Rostgaard, Nina; Andreassen, Søren Norge; Simonsen, Anja Hviid; Juhler, Marianne; Hasselbalch, Steen Gregers; MacAulay, Nanna (2021): Elevated CSF inflammatory markers in patients with idiopathic normal pressure hydrocephalus do not promote NKCC1 hyperactivity in rat choroid plexus. In: *Fluids and barriers of the CNS, 18*, S. 54.

[84] Lüngen, Markus; Büscher, Guido (2012): Auswirkungen einer Zentralisierung von Leistungen auf die Flächendeckung der Versorgung. Ergebnisse aus einem Modell zur Zentrenbildung. In: J. Klauber, M. Geraedts, J. Friedrich und J. Wasem (Hg.): Krankenhaus-Report 2012. Stuttgart: Schattauer, S. 111–122.

[85] Mallon, Dermot H.; Malhotra, Paresh; Edison, Paul; Perry, Richard; Carswell, Christopher; Win, Zarni (2021): The role of amyloid PET in patient selection for extra-ventricular shunt insertion for the treatment of idiopathic normal pressure hydrocephalus: A pooled analysis. In: *Journal of Clinical Neuroscience, 90*, S. 325–331.

[86] Maneck, M.; Köckerling, F.; Fahlenbrach, C.; Heidecke, C. D.; Heller, G.; Meyer, H. J. et al. (2020): Hospital volume and outcome in inguinal hernia repair: analysis of routine data of 133,449 patients. In: *Hernia : the journal of hernias and abdominal wall surgery, 24*, S. 747–757.

[87] Marmarou, A.; Black, P.; Bergsneider, M.; Klinge, P.; Relkin, N. (2005): Guidelines for management of idiopathic normal pressure hydrocephalus: progress to date. In: *Acta neurochirurgica. Supplement, 95*, S. 237–240.

[88] Mayer, Simon; Mäske, Michele; Schulz, Chris; Kunz, Ulrich; Mauer, Uwe Max (2014): Telemetrische Hirndruckmessung: Erfahrungen Chancen und Probleme. In: *Wehrmedizinische Monatsschrift, 58*, S. 53–58.

[89] McGirt, Matthew J.; Woodworth, Graeme; Coon, Alexander L.; Thomas, George; Williams, Michael A.; Rigamonti, Daniele (2005): Diagnosis, treatment, and analysis of long-term outcomes in idiopathic normal-pressure hydrocephalus. In: *Neurosurgery, 57*, 699-705.

[90] Meier, U. (1999): Zur klinischen Graduierung des Normaldruckhydrozephalus. In: *Aktuelle Neurologie, 26*, S. 127–132.

[91] Meier, U.; Lemcke, J. (2007): Zur Diagnostik des idiopathischen Normaldruckhydrozephalus aus der Perspektive von Langzeitbeobachtungen. In: *Archives Suisses de Neurologie et de Psychiatrie*, 2007 (4), S. 139.

[92] Meier, U.; Lemcke, J.; Al-Zain, F. (2008): Course of disease in patients with idiopathic normal pressure hydrocephalus (iNPH): a follow-up study 3, 4 and 5 years following shunt implantation. In: *Acta neurochirurgica. Supplement, 102*, S. 125–127.

[93] Meier, U.; Lemcke, J.; Neumann, U. (2006): Predictors of outcome in patients with normal-pressure hydrocephalus. In: *Acta neurochirurgica. Supplement, 96*, S. 352–357.

[94] Meier, Ullrich; Lemcke, Johannes (2010): Co-morbidity as a predictor of outcome in patients with idiopathic normal-pressure hydrocephalus. In: *Acta neurochirurgica. Supplement, 106*, S. 127–130.

[95] Merten, T. (1999): Neuropsychologie des Normaldruckhydrozephalus. In: *Der Nervenarzt, 70*, S. 496–503.

[96] Mirzayan, Mohammad Javad; Luetjens, Goetz; Borremans, Jan Juliaan; Regel, Jens Peter; Krauss, Joachim Kurt (2010): Extended long-term (5 years) outcome of cerebrospinal fluid shunting in idiopathic normal pressure hydrocephalus. In: *Neurosurgery, 67*, S. 295–301.

[97] Mládek, Arnošt; Gerla, Václav; Skalický, Petr; Vlasák, Aleš; Zazay, Awista; Lhotská, Lenka et al. (2022): Prediction of Shunt Responsiveness in Suspected Patients With Normal Pressure Hydrocephalus Using the Lumbar Infusion Test: A Machine Learning Approach. In: *Neurosurgery, 90*, S. 407–418.

[98] Mol, Jacques de (1986): Sémiologie neuropsychologique dans l'hydrocéphalie à pression normale. In: *Archives Suisses de Neurologie et de Psychiatrie*, S. 33–45.

[99] Mori, Etsuro; Ishikawa, Masatsune; Kato, Takeo; Kazui, Hiroaki; Miyake, Hiroji; Miyajima, Masakazu et al. (2012): Guidelines for management of idiopathic normal pressure hydrocephalus: second edition. In: *Neurologia medico-chirurgica, 52*, S. 775–809.

[100] Nakajima, Madoka; Yamada, Shigeki; Miyajima, Masakazu; Ishii, Kazunari; Kuriyama, Nagato; Kazui, Hiroaki et al. (2021): Guidelines for Management of Idiopathic Normal Pressure Hydrocephalus (Third Edition): Endorsed by the Japanese Society of Normal Pressure Hydrocephalus. In: *Neurologia medico-chirurgica, 61*, S. 63–97.

[101] Oedekoven, Christiane; Dodel, Richard (2019): Diagnostische Kriterien und Diagnose der Demenz vom Alzheimer-Typ. In: *Neurologie up2date, 2*, S. 91–105.

[102] Osterloh, Falk (2018): Krankenhäuser: Streit um mehr Zentralisierung. In: *Deutsches Ärzteblatt international, 115*, 625-.

[103] Panagiotopoulos, V.; Konstantinou, D.; Kalogeropoulos, A.; Maraziotis, T. (2005): The predictive value of external continuous lumbar drainage, with cerebrospinal fluid outflow controlled by medium pressure valve, in normal pressure hydrocephalus. In: *Acta neurochirurgica, 147*, 953-8; discussion 958.

[104] Paulus, W. und Krauss, J.K.; (geteilte Erstautorenschaft); et al. (2018): S1-Leitlinie Normaldruckhydrozephalus.

[105] Pfanner, Tyler; Henri-Bhargava, Alexandre; Borchert, Stephanie (2018): Cerebrospinal Fluid Biomarkers as Predictors of Shunt Response in Idiopathic Normal Pressure Hydrocephalus: A Systematic Review. In: *The Canadian journal of neurological sciences. Le journal canadien des sciences neurologiques, 45*, S. 3–10.

[106] Pinto, Fernando Campos Gomes; Saad, Felippe; Oliveira, Matheus Fernandes de; Pereira, Renan Muralho; Miranda, Fernanda Letkaske de; Tornai, Juliana Benevenuto et al. (2013): Role of endoscopic third ventriculostomy and ventriculoperitoneal shunt in idiopathic normal pressure hydrocephalus: preliminary results of a randomized clinical trial. In: *Neurosurgery, 72*, 845-53; discussion 853-4.

[107] Pollmanns, Johannes; Weyermann, Maria; Drösler, Saskia (2018): Erklärung regionaler Unterschiede in der Inanspruchnahme von Krankenhausleistungen am Beispiel lumbaler Bandscheibenoperationen. In: J. Klauber, M. Geraedts, J. Friedrich und J. Wasem (Hg.): Krankenhaus-Report 2018, S. 85–100.

[108] Pomeraniec, I. Jonathan; Bond, Aaron E.; Lopes, M. Beatriz; Jane, John A. (2016): Concurrent Alzheimer's pathology in patients with clinical normal pressure hydrocephalus:

correlation of high-volume lumbar puncture results, cortical brain biopsies, and outcomes. In: *Journal of neurosurgery, 124*, S. 382–388.

[109] Raftopoulos, C.; Chaskis, C.; Delecluse, F.; Cantraine, F.; Bidaut, L.; Brotchi, J. (1992): Morphological quantitative analysis of intracranial pressure waves in normal pressure hydrocephalus. In: *Neurological research, 14*, S. 389–396.

[110] Reifferscheid, Antonius; Thomas, Dominik; Pomorin, Natalie; Wasem, J. (2015): Strukturwandel in der stationären Versorgung … In: J. Klauber, M. Geraedts, J. Friedrich und J. Wasem (Hg.): Krankenhaus-Report 2015. Stuttgart: Schattauer, S. 3–12.

[111] Relkin, Norman; Marmarou, Anthony; Klinge, Petra; Bergsneider, Marvin; Black, Peter McL (2005): Diagnosing idiopathic normal-pressure hydrocephalus. In: *Neurosurgery, 57*, 4-16.

[112] Richards, Hugh K.; Seeley, Helen M.; Pickard, John D. (2009): Efficacy of antibiotic-impregnated shunt catheters in reducing shunt infection: data from the United Kingdom Shunt Registry. In: *Journal of neurosurgery. Pediatrics, 4*, S. 389–393.

[113] Rickels, E. (2009): Monitoring des Hirndrucks. Indikation, Limitierungen, Praxis. In: *Der Anaesthesist, 58*, S. 398–404.

[114] Rydja, Johanna; Eleftheriou, Andreas; Lundin, Fredrik (2021): Evaluating the cerebrospinal fluid tap test with the Hellström iNPH scale for patients with idiopathic normal pressure hydrocephalus. In: *Fluids and barriers of the CNS, 18*, S. 18.

[115] Sackett, D. L.; Rosenberg, W. M.; Gray, J. A.; Haynes, R. B.; Richardson, W. S. (1996): Evidence based medicine: what it is and what it isn't. In: *BMJ : British Medical Journal, 312*, S. 71–72.

[116] Schniepp, Roman; Trabold, Raimund; Romagna, Alexander; Akrami, Farhoud; Hesselbarth, Kristin; Wuehr, Max et al. (2017): Walking assessment after lumbar puncture in normal-pressure hydrocephalus: a delayed improvement over 3 days. In: *Journal of neurosurgery, 126*, S. 148–157.

[117] Slovic P. (1973): Behavioral problems of adhering to a decision policy. Oregon Research Institute, Eugene, Oregon. Institute for Quantitative Research in Finance.

[118] Stein, S. C.; Langfitt, T. W. (1974): Normal-pressure hydrocephalus. Predicting the results of cerebrospinal fluid shunting. In: *Journal of neurosurgery, 41*, S. 463–470.

[119] Stein, Sherman C.; Burnett, Mark G.; Sonnad, Seema S. (2006): Shunts in normal-pressure hydrocephalus: do we place too many or too few? In: *Journal of neurosurgery, 105*, S. 815–822.

[120] Stephani, Victor; Geissler, Alexander; Quentin, Wilm (2020): Vergütung von spezialisierten, seltenen und kostenvariablen Fällen außerhalb des DRG-Systems: Erfahrungen aus Deutschland, Dänemark, England, Estland, Frankreich und den USA. In: Jürgen Klauber, Max Geraedts, Jörg Friedrich, Jürgen Wasem und Andreas Beivers (Hg.): Krankenhaus-Report 2020. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 53–67.

[121] Tanaka, Naofumi; Yamaguchi, Satoshi; Ishikawa, Hiroyasu; Ishii, Hiroshi; Meguro, Kenichi (2009): Prevalence of possible idiopathic normal-pressure hydrocephalus in Japan: the Osaki-Tajiri project. In: *Neuroepidemiology, 32*, S. 171–175.

[122] Tisell, Magnus; Tullberg, Mats; Hellström, Per; Edsbagge, Mikael; Högfeldt, Mats; Wikkelsö, Carsten (2011): Shunt surgery in patients with hydrocephalus and white matter changes. In: *Journal of neurosurgery, 114*, S. 1432–1438.

[123] Toma, Ahmed K.; Holl, Etienne; Kitchen, Neil D.; Watkins, Laurence D. (2011): Evans' index revisited: the need for an alternative in normal pressure hydrocephalus. In: *Neurosurgery, 68*, S. 939–944.

[124] Trautmann, Freya; Reißfelder, Christoph; Pecqueux, Mathieu; Weitz, Jürgen; Schmitt, Jochen (2018): Evidence-based quality standards improve prognosis in colon cancer care. In:

European journal of surgical oncology : the journal of the European Society of Surgical Oncology and the British Association of Surgical Oncology, 44, S. 1324–1330.

[125] Trenkwalder, C.; Schwarz, J.; Gebhard, J.; Ruland, D.; Trenkwalder, P.; Hense, H. W.; Oertel, W. H. (1995): Starnberg trial on epidemiology of Parkinsonism and hypertension in the elderly. Prevalence of Parkinson's disease and related disorders assessed by a door-to-door survey of inhabitants older than 65 years. In: *Archives of neurology, 52*, S. 1017–1022.

[126] Tsai, Claire I.; Klayman, Joshua; Hastie, Reid (2008): Effects of amount of information on judgment accuracy and confidence. In: *Organizational Behavior and Human Decision Processes, 107*, S. 97–105.

[127] Tudor, Katarina Ivana; Tudor, Mario; McCleery, Jenny; Car, Josip (2015): Endoscopic third ventriculostomy (ETV) for idiopathic normal pressure hydrocephalus (iNPH). In: *The Cochrane database of systematic reviews*, 1-25.

[128] Tullberg, M.; Hultin, L.; Ekholm, S.; Mansson, J-E; Fredman, P.; Wikkelso, C. (2002): White matter changes in normal pressure hydrocephalus and Binswanger disease: specificity, predictive value and correlations to axonal degeneration and demyelination. In: *Acta neurologica Scandinavica, 105*, S. 417–426.

[129] Tullberg, M.; Jensen, C.; Ekholm, S.; Wikkelso, C. (2001): Normal pressure hydrocephalus: vascular white matter changes on MR images must not exclude patients from shunt surgery. In: *American journal of neuroradiology, 22*, S. 1665–1673.

[130] van den Berg, J. S. P.; Sijbrandy, S. E.; Meijer, A. H.; Oostdijk, A. H. J. (2002): Subdural hygroma: a rare complication of spinal anesthesia. In: *Anesthesia and analgesia, 94*, 1625-1627.

[131] Vanneste, J.; Augustijn, P.; Dirven, C.; Tan, W. F.; Goedhart, Z. D. (1992): Shunting normal-pressure hydrocephalus: do the benefits outweigh the risks? A multicenter study and literature review. In: *Neurology, 42*, S. 54–59.

[132] Vanneste, J.; Augustijn, P.; Tan, W. F.; Dirven, C. (1993): Shunting normal pressure hydrocephalus: the predictive value of combined clinical and CT data. In: *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry, 56*, S. 251–256.

[133] Vanneste, J. A. (2000): Diagnosis and management of normal-pressure hydrocephalus. In: *Journal of neurology, 247*, S. 5–14.

[134] Vinkers, Christiaan H.; Lamberink, Herm J.; Tijdink, Joeri K.; Heus, Pauline; Bouter, Lex; Glasziou, Paul et al. (2021): The methodological quality of 176,620 randomized controlled trials published between 1966 and 2018 reveals a positive trend but also an urgent need for improvement. In: *PLoS biology, 19*, e3001162.

[135] Virhammar, Johan; Laurell, Katarina; Cesarini, Kristina Giuliana; Larsson, Elna-Marie (2014): The callosal angle measured on MRI as a predictor of outcome in idiopathic normal-pressure hydrocephalus. In: *Journal of neurosurgery, 120*, S. 178–184.

[136] Waeschle, R. M.; Hinz, J.; Bleeker, F.; Sliwa, B.; Popov, A.; Schmidt, C. E.; Bauer, M. (2016): Mythos OP-Minute: Leitfaden zur Kalkulation von DRG-Erlösen pro Op-Minute. In: *Der Anaesthesist, 65*, S. 137–147.

[137] Walchenbach, R.; Geiger, E.; Thomeer, R T W M; Vanneste, J. A. L. (2002): The value of temporary external lumbar CSF drainage in predicting the outcome of shunting on normal pressure hydrocephalus. In: *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry, 72*, S. 503.

[138] Wang, Zhangyang; Zhang, Yiying; Hu, Fan; Ding, Jing; Wang, Xin (2020): Pathogenesis and pathophysiology of idiopathic normal pressure hydrocephalus. In: *CNS neuroscience & therapeutics, 26*, S. 1230–1240.

[139] Wasem, Jürgen; Rotter, Isabelle; Focke, Axel; Igl, Gerhard (2008): Verändertes Kodierverhalten als eine der ungeklärten Herausforderungen der DRG-Einführung. In: Jürgen Klauber, Bernt-Peter Robra und Henner Schellschmidt (Hg.): Krankenhaus-Report 2007. Stuttgart: Schattauer, S 49-59.

[140] Wason, P. C. (1968): Reasoning about a rule. In: *The Quarterly journal of experimental psychology, 20*, S. 273–281.

[141] Weerakkody, R. A.; Czosnyka, M.; Schuhmann, M. U.; Schmidt, E.; Keong, N.; Santarius, T. et al. (2011): Clinical assessment of cerebrospinal fluid dynamics in hydrocephalus. Guide to interpretation based on observational study. In: *Acta neurologica Scandinavica, 124*, S. 85–98.

[142] Yamada, S.; Tsuchiya, K.; Bradley, W. G.; Law, M.; Winkler, M. L.; Borzage, M. T. et al. (2015): Current and emerging MR imaging techniques for the diagnosis and management of CSF flow disorders: a review of phase-contrast and time-spatial labeling inversion pulse. In: *American journal of neuroradiology, 36*, S. 623–630.

[143] Yeh, Robert W.; Valsdottir, Linda R.; Yeh, Michael W.; Shen, Changyu; Kramer, Daniel B.; Strom, Jordan B. et al. (2018): Parachute use to prevent death and major trauma when jumping from aircraft: randomized controlled trial. In: *British Medical Journal (Clinical research ed.), 363*, k5094.

[144] Yin, Rui; Wen, Junxian; Wei, Junji (2021): Progression in Neuroimaging of Normal Pressure Hydrocephalus. In: *Frontiers in neurology, 12*, e700269.

7. Anhang

i) Dokumente

a. Musterfragebogen

Patienten-Profil

Patient Nr. «Zufall»

Alter bei Vorstellung: «Alter_bei_Vorstellung_»

Geschlecht: «Geschlecht»

Hakim-Trias:

- Demenz: «Demenz»
- Gangunsicherheit: «Gang»
- Inkontinenz: «Harninkontinenz»

Komorbiditäten: «Komorbidität»

Diagnostik:

- Ggf. Bolus-Infusions-Test
- ICP-Messung
- Bildgebung

Durch den befundenden Arzt auszufüllen:

1. Indikation für die Anlage eines VP-Shunts gegeben:

☐ JA

☐ NEIN

2. Wie pathologisch (auf einer Skala von 1-10) beurteilen Sie jeweils (Wert anklicken):

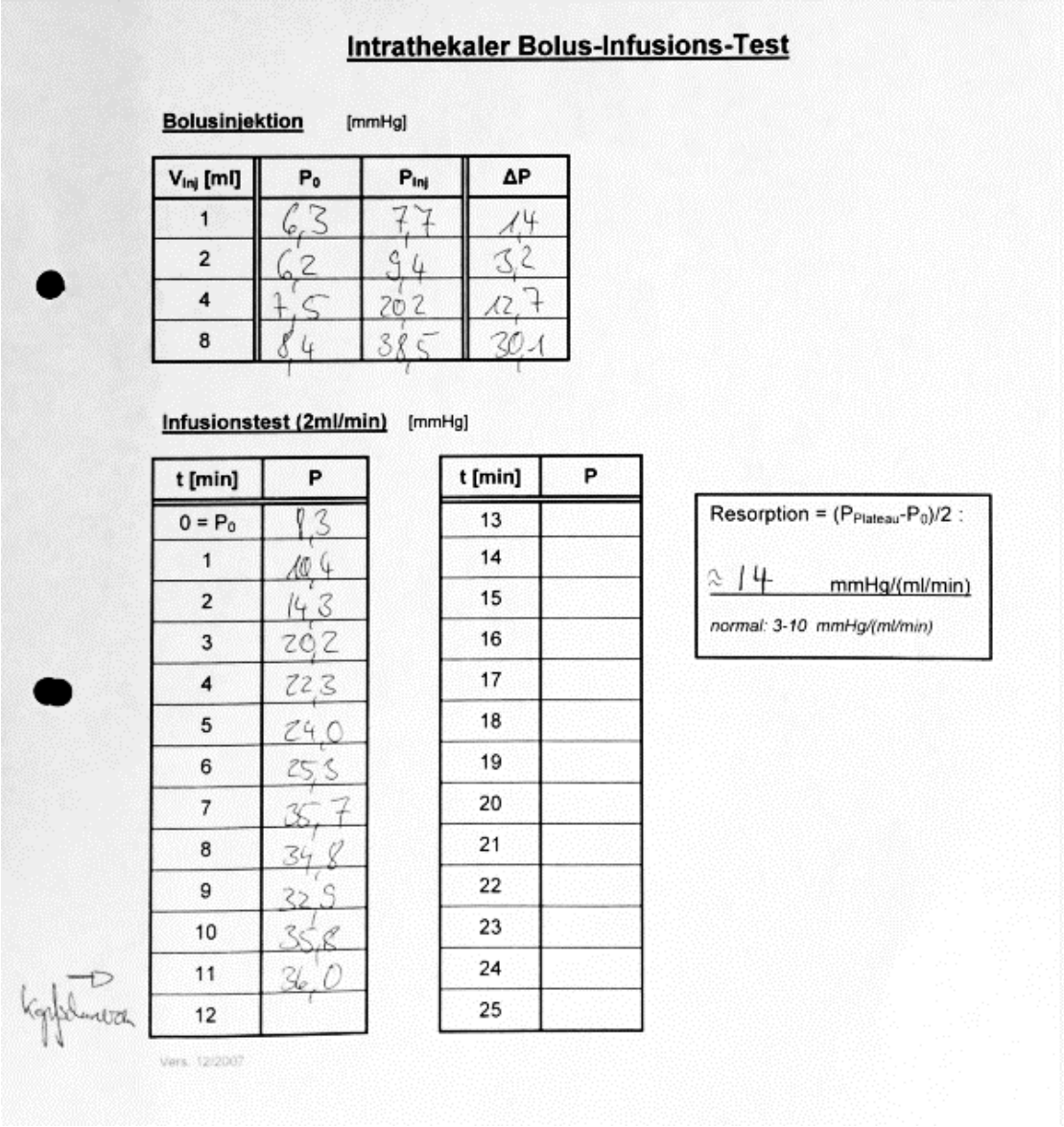
1 = nicht pathologisch bis 10 = höchst pathologisch

○ Klinik	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
○ Bildgebung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
○ ICP-Messung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
○ BIFT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

3. Welcher Parameter hat Ihre Entscheidung für/gegen die Indikation eines Shunts am meisten beeinflusst? Bitte nur eines auswählen.

☐ Klinik ☐ Bildgebung ☐ ICP-Messung ☐ BIFT

b. BIFT Beispiel Patient 8



Intrathekaler Bolus-Infusions-Test

Bolusinjektion [mmHg]

V_{inj} [ml]	P_0	P_{inj}	ΔP
1	6,3	7,7	1,4
2	6,2	9,4	3,2
4	7,5	20,2	12,7
8	8,4	38,5	30,1

Infusionstest (2ml/min) [mmHg]

t [min]	P
0 = P_0	8,3
1	10,4
2	14,3
3	20,2
4	22,3
5	24,0
6	25,5
7	35,7
8	34,8
9	32,9
10	35,8
11	36,0
12	

t [min]	P
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	

Resorption = $(P_{Plateau}-P_0)/2$:

≈ 14 mmHg/(ml/min)

normal: 3-10 mmHg/(ml/min)

Kopfschmerzen

Vers. 12/2007

V_{inj} (Injektionsvolumen) in ml,

P_0 (Ausgangsdruck), P_{inj} (Injektionsdruck), ΔP (Druckunterschied), $P_{Plateau}$ (Plateaudruck) in mmHg

Handschriftlich Pfeil und Notiz „Kopfschmerzen“: Auftreten von Symptomen

ii) Liste der 25 größten neurochirurgischen Kliniken Deutschlands

Nach Anzahl der Betten gemäß Suchergebnis des Online-Portals „klinikradar.de“, aufgerufen im August 2020

Nr.	Klinik	Krankenhaus	Zusatz Klinik	Ort
1	Charité Berlin	Charité - Universitätsmedizin Berlin	Klinik und Poliklinik für Neurochirurgie	Berlin
2	Uni München	Klinikum Großhadern der LMU	Neurochirurgische Klinik und Poliklinik	München
3	Uni Heidelberg	Universitätsklinikum Heidelberg	Neurochirurgische Klinik	Heidelberg
4	Klinik Chemnitz	Klinikum Chemnitz	Klinik für Neurochirurgie	Chemnitz
5	Uni Mainz	Universitätsmedizin der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz	Neurochirurgische Klinik und Poliklinik	Mainz
6	Uni Freiburg	Universitätsklinikum Freiburg	Klinik für Neurochirurgie	Freiburg im Breisgau
7	Uni Tübingen	Universitätsklinikum Tübingen	Klinik für Neurochirurgie	Tübingen
8	Uni Göttingen	Universitätsklinikum Göttingen	Neurochirurgische Klinik	Göttingen
9	Städt. Klinik Karlsruhe	Städtisches Klinikum Karlsruhe	Neurochirurgische Klinik	Karlsruhe
10	Städt. Kh. Dresden-Friedrichstadt	Städtisches Krankenhaus Dresden-Friedrichstadt	Klinik für Neurochirurgie	Dresden Friedrichstadt
11	Klinik Augsburg	Universitätsklinikum Augsburg	Neurochirurgische Klinik	Augsburg
12	Med. HS Hannover	Medizinische Hochschule Hannover	Klinik für Neurochirurgie	Hannover
13	Städt. Klinik Braunschweig	Städtisches Klinikum Braunschweig	Neurochirurgische Klinik	Braunschweig
14	Uni RWTH Aachen	Universitätsklinikum RWTH Aachen	Neurochirurgische Klinik	Aachen
15	Evang. KH Bielefeld	Evangelisches Klinikum Bethel	Klinik für Neurochirurgie	Bielefeld
16	Uni Münster	Universitätsklinikum Münster	Klinik für Neurochirurgie	Münster
17	Uni Köln	Universitätsklinikum Köln	Klinik und Poliklinik für Neurochirurgie	Köln
18	Uni Würzburg	Universitätsklinikum Würzburg	Neurochirurgische Klinik und Poliklinik	Würzburg
19	Uni Hamburg Eppendorf	Universitätsklinikum Hamburg Eppendorf	Neurochirurgische Klinik und Poliklinik	Hamburg Eppendorf
20	Uni Jena	Universitätsklinikum Jena	Neurochirurgische Klinik	Jena
21	Uni Erlangen	Universitätsklinikum Erlangen	Neurochirurgische Klinik	Erlangen
22	Katharinen Stuttgart	Katharinenhospital Stuttgart	Neurochirurgische Klinik	Stuttgart
23	Uni Dresden	Universitätsklinikum Dresden	Klinik und Poliklinik für Neurochirurgie	Dresden
24	Klinikum rechts der Isar	Klinikum rechts der Isar der Technischen Universität München	Neurochirurgische Klinik und Poliklinik	München
25	Uni Leipzig	Universitätsklinikum Leipzig	Klinik und Poliklinik für Neurochirurgie	Leipzig

iii) Übersicht über das Patientenkollektiv

Pat.-Nr.	Geschlecht	Alter bei Vorstellung	Komorbiditäten	Hakim-Trias komplett	Gang-Störung	Harn-Inkontinenz	Demenz
1	w	70	Z.n. Meningeom-Exstirp., Kontusionsblutungen, Katarakt, Schallempfindungsstörung	nein	ja	ja	nein
2	w	74	M.Parkinson, Osteoporose	ja	ja	ja	ja
3	w	56	Multiple Sklerose	ja	ja	ja	ja
4	m	83	arterielle Hypertonie	ja	ja	ja	ja
5	m	63	arterielle Hypertonie, Diabetes mellitus Typ II	nein	ja	nein	ja
6	m	78	arterielle Hypertonie	ja	ja	ja	ja
7	m	68	keine	nein	ja	nein	nein
8	w	74	arterielle Hypertonie, Diabetes mellitus Typ II	ja	ja	ja	ja
9	m	68	Divertikulitis	nein	nein	nein	ja
10	w	65	arterielle Hypertonie	nein	ja	nein	nein
11	m	45	Z.n. Drittventrikulostomie bei V.a. Aquäduktstenose	nein	nein	nein	nein
12	m	70	M. Parkinson	nein	nein	ja	ja
13	m	71	TAA bei VHF, B12-Mangel, arterielle Hypertonie	nein	ja	nein	ja
14	m	35	Hyperthyreose, arterielle Hypertonie	nein	nein	nein	nein
15	m	75	Z.n. Gastrektomie	ja	ja	ja	ja
16	m	83	vaskuläre. Encephalopathie, Z.n. Apoplex	nein	ja	nein	ja
17	m	73	Diabetes mellitus Typ II	ja	ja	ja	ja
18	m	83	Prostata-Hyperplasie	ja	ja	ja	ja
19	m	66	Diabetes mellitus Typ II, SVE, TAA bei VHF	ja	ja	ja	ja
20	m	72	arterielle Hypertonie	nein	ja	nein	ja
21	w	69	Z.n. Mamma-CA	nein	ja	nein	nein
22	w	72	Diabetes mellitus II, V.a. Polymyalgia rheumatica	ja	ja	ja	ja
23	m	73	arterielle Hypertonie, Schwindel	nein	ja	nein	nein
24	w	83	Diabetes mellitus Typ II mit PNP	ja	ja	ja	ja
25	w	81	Diabetes Mellitus Typ I, Osteoporose	nein	ja	ja	nein
26	w	53	ehemaliges Frühgeborenes	nein	ja	nein	nein
27	m	71	Diabetes mellitus Typ II, arterielle Hypertonie, Hypothyreose, Prostata-Hyperplasie	ja	ja	ja	ja
28	m	78	Presbyakusis	ja	ja	ja	ja
29	m	80	Prostata-Hyperplasie	nein	ja	nein	ja
30	m	77	arterielle Hypertonie, Marcumar bei TAA bei VHF	ja	ja	ja	ja
31	m	73	Z.n. Malaria, Z.n. Commotio cerebri	nein	ja	nein	ja
32	m	77	Xarelto bei VHF, Z.n. TIA	nein	nein	nein	ja
33	m	47	Diabetes mellitus Typ I, Z.n. C2-Abusus	nein	ja	nein	nein
34	w	22	Cephalgien	nein	nein	nein	nein
35	m	73	Cystofix, Syringomyelie BWK 7 bis 9, Spinalkanalstenose	ja	ja	ja	ja
36	m	62	Diabetes Mellitus Typ II, arterielle Hypertonie, Z.n. Apoplex	ja	ja	ja	ja
37	m	74	Diabetes Mellitus Typ Ii, Niereninsuffizienz, Asthma bronchiale	ja	ja	ja	ja
38	w	87	Diabetes mellitus Typ II, arterielle Hypertonie,	nein	ja	nein	nein
39	w	63	rezidivierende Harnwegsinfekte, M. Parkinson, Diabetes Mellitus II, Adipositas	ja	ja	ja	ja
40	m	73	arterielle Hypertonie, cerebrale Mikroangiopathie	ja	ja	ja	ja
41	m	78	Prostata-Hyperplasie	ja	ja	ja	ja
42	w	82	CLL mit V.a. intrazerebrale Metastase, Polymyalgia rheumatica, V.a. M. Parkinson	nein	ja	nein	nein
43	w	67	Vaskuläre Encephalopathie, Diabetes mellitus Typ II, M.Basedow	nein	ja	ja	nein
44	m	67	V.a. M. Alzheimer, arterielle Hypertonie	nein	nein	ja	ja
45	w	58	Depression	nein	nein	ja	ja
46	w	80	arterielle Hypertonie	ja	ja	ja	ja
47	m	66	Schizophrenie, Polyneuropathie, Z.n. TIA	nein	ja	nein	nein
48	m	55	Borreliose	nein	ja	nein	ja
49	m	74	arterielle Hypertonie, pAVK, Z.n. Zungen-CA, Hypothyreose	nein	ja	nein	ja
50	w	80	Herzinsuffizienz, TAA bei VHF, aHT, Z.n. Hemicolektomie (Colon-CA)	ja	ja	ja	ja
51	m	73	Hypothyreose, Diabetes mellitus Typ II, arterielle Hypertonie	ja	ja	ja	ja
52	w	82	arterielle Hypertonie, Hypothyreose, Demenz, Hyponatriämie	nein	ja	nein	Ja
53	w	73	multiple ZNS-Neurinome	ja	ja	ja	Ja

iv) Kontingenztafeln zur Konkordanzanalyse

a. Intrarater-Konkordanz: Vergleich Shuntindikation 1. und 2. Bewertung

Grau hinterlegt sind dabei die Felder, bei denen im ersten und zweiten Durchgang dieselbe Entscheidung für/gegen einen Shunt getroffen wurde

Arzt 1:

		zweite Bewertung			
	Shunt	ja	nein		
erste Bewertung	ja	1	0	1	
	nein	4	5	9	
		5	5	10	10
				10	

Arzt 2:

		zweite Bewertung			
	Shunt	ja	nein		
erste Bewertung	ja	6	1	7	
	nein	2	1	3	
		8	2	10	10
				10	

Arzt 3:

		zweite Bewertung			
	Shunt	ja	nein		
erste Bewertung	ja	3	0	3	
	nein	4	3	7	
		7	3	10	10
				10	

Arzt 4:

		zweite Bewertung			
	Shunt	ja	nein		
erste Bewertung	ja	1	0	1	
	nein	6	3	9	
		7	3	10	10
				10	

Arzt 5:

		zweite Bewertung			
	Shunt	ja	nein		
erste Bewertung	ja	7	1	8	
	nein	0	2	2	
		7	3	10	10
				10	

Arzt 6:

		zweite Bewertung		
	Shunt	ja	nein	

erste Bewertung	ja	2	1	3	
	nein	2	5	7	
		4	6	10	10
				10	

Arzt 7:

		zweite Bewertung			
	Shunt	ja	nein		
erste Bewertung	ja	4	0	4	
	nein	4	2	6	
		8	2	10	10
				10	

Arzt 8:

		zweite Bewertung			
	Shunt	ja	nein		
erste Bewertung	ja	1	1	2	
	nein	4	4	8	
		5	5	10	10
				10	

Arzt 9:

		zweite Bewertung			
	Shunt	ja	nein		
erste Bewertung	ja	3	5	8	
	nein	2	0	2	
		5	5	10	10
				10	

b. Vielfeldertafeln der einzelnen Parameter 1. Und 2. Bewertung

exemplarisch dargestellt anhand von Arzt 7

Grau hinterlegt sind dabei die Ergebnisse der Bewertung, Fett schwarz umrahmt die Felder, die das Ergebnis im Falle einer perfekten Korrelation darstellen würden

		zweite Bewertung						
	Klinik	1	2	3	4	5	gesamt	
	1	0	0	0	0	0	0	
	2	0	**1**	0	0	0	1	
erste Bewertung	3	0	0	**1**	0	0	1	
	4	0	**1**	**1**	0	0	2	
	5	0	0	0	**2**	**4**	6	
	gesamt	0	2	2	2	4	10	10
							10	

		zweite Bewertung						
	Bildgebung	1	2	3	4	5	gesamt	
	1	0	0	0	0	0	0	
	2	0	**2**	**3**	0	0	5	
erste Bewertung	3	0	0	**1**	**2**	0	3	
	4	0	0	0	0	0	0	
	5	0	0	0	**1**	**1**	2	
		0	2	4	3	1	10	10
							10	

		zweite Bewertung						
	ICP	1	2	3	4	5	gesamt	
	1	0	0	0	0	0	0	
	2	0	**1**	0	**1**	0	2	
erste Bewertung	3	0	0	**2**	**1**	**1**	4	
	4	0	0	**1**	**1**	**1**	3	
	5	0	0	0	**1**	0	1	
	gesamt	0	1	3	4	2	10	10
							10	

		zweite Bewertung						
	BIFT	1	2	3	4	5	gesamt	
	1	**1**	**1**	0	0	0	2	
	2	0	0	**1**	0	0	1	
erste Bewertung	3	0	0	0	**1**	0	1	
	4	0	0	0	0	**1**	1	
	5	0	0	0	0	0	0	
	gesamt	1	1	1	1	1	5	5
							5	

v) Kontingenztafeln zum Vergleich der anonymisierten Shuntindikation mit der tatsächlichen Therapieentscheidung

Arzt 1		Shuntindikation anonymisiert		Gesamt
		nein	ja	
tatsächliche Shuntindikation	nein	23	3	26
	ja	17	10	27
Gesamt		40	13	53

Arzt 2		Shuntindikation anonymisiert		Gesamt
		nein	ja	
tatsächliche Shuntindikation	nein	10	16	26
	ja	4	23	27
Gesamt		14	39	53

Arzt 3		Shuntindikation anonymisiert		Gesamt
		nein	ja	
tatsächliche Shuntindikation	nein	15	11	26
	ja	4	23	27
Gesamt		19	34	53

Arzt 4		Shuntindikation anonymisiert		Gesamt
		nein	ja	
tatsächliche Shuntindikation	nein	22	4	26
	ja	11	16	27
Gesamt		33	20	53

Arzt 5		Shuntindikation anonymisiert		Gesamt
		nein	ja	
tatsächliche Shuntindikation	nein	10	16	26
	ja	3	24	27
Gesamt		13	40	53

Arzt 6		Shuntindikation anonymisiert		Gesamt
		nein	ja	
tatsächliche Shuntindikation	nein	19	7	26
	ja	8	19	27
Gesamt		27	26	53

Arzt 7		Shuntindikation anonymisiert		Gesamt
		nein	ja	
tatsächliche Shuntindikation	nein	17	9	26
	ja	6	21	27
Gesamt		23	30	53

Arzt 8		Shuntindikation anonymisiert		Gesamt
		nein	ja	
tatsächliche Shuntindikation	nein	20	6	26
	ja	7	20	27
Gesamt		27	26	53

Arzt 9		Shuntindikation anonymisiert		Gesamt
		nein	ja	
tatsächliche Shuntindikation	nein	11	15	26
	ja	5	22	27
Gesamt		16	37	53

vi) Kontingenztafeln zum Vergleich der anonymisierten Bewertung mit der tatsächlich gestellten Shuntindikation

a. Bewertung durch alle Rater

		Klinik Bewertung gesamt					
		1	2	3	4	5	Gesamt
tatsächlich gestellte Shuntindikation	ja	0	4	3	13	7	27
	nein	3	8	8	1	6	26
Gesamt		3	12	11	14	13	53

		Bildgebung Bewertung gesamt					
		1	2	3	4	5	Gesamt
tatsächlich gestellte Shuntindikation	ja	0	1	19	7	0	27
	nein	0	5	13	7	1	26
Gesamt		0	6	32	14	1	53

		ICP Bewertung gesamt					
		1	2	3	4	5	Gesamt
tatsächlich gestellte Shuntindikation	ja	0	4	15	5	3	27
	nein	1	11	9	5	0	26
Gesamt		1	15	24	10	3	53

		BIFT Bewertung gesamt						
		Kein BIFT	1	2	3	4	5	Gesamt
tatsächlich gestellte Shuntindikation	ja	8	1	2	7	6	3	27
	nein	12	9	5	0	0	0	26
Gesamt		20	10	7	7	6	3	53

b. Bewertung nach Subgruppen geteilt

Bewertung durch Fachärzte

		Klinik - Bewertung durch Fachärzte					Gesamt
		1	2	3	4	5	
tatsächlich gestellte	ja	0	4	5	16	2	27
	nein	3	8	9	6	0	26
Gesamt		3	12	14	22	2	53
		Bildgebung - Bewertung durch Fachärzte					Gesamt
		1	2	3	4	5	
tatsächlich gestellte	ja	1	0	9	13	4	27
	nein	0	6	10	9	1	26
Gesamt		1	6	19	22	5	53
		ICP - Bewertung durch Fachärzte					Gesamt
		1	2	3	4	5	
tatsächlich gestellte	ja	0	6	13	3	5	27
	nein	2	9	13	2	0	26
Gesamt		3	2	15	26	5	5
		BIFT - Bewertung durch Fachärzte					Gesamt
		1	2	3	4	5	
tatsächlich gestellte	ja	1	1	3	9	5	19
	nein	8	2	4	0	0	14
Gesamt		1	9	3	7	9	5

Bewertung durch Assistenzärzte

		Klinik - Bewertung durch Assistenzärzte					Gesamt
		1	2	3	4	5	
tatsächlich gestellte	ja	0	4	5	8	10	27
	nein	3	8	8	1	6	26
Gesamt		3	12	13	9	16	53
		Bildgebung - Bewertung durch Assistenzärzte					Gesamt
		1	2	3	4	5	
tatsächlich gestellte	ja	0	5	16	6	0	27
	nein	0	8	11	6	1	26
Gesamt		0	13	27	12	1	53
		ICP - Bewertung durch Assistenzärzte					Gesamt
		1	2	3	4	5	
tatsächlich gestellte	ja	0	4	15	5	3	27
	nein	2	11	8	5	0	26
Gesamt		2	15	23	10	3	53
		BIFT - Bewertung durch Assistenzärzte					Gesamt
		1	2	3	4	5	
tatsächlich gestellte	ja	2	1	8	5	3	19
	nein	10	4	0	0	0	14
Gesamt		12	5	8	5	3	33

vii) Kontingenztafeln zum Einfluss einzelner Parameter auf die anonymisierte Shuntindikation

Bewertung durch alle Rater

		Klinik					
		1	2	3	4	5	Gesamt
Shuntindikation anonymisiert	ja	6	48	57	73	79	263
	nein	38	58	33	58	26	213
Gesamt		44	106	90	131	105	476

		Bildgebung					
		1	2	3	4	5	Gesamt
Shuntindikation anonymisiert	ja	8	36	66	99	54	263
	nein	19	93	67	27	7	213
Gesamt		27	129	133	126	61	476

		ICP					
		1	2	3	4	5	Gesamt
Shuntindikation anonymisiert	ja	9	30	47	97	78	261
	nein	90	89	21	12	1	213
Gesamt		99	119	68	109	79	474

		BIFT					
		1	2	3	4	5	Gesamt
Shuntindikation anonymisiert	ja	37	24	28	50	43	182
	nein	62	33	11	5	1	112
Gesamt		99	57	39	55	44	294

		Hauptparameter				
		BIFT	Bildgebung	ICP	Klinik	Gesamt
Shuntindikation anonymisiert	ja	48	51	138	22	259
	nein	21	18	155	19	213
Gesamt		69	69	293	41	472

a. Bewertung nach Subgruppen geteilt

Fachärzte

		Klinik					Gesamt
		1	2	3	4	5	
Shuntindikation anonymisiert	ja	4	21	22	33	26	106
	nein	18	34	12	37	4	105
Gesamt		22	55	34	70	30	211

		Bildgebung					Gesamt
		1	2	3	4	5	
Shuntindikation anonymisiert	ja	2	3	19	46	36	106
	nein	11	40	34	16	4	105
Gesamt		13	43	53	62	40	211

		ICP					Gesamt
		1	2	3	4	5	
Shuntindikation anonymisiert	ja	5	12	9	33	46	105
	nein	58	30	8	9	0	105
Gesamt		63	42	17	42	46	210

		BIFT					Gesamt
		1	2	3	4	5	
Shuntindikation anonymisiert	ja	15	5	12	21	25	78
	nein	28	17	4	4	0	53
Gesamt		43	22	16	25	25	131

Assistenzärzte

		Klinik					Gesamt
		1	2	3	4	5	
Shuntindikation anonymisiert	ja	2	27	35	40	53	157
	nein	20	24	21	21	22	108
Gesamt		22	51	56	61	75	265

		Bildgebung					Gesamt
		1	2	3	4	5	
Shuntindikation anonymisiert	ja	6	33	47	53	18	157
	nein	8	53	33	11	3	108
Gesamt		14	86	80	64	21	265

		ICP					Gesamt
		1	2	3	4	5	
Shuntindikation anonymisiert	ja	4	18	38	64	32	156
	nein	32	59	13	3	1	108
Gesamt		36	77	51	67	33	264

		BIFT					Gesamt
		1	2	3	4	5	
Shuntindikation anonymisiert	ja	22	19	16	29	18	104
	nein	34	16	7	1	1	59
Gesamt		56	35	23	30	19	163

Danksagung

Inhalt aus Gründen des Datenschutzes entfernt

Lebenslauf

Inhalt aus Gründen des Datenschutzes entfernt