

**EVALUATION VERSCHIEDENER MÖGLICHKEITEN ALTERSGERECHTER VORBEREITUNG
AUF EINE MRT-UNTERSUCHUNG
BEI KINDERN ZWISCHEN 3 UND 7 JAHREN**

Dissertation
zur Erlangung des akademischen Grades

doctor medicinae (Dr. med.)

**vorgelegt dem Rat der Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Schiller-Universität Jena**

von Ann-Christin Vielwerth (geb. Reif)
geboren am 02.11.1991 in Bad Kissingen

Gutachter:

- 1. Prof. Dr. Hans-Joachim Mentzel, Jena**
- 2. Prof. Dr. Florian Zepf, Jena**
- 3. Prof. Dr. Christopher Heyer, Bochum**

Tag der öffentlichen Verteidigung: 01.11.2021

„Nicht das Kind soll sich der Umgebung anpassen,
sondern wir sollten die Umgebung dem Kind anpassen.“

Dr. Maria Montessori (1870-1952)

Inhaltsverzeichnis

1	Abkürzungsverzeichnis	1
2	Zusammenfassung	3
3	Einleitung	5
3.1	Die Bedeutung von Schnittbildverfahren	5
3.1.1	Vorteile der Magnetresonanztomographie	5
3.1.2	Herausforderungen der Magnetresonanztomographie bei Kindern	6
3.2	Sedierung und Allgemeinanästhesie bei pädiatrischen MR-Untersuchungen	7
3.2.1	Risiken und Nebenwirkungen der Sedierung	8
3.2.2	Vor- und Nachteile der Allgemeinanästhesie	11
3.2.3	Herausforderungen bei Einsatz anästhesiologischer Verfahren zur Bildgebung	12
3.2.4	Neurotoxizität von Sedativa und Anästhetika	14
3.3	Alternative Methoden zum Gelingen pädiatrischer MR-Untersuchungen und Minimierung von Bewegungsartefakten	15
3.3.1	Technische Möglichkeiten	15
3.3.2	Scannen während des Schlafes	16
3.3.3	Methoden bei wachen Kindern	18
3.3.3.1	Audiovisuelle Methoden	18
3.3.3.2	Modell-Scanner	20
3.3.3.3	Spieltherapie	22
3.3.3.4	Konklusion	24
4	Ziele der Arbeit	25
5	Material und Methoden	26
5.1	Magnetresonanztomographie	26
5.1.1	Geräte	26
5.1.2	Sequenzen	26
5.2	Patienten	26
5.2.1	Patientenkollektiv	26
5.2.2	Anzahl und Einteilung der Patienten in Versuchsgruppen	27
5.3	Vorbereitung auf die MRT-Untersuchung	30

5.3.1 Allgemeine Hinweise während der Vorbereitung.....	30
5.3.2 Der <i>KittenScanner</i>	30
5.3.3 Das Buch „Paula in der Röhre“	31
5.3.4 Psychologische Testung	33
5.3.4.1 Die <i>modified Yale Preoperative Anxiety Scale</i>	34
5.3.4.2 Die <i>Child Behavior Checklist</i>	34
5.3.4.3 Das <i>State-Trait-Angstinventar für Kinder</i>	35
5.3.4.3.1 Erfassen der habituellen Angst (<i>STAIK-T</i>).....	35
5.3.4.3.2 Erfassen der situationsabhängigen Zustandsangst (<i>STAIK-S</i>).....	35
5.3.4.3.3 Das „ <i>Child Anxiety Meter</i> “	36
5.4 MRT-Untersuchung	37
5.5 Auswertung der Aufnahmen	39
5.5.1 Subjektive Bildbeurteilung.....	40
5.5.2 Objektive Bildbeurteilung	41
5.6 Statistische Auswertung.....	44
6 Ergebnisse	46
6.1 Compliance	46
6.2 Hypothese I.....	46
6.2.1 Vergleich der Gruppen hinsichtlich <i>Trait</i> -Eigenschaften und Verhaltensauffälligkeiten.....	46
6.2.2 Vergleich der beiden Gruppen hinsichtlich <i>State</i> -Angst	48
6.2.2.1 Ergebnisse der <i>modified-Yale Preoperative Anxiety Scale (m-YPAS)</i> 49	
6.2.2.2 Ergebnisse der <i>Talking Mats (TM)</i>	50
6.2.2.3 Ergebnisse des <i>Child Anxiety Meter (CAM)</i>	51
6.3 Hypothese II.....	53
6.3.1 Subjektive Bildqualität.....	53
6.3.1.1 Betrachtung der Gesamtheit der subjektiven Qualität.....	53
6.3.1.2 Betrachtung der subjektiven Qualität im Vergleich der Gruppen	55
6.3.2 Vergleich der beiden Gruppen hinsichtlich objektiver Bildqualität.....	58
6.4 Einfluss der Anwesenheit eines Sorgeberechtigten auf die Zielgrößen ..	64
7 Diskussion	65
7.1 Sedierung und Anästhesie sowie alternative Methoden in der Gewährleistung einer erfolgreichen MRT bei Kindern.....	65
7.2 Die Idee des <i>KittenScanners</i>	67

7.3 Kinder und ihre Sorgeberechtigten	68
7.4 Resultate der Studie und Vergleich der eingesetzten Methoden	69
7.4.1 Compliance der Studienteilnehmer	69
7.4.2 Die erlebte Angst der Studienteilnehmer.....	73
7.4.3 Die subjektive Bildqualität der MRT-Untersuchung	74
7.4.4 Die objektive Bildqualität	75
7.5 Limitationen und Einschränkungen im Studiendesign und Verbesserungsvorschläge.....	76
8 Schlussfolgerung	80
9 Literatur- und Quellenverzeichnis.....	82
10 Anhang	90
10.1 Psychologische Testung: Beobachtungs- und Fragebögen	90
10.1.1 Die <i>modified Yale Preoperative Anxiety Scale</i>	90
10.1.2 <i>STAIK-T</i> Eltern	93
10.1.3 „ <i>Talking Mats</i> “	95
10.1.4 „ <i>Childrens Anxiety Meter</i> “	96
10.2 Tabelle: Signal-Rausch-Verhältnis (SNR) für Liquor und Thalamus der jeweiligen Sequenz sowie Kontrast-Rausch-Verhältnis (CNR) je Sequenz..	100
10.3 Abbildungsverzeichnis	101
10.4 Tabellenverzeichnis	103
10.5 Danksagung.....	103
10.6 Ehrenwörtliche Erklärung.....	104

1 Abkürzungsverzeichnis

1 Abkürzungsverzeichnis

%	Prozent
ADHS	Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung
Abb.	Abbildung
ASA	<i>American Society of Anesthesiologists</i>
bzw.	beziehungsweise
Ca.	<i>circa</i>
CAM-S	<i>Children Anxiety Meter Scale</i>
CBCL	<i>Child Behavior Checklist</i>
CD	<i>Compact Disc</i>
CNR	<i>contrast-to-noise-ratio</i>
CT	Computertomographie
dB	Dezibel
EKG	Elektrokardiogramm
fMRT	funktionelle Magnetresonanztomographie
KI	Konfidenzintervall
mean	mittlere Signalintensität
min	Minuten
mm	Millimeter
MR	Magnetresonanz
MRI	<i>Magnetic Resonance Imaging</i>
MRT	Magnetresonanztomographie

1 Abkürzungsverzeichnis

ms	Millisekunden
m-YPAS	<i>modified Yale Preoperative Anxiety Scale</i>
PACS	<i>Picture Archiving and Communication System</i>
s.	siehe
SD	Standardabweichung
sdev	Standardabweichung der Signalintensität
SNR	<i>signal-to-noise-Ratio</i>
STAIK	<i>State-Trait</i> Angstinventar für Kinder
Tab.	Tabelle
TE	Echozeit
TR	Repetitionszeit
ROI	<i>Region of interest</i> (Bereich von Interesse)
vs.	versus
z.B.	Zum Beispiel

2 Zusammenfassung

Die Magnetresonanztomographie (MRT) stellt bei pädiatrischen Fragestellungen aufgrund der fehlenden Strahlenexposition, der hohen Auflösung und des exzellenten Weichteilkontrastes mitunter die wichtigste Methode der Bildgebung dar. Durch ihre hohe Anfälligkeit für Bewegungsartefakte, welche die Aussagekraft der Untersuchung vermindern können, ist es jedoch notwendig, für den Zeitraum der Untersuchung still zu halten. Dies fällt insbesondere Kindern schwer. Größe und Enge des Tomographen sowie die lauten ungewohnten Geräusche wirken angsteinflößend, was eine Kooperation ebenso erschweren kann.

Um Bewegungsartefakte zu vermeiden, werden Kinder häufig sediert oder einer Allgemeinanästhesie unterzogen. Neben damit verbundenem hohem apparativem und personellem Aufwand ist dies jedoch unter anderem wegen möglicher schwerwiegender Nebenwirkungen nicht ohne Risiko.

Die Literatur zeigt, dass das Spielen und Nachahmen eine effektive Methode zur Vorbereitung von Kindern auf eine sedierungs- und narkosefreie MRT-Untersuchung darstellt. In der vorliegenden Studie wurde der *KittenScanner* der Firma Philips, ein maßstabgetreues Modell eines MR-Scanners, als neue Art der Vorbereitung auf eine MRT-Untersuchung eingesetzt und die Fragestellung untersucht, ob die Vorbereitung mit dem *KittenScanner* in einer niedrigeren empfundenen Ängstlichkeit der Kinder und in einer besseren Bildqualität resultierte. Als Vergleich diente das Buch „Paula in der Röhre“, mit dem eine Kontrollgruppe auf die Untersuchung vorbereitet wurde.

Im Zeitraum Juli 2014 bis Januar 2017 konnten 50 Kinder in die Studie eingeschlossen werden, von denen jeweils 25 der Interventions- und 25 der Kontrollgruppe zugewiesen wurden. Das mittlere Alter in der Kontrollgruppe lag bei 5,56 Jahren ($SD = 0,88$), das mittlere Alter der Interventionsgruppe lag bei 5,82 Jahren ($SD = 0,79$). 28 der 50 Kinder waren Knaben (56 %), 22 waren Mädchen (44 %). Die Kinder konnten sich im Wartebereich mit dem Buch oder dem *KittenScanner* vertraut machen und erhielten währenddessen Erklärungen zur stattfindenden Untersuchung. Diese wurde an einem Standard 1,5 Tesla Ganzkörper-MRT mit der Beachtung von kurzen Messzeiten durchgeführt. Um die erlebte Angst der Studienteilnehmer zu prüfen, wurden diverse psychologische Testverfahren (*STAIK-S*, *CBCL*, *m-YAPS*, *CAM-S*) in Form von Beobachtungs- und Fragebögen ausgewählt. Für die Beurteilung der

2 Zusammenfassung

Bildqualität wurden die Sequenzen „T2 FLAIR transversal“, „T2 TSE sagittal“ sowie „T1 SE transversal“ herangezogen und subjektiv nach einer fünfstufigen Likert-Skala sowie objektiv mittels Berechnung von Signal-zu-Rausch-*(SNR)* bzw. Kontrast-zu-Rausch-Verhältnis *(CNR)* bewertet.

Insgesamt konnten 96 % der Kinder erfolgreich einer MRT-Untersuchung unterzogen werden. Die erlebte Angst der Kinder unterschied sich nach der Intervention zwischen den beiden Gruppen nicht signifikant voneinander. In der Interventionsgruppe war nach durchgeführter MRT eine signifikant niedrigere Angst als vorher zu verzeichnen. In der subjektiven und objektiven Beurteilung der Bildqualität zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen. Allerdings wiesen MR-Serien aus der Interventionsgruppe weniger häufig kritische Bewegungsartefakte auf. Insgesamt wurden 97 % der MR-Serien als diagnostisch aussagekräftig bewertet.

In der aktuellen Studie konnte mit beiden Verfahren gezeigt werden, dass Kindern bei entsprechender Vorbereitung die Angst vor der MRT genommen und die Compliance gesteigert werden kann und so die Aussicht auf ein gutes Ergebnis der MRT-Untersuchung entsprechend hoch ist. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass es sinnvoll ist, in eine kindgerechte Vorbereitung der Patienten auf die MRT-Untersuchung zu investieren und einen Versuch ohne Sedierung zu wagen. Bei entsprechender Vorbereitung ist es durchaus möglich, auch jüngere Kinder einer MRT-Untersuchung ohne Sedierung oder Allgemeinanästhesie zu unterziehen und aussagekräftige Bilder zu erhalten.

3 Einleitung

3.1 Die Bedeutung von Schnittbildverfahren

Bildgebende Verfahren gestatten eine nicht-invasive Beurteilung der inneren Anatomie und Pathologie des menschlichen Körpers und werden im klinischen Alltag sowie in der Forschung mit steigender Häufigkeit eingesetzt (Malviya et al. 2000b). Die Möglichkeit zur überlagerungsfreien Darstellung sowie die hohe Geschwindigkeit in der Durchführung und die Fähigkeit, dreidimensionale Datensets zu erzeugen, sind klare Vorteile von Schnittbildverfahren wie der Computertomographie (CT) oder der Magnetresonanztomographie (MRT). Es ist daher nicht verwunderlich, dass die Nachfrage an hochauflösender Schnittbildgebung zur Diagnosefindung und Unterstützung von Behandlungsverfahren in den letzten Jahren deutlich gestiegen ist (Edwards und Arthurs 2011).

Insbesondere in der Bildgebung des Neurokraniums stellen Computertomographie und Magnetresonanztomographie die Methode der Wahl dar (Dammann et al. 2014). Eine CT-Untersuchung geht jedoch mit einer nicht unerheblichen Strahlenexposition einher, verbunden mit entsprechenden Risiken (Alkadhi et al. 2011). So konnte gezeigt werden, dass eine CT-Untersuchung des Schädels in der Kindheit mit einem signifikant erhöhten Risiko für Leukämie und Hirntumoren im späteren Leben assoziiert ist (Pearce et al. 2012). Die MRT ist ein Untersuchungsverfahren, das frei ist von ionisierender Strahlung. Risiken ergeben sich durch den Einsatz von statischen und dynamischen Magnetfeldern u.a. bei Patienten mit ferromagnetischen Implantaten, Schrittmachern, Stimulatoren und Pumpen (Weishaupt et al. 2009).

3.1.1 Vorteile der Magnetresonanztomographie

Die MRT macht sich die Protonenspineigenschaften im Körper zu Nutze (Edwards und Arthurs 2011). Durch die hohe räumliche Auflösung und den Weichteilkontrast ist sie anderen Schnittbildverfahren überlegen (Rosenberg et al. 1997). Um hochauflösende Bilder zu erzeugen, verwendet die Magnetresonanztomographie neben dem statischen Hauptmagnetfeld (B_0), das im klinischen Alltag bei 1,5 bis 3 Tesla, in der Forschung bis 7 und 11 Tesla Magnetfeldstärke liegt, sich schnell ändernde

3 Einleitung

Magnetfeldgradienten und elektromagnetische Hochfrequenzpulse. Wechselwirkungen mit Geweben des Körpers oder Nebenwirkungen durch Anwendung der Hochfrequenzimpulse bzw. der Magnetfelder sind unter Berücksichtigung entsprechend vorgegebener Grenzwerte nicht bekannt (Marshall et al. 1995). Die MRT gilt neben der Sonografie als eines der sichersten diagnostischen radiologischen Verfahren in der Medizin (Arlachov und Ganatra 2012). Aufgrund der fehlenden Strahlenexposition ist die MRT mitunter die wichtigste Methode der Bildgebung bei Kindern und wird mit steigender Häufigkeit im klinischen Alltag genutzt (Carter et al. 2010). In der pädiatrischen Forschung nimmt die MRT eine zunehmend wichtige Rolle ein (Gale et al. 2013). Insbesondere für neurologische oder psychiatrische Fragestellungen stellt sie das Mittel der Wahl der bildgebenden Verfahren dar, da mit ihr anatomische Strukturen ebenso wie physiologische Vorgänge im Neurokranium nicht-invasiv dargestellt werden können (Dean et al. 2014).

3.1.2 Herausforderungen der Magnetresonanztomographie bei Kindern

MRT-Studien zu Forschungszwecken werden nachweislich häufiger bei Erwachsenen, Jugendlichen oder Säuglingen durchgeführt als bei Kindern im Vorschul- oder jungem Schulalter. Grund hierfür sind technische und praktische Schwierigkeiten beim Scannen (Raschle et al. 2009).

Bereits für erwachsene Patienten stellen MRT-Untersuchungen nicht selten Stresssituationen dar (Flory und Lang 2011). Studien zeigen, dass viele Patienten bei MR-Untersuchungen „in der Röhre“ ein Gefühl von Bedrohung oder Angst erfahren und es häufig zu vorzeitiger Beendigung einer solchen Untersuchung kommt (Tornqvist et al. 2006). Die Angst der Patienten resultiert unter anderem aus der Furcht vor Schmerzen und dem Unbekannten sowie dem möglicherweise unglücklichen Ergebnis der Untersuchung (Katz et al. 1994). Auch der enge Tunnel des Tomographen und die Innentemperatur tragen ebenso wie die Dauer der Untersuchung und deren Geräusche zum Angstempfinden bei (Quirk et al. 1989).

Tornqvist et al. (2006) befragten Patienten, wie es ihnen während einer MR-Untersuchung erging und kamen zu dem Ergebnis, dass sich die Patienten aufgrund der ungewohnten Umgebung, der Enge des Scanners und der lauten klopfenden Geräusche unwohl fühlten. Die Patienten berichteten über ein Empfinden, nicht mehr

3 Einleitung

Herr der Lage zu sein und beschrieben als weitere Erfahrung ein Gefühl der Isolation und des Alleinseins sowie des Eingeschlossenseins und der Abhängigkeit von anderen Personen.

Für Kinder ist eine MR-Untersuchung oft ebenso, wenn nicht sogar noch stärker, angstbelastet. So wurde in Studien festgestellt, dass zwei Drittel der Kinder bei einer MR-Untersuchung Angst empfinden (de Amorim e Silva et al. 2006). Sie werden durch die Größe des Tomographen und den davon ausgehenden Lärm eingeschüchtert, was die Kooperationsfähigkeit der Kinder reduziert (Edwards und Arthurs 2011). Weitere Faktoren, die zu einem verstärkten Angstepfinden bei Kindern beitragen, sind die Enge des Tunnels, das lange Stillliegen und das in manchen Fällen erforderliche Anlegen eines venösen Zugangs für eine Kontrastmittelgabe (de Amorim e Silva et al. 2006). Insbesondere die Angst vor dem Nadellegen ist ein großer Grund für Distress bei Kindern (Rosenberg et al. 1997). Diese Ängste vor und während der Untersuchung sowie der Umstand des langen Stillliegens im Tomographen vermindern in ihrer Kombination die Compliance der Kinder (Hartmann et al. 2009).

Eine Kooperation der Patienten ist essentiell, um diagnostisch aussagekräftige Bilder zu erhalten. Bewegungen im Tomographen führen zu Unschärfen und Artefakten auf den Bildern, wodurch die Aussagekraft der Untersuchung vermindert werden kann (Lemaire et al. 2009). Inkomplette klinisch indizierte Scans müssen dann entsprechend regelmäßig wiederholt werden und können eine Diagnosefindung und eine nachfolgende Therapie verzögern (Raschle et al. 2009). Eine erneute MRT-Untersuchung ist zudem mit Verbrauch von Ressourcen wie Zeit und Geld verbunden.

3.2 Sedierung und Allgemeinanästhesie bei pädiatrischen MR-Untersuchungen

Um die genannten Bewegungsartefakte zu vermeiden und diagnostisch aussagekräftige Bilder zu erhalten, müssen Patienten während einer MRT in Abhängigkeit von der zu untersuchenden Region und Fragestellung für einen Zeitraum von ca. 5 - 90 Minuten still liegen. Gerade Kindern fällt dies häufig schwer (Lemaire et al. 2009). Zur Vermeidung nicht diagnostischer MRT-Untersuchungen finden diese bei Kindern mit zu erwartend unzureichender Kooperation deshalb oft unter Sedierung oder sogar unter Allgemeinanästhesie statt (Rosenberg et al. 1997). Rosenberg et al. (1997) ermittelten in ihren Arbeiten einen Anteil von 50 % bei Kindern im Alter von

3 Einleitung

sechs Jahren, einen Anteil von 30 % bei den Sieben- und Achtjährigen und einen Anteil von immerhin 10 % bei Kindern im Alter von neun bis zwölf Jahren, der eine Sedierung für MR-Untersuchungen erhielt. Bei älteren Kindern sind es häufig kognitive Beeinträchtigungen, die eine medikamentöse Ruhigstellung für die MRT erforderlich machen.

In der Literatur wurde entsprechend postuliert, dass bei Kindern unter fünf Jahren die kognitiven Fähigkeiten noch nicht ausreichen, um eine MR-Untersuchung ohne Sedierung erfolgreich abzuschließen. Bei Kindern über fünf Jahren sei die Wahrscheinlichkeit entsprechend höher, dies bei altersentsprechender Vorbereitung zu meistern (Hartmann et al. 2009). Dennoch ist es mancherorts üblich, bei Kindern unter acht Jahren nahezu generell eine Sedierung oder Allgemeinanästhesie einzusetzen (McGuirt 2016). Grund hierfür mag die steigende Anzahl an MR-Untersuchungen in der Population der pädiatrischen Patienten sein und die damit einhergehende Notwendigkeit, diese schnell und effizient durchzuführen (de Bie et al. 2010).

3.2.1 Risiken und Nebenwirkungen der Sedierung

Eine Sedierung bedarf einer strengen Indikationsstellung. Wird sie außerhalb des Settings eines Operationssaales durchgeführt, besteht ein höheres Risiko für Komplikationen, welches im Falle pädiatrischer Sedierungen bei 5,3 % liegt (Webster et al. 2016). Die Sedierung sollte von einem erfahrenen Arzt aus dem Bereich der Anästhesie oder der pädiatrischen Intensivmedizin durchgeführt werden (Philippi-Höhne et al. 2010).

Um Kinder sicher zu sedieren, bräuchte es ein Agens, welches schnell anschlägt, lange wirksam ist, wenig Nebenwirkungen zeigt, gut kontrollierbar ist und die Atmung nur minimal beeinträchtigt. Leider gibt es ein solches nicht und deshalb birgt jede Sedierung oder Allgemeinanästhesie ein Risiko. Insbesondere Kinder unter sechs Jahren sind anfällig für unerwünschte Wirkungen der Sedativa (Cote et al. 2016).

Midazolam aus der Gruppe der Benzodiazepine besitzt anxiolytische Eigenschaften und trägt zur Reduktion des Distresses bei (Roback et al. 2016). Während es häufig bei radiologischen Verfahren eingesetzt wurde und auch ein gut geeignetes Mittel für eine minimale Sedierung darstellt, ist es zur Sedierung bei MR-Untersuchungen

3 Einleitung

tatsächlich eher weniger geeignet, da es eine motorische Ruhigstellung nicht gewährleistet (Philippi-Höhne et al. 2010). Auch das früher häufig eingesetzte Chloralhydrat sollte aufgrund des ungünstigen Nutzen-Risiko-Verhältnisses im Sinne von schlechter Steuerbarkeit, langer Halbwertszeit und oftmals unzureichender bzw. unzuverlässiger Wirkung nicht mehr eingesetzt werden. Zudem kann es zu Reboundphänomenen führen (Philippi-Höhne et al. 2010) und schwerwiegende Komplikationen wie Atemdepression und Apnoe nach sich ziehen (Roback et al. 2016). Ketamin geht mit guter Kreislaufstabilität und für gewöhnlich erhaltenen Reflexen der oberen Atemwege einher und wird häufig bei schmerzhaften Eingriffen verwendet. Allerdings ist es häufig mit starkem Speichelfluss, Unruhe und Hyperakusis vergesellschaftet, sodass es für die mit hohem Geräuschpegel einhergehende MRT eher ungeeignet ist. Eine Kombination mit Midazolam wäre eine Option, um diese unerwünschten Wirkungen zu mindern. Propofol ist mit seinem schnellen Wirkeintritt, seiner kurzen Halbwertszeit und guten Steuerbarkeit für moderate bis tiefe Sedierungen und somit für diagnostische Prozeduren, die Immobilisierung erfordern, sehr gut geeignet (Philippi-Höhne et al. 2010, Roback et al. 2016).

Gefürchtete Komplikationen der genannten Mittel sind unter anderem ein Abfall der arteriellen Sauerstoffsättigung, ein Herz-Kreislauf-Stillstand, Aspiration und Laryngospasmus. Aber auch allergische Reaktionen, eine anhaltende Sedierung nach Ende des Eingriffes oder eine langdauernde Erholung von dieser werden ebenso wie eine inadäquate Sedierung mit Folge der Unfähigkeit die Untersuchung zu beenden, als unerwünschte Wirkungen beobachtet (Webster et al. 2016). Die Inzidenz einer Aspiration ist wahrscheinlich selten, wobei das absolute Risiko nicht bekannt ist und einer Variation von ca. 1/800 bis 1/30000 unterliegt (Cote et al. 2016). Am häufigsten treten Obstruktion der oberen Atemwege, Hypoxämie, Hypotension und Hypoventilation auf (Arlachov und Ganatra 2012).

Größter Anlass zur Besorgnis ist hierbei das Risiko der Atemdepression und der Hypoxämie, da hierdurch sowohl schwere Kurz- als auch Langzeitfolgen für pädiatrische Patienten entstehen können (Malviya et al. 2000b). In einer Studie von Malviya et al. (2000b) trat bei 2,9 % der für eine Bildgebung sedierten Kinder eine Hypoxämie auf. Was zu dem Risiko einer Hypoxämie beiträgt, sind Überdosierungen und Wechselwirkungen mit Medikamenten (de Bie et al. 2010). Überdosierung kann ferner zu respiratorischer Insuffizienz sowie zu Erbrechen und Aspiration führen

3 Einleitung

(Arlachov und Ganatra 2012). Weitere unerwünschte Wirkungen der eingesetzten Sedativa können gastrointestinale Symptome wie Übelkeit und Erbrechen, paradoxe Reaktionen oder Hautausschläge sein (Malviya et al. 2000b). In der genannten Studie von Malviya et al. kam es in 16 % der Fälle zu einer inadäquaten Sedierung, während sie in 7 % der Fälle sogar scheiterte. Zudem stellte man fest, dass in 29 % der Fälle der Sedierungen die Qualität der Bilder nicht optimal war und bei 12 % exzessive Bewegung auftrat. Folgen inadäquater Sedierung wie Scans von schlechter Qualität, Ausfallzeiten am Tomographen, fehlende Einnahmen sowie Unannehmlichkeiten für Patienten, Familie und Personal stellen ein Problem dar. Scans mit zu starken Bewegungsartefakten müssen in der Regel wiederholt werden, was ebenso zu höheren Kosten, längeren Wartezeiten und zusätzlicher Belastung der Patienten führt (Arlachov und Ganatra 2012).

Die Reaktionen auf die Sedativa unterscheiden sich vermutlich aufgrund der Erbanlagen interindividuell sehr stark (Mahmoud und Mason 2016). Daher ist es auch schwierig, den genauen Wirkeintritt einer Sedierung exakt vorherzusagen. Auch das Anhalten einer Sedierung kann entsprechend lange dauern und eine Stunde oder mehr überschreiten (de Amorim e Silva et al. 2006). Nach stattgehabter Sedierung muss eine Überwachung der Patienten durch Fachpersonal erfolgen, da das Risiko des Auftretens unerwünschter Ereignisse weiterhin besteht und eine zu frühe Entlassung schwerwiegende Folgen haben kann (Philippi-Höhne et al. 2010). So kann sich beispielsweise die Erholung von der Sedierung bei Einsatz langwirkender Substanzen verzögern. Es wird daher empfohlen, dass mindestens zwei erwachsene Personen das Kind auf dem Nachhauseweg begleiten, um Zwischenfälle rasch zu erkennen und Hilfe zu leisten (Philippi-Höhne et al. 2010).

Malviya et al. (2000a) zeigten in ihrer Studie verspätet einsetzende Nebenwirkungen auf. Sie konnten eine Rückkehr zu einer normalen Aktivität und normalem Verhalten bei sedierten Kindern nach acht Stunden in 48 % der Fälle, nach 24 Stunden bei 89 % der Fälle und bei 5 % der Fälle sogar erst am zweiten Tag nach der Untersuchung feststellen. Als häufigste verzögerte Nebenwirkung wurden mit 31 % motorische Gleichgewichtsstörungen genannt, gefolgt von Agitation und aggressivem Verhalten (19 %), welches auch noch sechs Stunden nach der Untersuchung anhielt. Ebenso zeigte sich eine prolongierte Rastlosigkeit bei 14 % der Kinder. Als weitere unerwünschte Wirkungen traten Übelkeit und Erbrechen (13 %) sowie Diarrhö (11 %)

3 Einleitung

auf. Zwei Kinder hatten Atemschwierigkeiten zu Hause. Drei Kinder mussten zudem aufgrund exzessiv prolongierter Sedierung nach Entlassung in das Krankenhaus zurückkehren und für zwei bis vier Stunden überwacht werden.

3.2.2 Vor- und Nachteile der Allgemeinanästhesie

Bei Sequenzen, die einen langen Atemstillstand benötigen oder bei sehr langer Untersuchungsdauer wird oftmals eine Allgemeinanästhesie eingesetzt. Auch kann unter gewissen Umständen eine minimale oder moderate Sedierung ein zu großes Risiko für das zu untersuchende Kind darstellen. Dies trifft insbesondere für Patienten mit potentieller Gefährdung der Atemwege und entsprechender Notwendigkeit diese während der Durchführung der MR-Untersuchung zu sichern, zu (Edwards und Arthurs 2011). Auch eine Einteilung der Kinder nach der ASA (*American Society of Anesthesiologists*)-Risikoklassifikation zur Einschätzung des perioperativen Risikos in ASA 3 und 4, Adipositas und Frühgeburtlichkeit gelten ebenso wie respiratorische Infekte, die mit Fieber, feuchtem Husten und grünem Schnupfen einhergehen, als Risikofaktoren (Webster et al. 2016, von Ungern-Sternberg et al. 2010). Weitere Gründe für eine Allgemeinanästhesie können z.B. eine vorhergegangene fehlgeschlagene Sedierung, mangelnde Kooperationsfähigkeit des Kindes, eine übermäßig lang angesetzte Untersuchung oder eine neurologische Beeinträchtigung sein (Malviya et al. 2000b). Eine Allgemeinanästhesie kann intravenös z.B. mit Propofol oder Ketamin oder auch inhalativ mit Sevofluran eingeleitet werden (Arlachov und Ganatra 2012). Abhängig von der Anamnese werden Larynxmaske oder Endotrachealtubus eingesetzt und eine Spontanatmung oder Beatmung ermöglicht (Malviya et al. 2000b). Während einer Allgemeinanästhesie können in etwa in 0,4 - 1,5 % der Fälle geringfügige Nebenwirkungen auftreten. Schwerwiegende Nebenwirkungen sind eher selten (Carter et al. 2010). In einem Fall der von Malviya et al. (2000b) untersuchten Kinder kam es unter der Allgemeinanästhesie zu einem Laryngospasmus und Sauerstoffentsättigung. Diese kritische Situation wurde mittels Succhinylcholingabe und Maskenbeatmung ohne schwerwiegende Folgen gelöst, zeigt jedoch, dass eine Allgemeinanästhesie ebenfalls nicht ohne Risiko ist.

Eine Allgemeinanästhesie ist aufgrund ihrer Tiefe in Bezug auf das Vermeiden von Bewegungsartefakten zuverlässiger als eine minimale oder moderate Sedierung, erfordert jedoch MRT-kompatible Anästhesiegeräte und die Verfügbarkeit von

3 Einleitung

Anästhesisten und Pflegepersonal für den Zeitraum des Aufwachens und Erholens von der Narkose (Johnson et al. 2002). Ebenso ist zusätzliche Zeit im Scanner sowie ein Bettenplatz für den Zeitraum nach der Untersuchung erforderlich (de Amorim e Silva et al. 2006).

3.2.3 Herausforderungen bei Einsatz anästhesiologischer Verfahren zur Bildgebung

Gerade für elektive Eingriffe ist es notwendig, ein ausreichendes Sicherheitsnetz für den Patienten zu schaffen, um eine erfolgreiche Untersuchung zu gewährleisten. Der sedierende Arzt muss dafür Sorge tragen (Mahmoud und Mason 2016). Dazu gehört im Vorfeld das Erheben einer ausführlichen Anamnese und körperlichen Untersuchung, die Anpassung der Sedierung an den Zustand und die Bedürfnisse des Kindes während des Eingriffes und die kontinuierliche Überwachung der Prozedur sowie eine sichere Erholung von der Sedierung und Nachsorge (Horeczko und Mahmoud 2016).

Die gesamte Prozedur der Sedierung oder Allgemeinanästhesie nimmt viel Zeit in Anspruch und kann bei Patienten Furcht hervor rufen (McGuirt 2016, de Amorim e Silva et al. 2006). Insbesondere die Einleitung einer Vollnarkose, welche unter anderem das Platzieren einer Maske auf dem Gesicht sowie das Legen eines intravenösen Zugangs umfasst, kann Kindern Angst machen (Edwards und Arthurs 2011).

Der Einsatz von Sedierung oder Allgemeinanästhesie erfordert ein exaktes Monitoring der Vitalwerte der Patienten. Pulsoxymetrie zur Bestimmung von Herzfrequenz und Sauerstoffsättigung sowie die Bestimmung der Atemfrequenz sind die Mindestanforderungen an die Überwachung. Ab dem Stadium der moderaten Sedierung sollte zudem ein Elektrokardiogramm (EKG) und eine Blutdruckmessung und zur rechtzeitigen Detektion einer Atemdepression eine Messung des end-expiratorischen Kohlendioxids erfolgen (Philippi-Höhne et al. 2010). Zudem muss das technische Equipment für diese Überwachung MR-kompatibel sein (Philippi-Höhne et al. 2010). Im Scanraum befindliche elektrische Geräte erzeugen hochfrequente Signale und können damit die Bildqualität beeinträchtigen. MR-Scanner erzeugen Hochfrequenzwellen, die die von den Überwachungsgeräten empfangenen Daten

3 Einleitung

verfälschen und die Überwachung während des Scannens erschweren können (Arlachov und Ganatra 2012). Zudem können sie Wärme erzeugen. Kabel von beispielsweise EKG und Pulsoxymeter fungieren als elektrische Leiter und erhöhen – v.a. wenn in Schleifen gelegt – die Gefahr von Verbrennungsschäden durch Erhitzung (Philippi-Höhne et al. 2010). Daher sollten solche Kabel nicht aufgewickelt sein und die Geräte möglichst weit von dem Scanner entfernt stehen. Auch für den Einsatz von EKG-Pads gilt die Gefahr einer thermischen Verletzung, weshalb spezielle MR-kompatible Pads benutzt werden sollten (Cote et al. 2016). Aufgrund der genannten Risiken in Verbindung mit der MRT stellt eine EKG jedoch eine fakultative Methode der Überwachung bei sedierten gesunden oder leicht erkrankten Kindern (ASA I und II) dar (Philippi-Höhne et al. 2010).

Das starke Magnetfeld des Tomographen stellt bei Einbringen von ferromagnetischen Gegenständen in dessen Nähe eine große Gefahr dar. Deshalb müssen neben Überwachungs- und Narkosegeräten auch alle Gegenstände, die für Wiederbelebungsmaßnahmen benötigt werden – beispielsweise Laryngoskope – MR-kompatibel sein (Cote et al. 2016, Philippi-Höhne et al. 2010).

Um eine sichere Sedierung bzw. Allgemeinanästhesie zu gewährleisten, sind auch Überwachungsmöglichkeiten nach der eigentlichen MRT-Untersuchung („Aufwachraum“ analog zum postoperativen Monitoring), die Verfügbarkeit eines Tagesbettenplatzes sowie speziell ausgebildetes Personal, welches unter anderem Anästhesisten sowie Pflegepersonal für die Vorbereitung der Patienten für die Sedierung oder Allgemeinanästhesie sowie für die Erholung nach der Untersuchung umfasst, nötig (McGuirt 2016). Ärzte, die Kinder sedieren, sollen in Beurteilung und Management der Atemwege kompetent und in der Wiederbelebung von Säuglingen und Kindern qualifiziert sein (Arlachov und Ganatra 2012, Horeczko und Mahmoud 2016). Bei Auftreten von respiratorischen Komplikationen muss entsprechende Ausrüstung zur Atemwegssicherung vorhanden sein. Zudem muss der Sedierende in lebensrettenden Maßnahmen ausreichend geschult sein (Philippi-Höhne et al. 2010).

Dieses Bereitstellen von Reanimationsmaßnahmen und die für die Sedierung benötigten Medikamente tragen zu einer zusätzlichen Kostenbelastung bei, die bei der Planung und Durchführung der MRT-Untersuchung mit zu bedenken sind (Edwards und Arthurs 2011).

3 Einleitung

Viele Kinder mit chronischen Krankheiten benötigen MR-Untersuchungen, um Komplikationen ihrer Erkrankung zu detektieren oder zu überwachen. Liegt bereits eine chronische Erkrankung vor, kann eine anästhesiologische Behandlung zusätzliche Gefahren für die Patienten mit sich bringen. Bei Kindern mit Sichelzellanämie zum Beispiel wird durch Sedierung das Risiko einer vasookklusiven Krise erhöht. Präventive Maßnahmen zur Vermeidung solcher Komplikationen, wie Hydrierung oder Bluttransfusionen, belasten Kinder und Familien zusätzlich und stellen darüber hinaus einen weiteren Kostenfaktor für das Krankenhaus dar (Cejda et al. 2012). Bei entwicklungsgestörten Kindern liegt tritt eine Sauerstoffentsättigung dreimal häufiger als bei Kindern ohne Entwicklungsstörung auf (Cote et al. 2016).

Zudem gilt es, etwaige Kontraindikationen für den Einsatz anästhesiologischer Verfahren zu beachten. Vorrangig sind hier die Gefahr einer Aspiration, ein kritischer Atemweg, eine respiratorische Insuffizienz, ein erhöhter intrakranieller Druck verbunden mit Übelkeit oder gar Bewusstseinstörung sowie eine stark eingeschränkte kardiovaskuläre Funktion zu nennen (Philippi-Höhne et al. 2010).

3.2.4 Neurotoxizität von Sedativa und Anästhetika

Die zur Sedierung verwendeten Medikamente sind im zentralen Nervensystem stark wirksam und können kognitive Funktionen störend beeinflussen sowie die Physiologie des Gehirns modifizieren (Rosenberg et al. 1997). Alarmierend erscheinen die in den letzten Jahren festgestellten Auswirkungen auf das sich noch in Entwicklung befindliche Gehirn: In Tierversuchen konnte festgestellt werden, dass Anästhetika und Sedativa neurotoxisch auf dieses wirken können und somit zu Langzeitschäden führen können (Parad 2018, Becke et al. 2013). Agenzien wie Ketamin, Isofluran oder Propofol können neuronale Apoptose indizieren und die Neurogenese inhibieren, was sich negativ auf kognitive Funktionen im späteren Leben auswirken kann (Sun 2010, Sinner et al. 2014). Eine Übertragung dieser Ergebnisse auf den Menschen ist allerdings als kritisch anzusehen, denn die Effekte auf das menschliche Gehirn sind noch nicht ausreichend erforscht (Becke et al. 2013). Einzelne Daten deuten allerdings auf die Möglichkeit neurologischer Beeinträchtigungen nach Anästhetikagabe im frühen Lebensalter hin (Loepke und Soriano 2008). Vorliegende retrospektive Studien sind widersprüchlich: hierunter gibt es Ergebnisse, die den neurotoxischen Effekt der Anästhetika bestätigen und sie mit Lernstörungen und Verhaltensauffälligkeiten im

3 Einleitung

späteren Leben von bis zu einem Alter von drei oder vier Jahren anästhesierten Kindern in Verbindung bringen (DiMaggio et al. 2011, Kalkman et al. 2009), während z.B. Bartels et al. (2009) in ihrer Zwillingstudie keinen Kausalzusammenhang zwischen einer Exposition gegenüber Anästhetika im jungen Kindesalter und späteren kognitiven Beeinträchtigungen feststellen konnten. Warner et al. (2018) lieferten erste Ergebnisse einer prospektiven Studie: multiple Anästhetikaexposition vor dem dritten Lebensjahr ist vermutlich mit Verhaltens- und Lernschwierigkeiten verbunden, wohingegen eine einzelne Gabe keine Auswirkungen auf die allgemeine Intelligenz zu haben scheint. Weitere prospektive Studien müssen folgen, um die Effekte von Sedativa und Anästhetika auf das menschliche Gehirn genauer zu untersuchen (Becke et al. 2013).

Aufgrund dieser Erkenntnisse und der bekannten Gefahren und Nebenwirkungen sollte es in der Bildgebung von Kindern folglich erstrebenswert sein, wann immer möglich, auf eine Sedierung oder Allgemeinanästhesie zu verzichten. Bei Vorliegen einer klinischen Indikation gilt es, das Nutzen-Risiko-Verhältnis abzuwägen (Gale et al. 2013). Es ist ethisch nicht zu vertreten, gesunde Kinder zu Forschungszwecken für eine MR-Untersuchung zu sedieren oder in Narkose zu versetzen (Dean et al. 2014, de Bie et al. 2010).

3.3 Alternative Methoden zum Gelingen pädiatrischer MR-Untersuchungen und Minimierung von Bewegungsartefakten

3.3.1 Technische Möglichkeiten

Auf MR-Untersuchungen bei Kindern gänzlich zu verzichten, kommt aufgrund der enormen Bedeutung für die klinische Diagnostik und Forschung nicht in Frage. Es gilt also das Bestreben, aussagekräftige, artefaktfreie Bilder ohne den Einsatz von Sedierung oder Allgemeinanästhesie zu erhalten und Möglichkeiten zu finden, wie MRT-Untersuchungen bei Kindern auch ohne Sedierung gelingen können.

Eine Möglichkeit, um Bewegungsartefakte zu minimieren, liegt in der Weiterentwicklung technischer Gegebenheiten. So konnte in Studien gezeigt werden, dass durch den Einsatz von speziellen schnellen bzw. geräuschreduzierten Sequenzen eine verbesserte Bildqualität durch Reduktion von Bewegungsartefakten

3 Einleitung

erzielt werden kann (Alibek et al. 2008, Heyer et al. 2012, Vertinsky et al. 2009, von Kalle et al. 2009). Der Einsatz von schneller und ultraschneller Magnetresonanz-Bildgebung führte zu qualitativ hochwertigen neuroradiologischen Aufnahmen von Kindern (Ashley et al. 2005, Singh et al. 2003).

Während Atkinson et al. (1999) einen Algorithmus entwickelten, der iterativ unbekannte Bewegungen von Patienten ermittelt und diese retrospektiv korrigiert, erforschten Zaitsev et al. (2006) ein Verfahren zur prospektiven Korrektur von Bewegungsartefakten unter Verwendung eines externen Bewegungsverfolgungsgeräts. Eine Hybrid-Methode, die eine Kombination von optischer prospektiver Bewegungskorrektur und retrospektiver Autofokussierung umfasst, kann die Bildqualität ebenso verbessern (Aksoy et al. 2012).

Angst spielt bei der Entstehung von Bewegungsartefakten eine große Rolle. Aufgrund von entsprechenden Gefühlen in engen Räumen können 5 – 10 % aller Patienten eine MR-Untersuchung nicht beenden (Bangard et al. 2007). Die Gestaltung der Tomographen ist folglich bei der Entstehung von Angst vor einer MR-Untersuchung ebenfalls ausschlaggebend. Um diese zu minimieren und Artefakte zu vermeiden, entwickelten die MRT-Hersteller Tomographen mit z.B. weiterem oder kürzerem, sowie konisch geformtem Tunnel. Auf diese Art und Weise ließen sich Engegefühle und Ängste bei Patienten vermindern (Lemaire et al. 2009).

3.3.2 Scannen während des Schlafes

Eine Studie von Parad (2018) empfiehlt, insbesondere bei Kindern unter drei Jahren eine Bildgebung ohne Sedierung anzustreben. Dies ist durch eine Kombination aus Schlafentzug, Füttern vor der Untersuchung und entsprechender Wickeltechnik nachweislich gut möglich (McGuirt 2016). In den USA nutzen entsprechend einer Studie von Heller (2017) 64 % der Neugeborenen-Intensivstationen diese *feed-and-swaddle*-Technik (auch: *feed-and-sleep*-Technik) als primäre Methode zur kernspintomographischen Untersuchung des Gehirns und verzeichnen eine hohe Erfolgsrate. Tsiflikas et al. (2019) untersuchten die Machbarkeit der *feed-and-sleep*-Technik während einer funktionellen MR-Urographie und kamen zu dem Ergebnis, dass 90 % der Säuglinge unter 10 Monaten erfolgreich während des Schlafes gescannt werden konnten. Zudem stellten sie eine kürzere Untersuchungszeit als bei

3 Einleitung

funktioneller MR-Urographie unter Allgemeinanästhesie fest. Gale et al. (2013) gelang es ebenfalls durch entsprechende Maßnahmen – Füttern kurz vor der Untersuchung in gedimmtem Licht, Anwenden von Gehörschutz, spezielle Wickeltechniken – Säuglinge während des natürlichen Schlafes zu scannen. Um sicherzustellen, dass die Kinder während der Untersuchung durch die lauten Geräusche des Tomographen in ihrem Schlaf nicht gestört werden, kann man wie Dean et al. (2014) einen schalldämpfenden Röhreneinsatz aus Schaumstoff einsetzen, der in deren Forschungsarbeit zu einer Geräuschreduktion um bis zu 20dB führte. Zusätzlich scheint eine Fixierung und Immobilisation der kleinen Patienten durch eine Vakuummatratze sinnvoll. Eine Immobilisierung von Säuglingen mittels Vakuummatratze führte auch in einer Studie von Ureta-Velasco et al. (2015) in über 90 % der Fälle zu einer erfolgreichen MR-Untersuchung ohne den Einsatz von Sedierung. Laut Eker et al. (2017) ist auch der Einsatz einer 30-prozentigen oralen Glukoselösung bei Neugeborenen möglich: diese hat einen sedierenden Effekt und kann anstelle von intravenös verabreichtem Midazolam gegeben werden, um MRT-Bilder mit diagnostischer Aussagekraft zu erhalten.

Bei Säuglingen und Kleinkindern stellt das Scannen während des Schlafens folglich eine gute Alternative zur Sedierung dar. Ab einem Alter von zweieinhalb Jahren ist diese Methode zwar immer noch, jedoch nicht mehr einwandfrei praktikabel, da die Kinder sich entweder schwerer tun, einzuschlafen, oder sie während der Untersuchung wieder aufwachen (Dean et al. 2014). Trotzdem gelang es Nordahl et al. (2008) 93 % der Kinder im Alter von zweieinhalb bis viereinhalb Jahren während des natürlichen Schlafes zu scannen. Bei älteren Kindern gestaltet sich die Methode des Scannens während des natürlichen Schlafes allerdings schwieriger. Johnson et al. (2002) griffen bei Kindern im Alter von fünf bis 17 Jahren auf die Gabe von Melatonin zurück, um das Einschlafen zu fördern. Die Erfolgsrate lag bei 59 %. Der zusätzliche Einsatz von Schlafentzug erhöhte die Rate erfolgreicher MRT-Untersuchungen auf 76 %.

Zu Bedenken ist dennoch, dass bei dieser Art des narkosefreien Scannens eine hohe Flexibilität aufgrund der individuellen Schlafzeiten der Kinder nötig ist und der Tomograph während einer im Vorhinein ungewissen Zeitspanne verfügbar sein muss (Dean et al. 2014).

3 Einleitung

3.3.3 Methoden bei wachen Kindern

Bei Betrachtung von Kindern höherer Altersklassen stellte sich heraus, dass eine einfache Erklärung des Verfahrens im Allgemeinen ausreichend ist, um eine gute Zusammenarbeit zu ermöglichen. Für Kinder zwischen vier und acht Jahren allerdings kann das MR-Verfahren an sich neben Sedierung und Anästhesie sehr beängstigend sein, was während der Vorbereitung auf eine MR-Untersuchung den Umgang mit Kindern dieser Altersgruppe erschweren kann (Pressdee et al. 1997).

Die Literatur zeigt dennoch, dass es möglich ist, diese Kinder gezielt auf eine MR-Untersuchung vorzubereiten und Aufnahmen in hoher Qualität auch ohne den Einsatz von Sedierung zu erhalten. Eine gezielte Vorbereitung auf die bevorstehende Untersuchung wirkt sich nachweislich positiv auf die Kooperation der Kinder aus und trägt zudem zu einer verbesserten Akzeptanz der Untersuchung durch die Kinder und deren Eltern bei, was schließlich in diagnostisch aussagekräftiger Bildgebung resultiert (Raschle et al. 2009). Wie eine MRT-Untersuchung erfolgreich durchgeführt werden kann, wird im Folgenden erläutert.

3.3.3.1 Audiovisuelle Methoden

Eine in der Literatur erforschte Methode zur Vermeidung von Sedierung stellt das Anhören von Hörspielen oder Musik sowie das Ansehen eines Videofilms während der Untersuchung dar.

In einer Studie von Smart (1997) konnten Kinder im Alter von vier bis acht Jahren ohne Sedierung gescannt werden, indem diese während der MR-Untersuchung über Kopfhörer eine geführte Imagination mit dem Titel „*Magic Island*“ erhielten und sich damit in einen Entspannungszustand versetzen konnten.

Harned und Strain (2001) untersuchten den Einfluss eines MR-kompatiblen audiovisuellen Systems bestehend aus einer binokularen Brille, welche die Augen komplett umschließt und geräuschkämpfenden Kopfhörern. Damit konnten die Patienten einen Videofilm ansehen, dessen Audiosignal über die Kopfhörer weitergeleitet wurde. Die Autoren verglichen Patienten, die ohne Einsatz des audiovisuellen Systems gescannt wurden mit Patienten, bei denen es eingesetzt wurde. In beiden Gruppen war die Sedierungsrate bei den Unter-Dreijährigen am

3 Einleitung

höchsten. Bei Kindern ab drei bis zehn Jahren verzeichnete sie einen linearen Abfall und in der Gruppe der über Zehnjährigen pendelte sie sich auf ein niedriges Niveau ein, da ältere Kinder – u.a. abhängig von Grunderkrankungen – in der Regel weniger bis kaum Sedierung benötigen. Während folglich in der Gruppe der Unter-Dreijährigen keine signifikante Senkung des Einsatzes von Sedierung zu verzeichnen war, lag die Sedierungsrate bei den Kindern im Alter von drei bis zehn Jahren ohne Einsatz des audiovisuellen Systems bei 53 % und mit bei 40 %. In der Gruppe der über Zehnjährigen lag sie ohne bei 16 % und mit bei 8 %. Insgesamt verzeichneten sie eine Senkung der Sedierungsrate um 18 %. Zudem trug diese Methode zu einem angenehmeren Untersuchungserlebnis bei, da die Kinder weniger das Gefühl des Eingeschlossenseins empfanden. Letztendlich resultierte der Einsatz dieses Systems in insgesamt geringeren Kosten sowie in einem verbesserten Arbeitsfluss durch eingesparte Zeit im Vergleich zur Sedierung.

Ähnlich gingen Lemaire et al. (2009) vor: Sie setzten ebenfalls ein audiovisuelles System bei pädiatrischen Patienten ein und verglichen die Sedierungsraten mit Patienten, die im Vorfeld ohne dieses System gescannt wurden. Sie teilten die Kinder in gleicher Weise in drei Altersgruppen ein (0-3 Jahre, 4-10 Jahre, 11-18 Jahre) und kamen zu dem Ergebnis, dass in der Gruppe der Vier- bis Zehnjährigen die Sedierungsrate signifikant um 34,6 % gesenkt werden konnte. Bei den Unter-Vier- und Über-Zehnjährigen verzeichneten sie zwar ebenfalls einen Rückgang um jeweils 2,5 % und 4,2 %, dieser war jedoch nicht signifikant. Während in der Kontrollgruppe alle Kinder unter sechs Jahren einer Sedierung zugeführt wurden, konnten in der Interventionsgruppe 16 Patienten unter sechs Jahren ohne Sedierung gescannt werden. Weiterhin wurden unter Einsatz des audiovisuellen Systems 7,2 % mehr pädiatrische Patienten gescannt. In der Gruppe der Vier- bis Zehnjährigen zeigte sich dieser Anstieg mit 4,7 % signifikant. Betrachtet man diese Zahlen, stellt man fest, dass das System in der Gruppe der Vier- bis Zehnjährigen am effektivsten eingesetzt werden konnte.

Der Einsatz eines audiovisuellen Systems stellt folglich eine durchaus effektive und sichere Alternative im Vergleich zur Sedierung dar und führt zu einer positiven Erfahrung für die pädiatrischen Patienten und ihre Sorgeberechtigten. Zudem konnten die Wartezeiten auf eine MR-Untersuchung durch erhöhte Untersuchungszahlen reduziert werden, wodurch wiederum die Chance steigt, Krankheiten früh- und

3 Einleitung

rechtzeitig erkennen zu können. (Lemaire et al. 2009). Leider ist die Beschaffung und Installation eines solchen Systems mit einem erheblichen Kostenaufwand von ca. 37.000 US-Dollar (bei aktuellem Kurs umgerechnet ca. 34.000 Euro) verbunden, der möglicherweise nicht von allen Einrichtungen getragen werden kann (Harned und Strain 2001, Lemaire et al. 2009).

3.3.3.2 Modell-Scanner

Kinder sind von Natur aus neugierig. Sie besitzen einen Entdeckungs- und Erkundungsdrang, der auch in medizinischen Situationen ersichtlich wird („Doktor- oder Krankenhausspiel“). So wollen z.B. viele Kinder den Magnetresonanztomographen vor einer Untersuchung inspizieren und erfragen, wie er funktioniert, wieso er laute Geräusche macht und wie die Patientenliege auf und ab fährt (Rosenberg et al. 1997). Im medizinischen Alltag sind zeitliche und personelle Ressourcen oft begrenzt, weshalb der Neugierde der Kinder nicht immer nachgegeben werden kann. Das resultiert dann nicht selten in schlechter Compliance während des Scans mit der Folge nicht aussagekräftiger Bilder oder gar kompletter Verweigerung der Untersuchung (Rosenberg et al. 1997).

Ein Verhaltenstraining kann zu einem erfolgreichen Scan ohne den Einsatz von Sedierung führen (Barnea-Goraly et al. 2014). Diesen Umstand machten sich verschiedene Studien zu Nutze und setzten ein äußerst wirksames Verfahren der Verhaltenstherapie ein: die Reizkonfrontation in vivo. Hierfür wird ein Magnetresonanztomograph in Originalgröße ohne Magnetfeld als Simulator eingesetzt, an dem die Kinder im Vorfeld trainieren können, wie die eigentliche Untersuchung ablaufen wird. Die anschließende Untersuchungssituation kann mit Hilfe von Hilfspersonal schrittweise eingeübt werden (Raschle et al. 2009). Solche Übungssitzungen mit einem Simulator (sogenannte *Mock-Scanner*) können nützlich sein, um eine MR-Untersuchung ohne Sedierung durchzuführen und diagnostisch aussagekräftige Bilder zu erhalten. Insbesondere Kinder der jüngeren Altersklassen (vier bis sieben Jahre) profitieren von so einem Training (de Bie et al. 2010). Durch diese explizite und altersentsprechende Vorbereitung auf eine MR-Untersuchung können Kinder sich mit der Umgebung, dem Equipment und der Situation vertraut machen, aufkommende Fragen beantwortet wissen und Coping-Strategien entwickeln (de Amorim e Silva et al. 2006).

3 Einleitung

Mithilfe eines Protokolls mit Richtlinien zu einer altersentsprechenden Vorbereitung von Kindern auf ein MRT, welches unter anderem die Vorbereitung auf die Untersuchung an einem Modell-Scanner umfasst, gelang es Raschle et al. (2009) 95 % der Kinder im Alter von vier bis sechs Jahren erfolgreich und ohne den Einsatz von Sedierung zu scannen. Auch de Amorim e Silva et al. (2006) kamen zu dem Ergebnis, dass eine Vorbereitung durch ein Einüben der Untersuchungssituation an einem Scanner-Modell den Einsatz von Sedierung und Allgemeinanästhesie reduzieren kann. Zudem trägt es zu positiven Erfahrungen von Kindern, Eltern und Personal bei und resultiert letztlich in einer Kosteneinsparung für das Krankenhaus. Auch de Bie et al. (2010) unterzogen Kinder einem *Mock-Scanner-Training* und anschließend einer MR-Untersuchung. Von den 90 teilnehmenden Kindern entstanden bei 81 diagnostisch aussagekräftige Scans.

Weiterhin wurde der Aspekt der Furcht bei pädiatrischen Patienten während der Untersuchung in der Literatur untersucht: Rosenberg et al. (1997) zeigten eine Verringerung der Angst bei einer Gruppe von Kindern mit Zwangsstörungen im Alter zwischen sechs und 17 Jahren (mittleres Alter: 12,1 +/- 3,5 Jahre) unter Verwendung eines MR-Simulators vor der eigentlichen Untersuchung. Ein verminderter Angstzustand wurde auch bei altersentsprechenden gesunden Kontrollpersonen (mittleres Alter: 12,2 +/- 3,8 Jahre) beobachtet. Messinstrumente zur Erfassung der Angst stellten die Überwachung der Herzfrequenz sowie die Dokumentation des subjektiven Stresslevels durch die Patienten dar. Alle 32 Kinder der Interventionsgruppen (mit und ohne Zwangsstörungen) konnten die MR-Untersuchung erfolgreich abschließen, während es in einer Kontrollgruppe von zehn Kindern, die ohne Vorbereitung am Simulator gescannt wurden, zu einem Abbruch der MR-Untersuchung kam.

Carter et al. (2010) zogen in ihrem Review hinsichtlich der Vorbereitung mittels MR-Simulator ein positives Résumé: 98 % der Untersuchungen waren erfolgreich und diagnostisch auswertbar. Der Einsatz von Allgemeinanästhesie verzeichnete einen Rückgang von 8,6 %. Am effektivsten wirkte sich das Training mit einem Simulator in der Gruppe der Drei- bis Achtjährigen aus. Hier konnte die Rate der Allgemeinanästhesie um 16,8 % gesenkt werden.

Nicht jede Institution verfügt allerdings über einen solchen MR-Simulator in Originalgröße. Auch wenn im Vergleich zum Einsatz von Sedierung oder

3 Einleitung

Allgemeinanästhesie auf lange Sicht Kosten eingespart werden können, ist die Anschaffung eines Simulators relativ teuer und liegt gemeinsam mit Installationskosten im Bereich von ca. 224.000 US-Dollar, was beim aktuellen Wechselkurs rund 206.000 Euro entspricht (Carter et al. 2010). Eine kostengünstigere Alternative bestehend aus einem Spieltunnel, einer Vibrationsmatte und einem Gerät, welches die Geräusche des Scanners simuliert, ist laut Barnea-Goraly et al. (2014) ebenso wirksam, wie ein kommerziell verfügbarer Simulator. Folglich scheint ein Gerät, welches die Enge des realen Scanners sowie dessen Geräusche nachahmen kann, ein ausreichendes Mittel zu sein, um Kinder auf eine MRT-Untersuchung vorzubereiten (Barnea-Goraly et al. 2014, Carter et al. 2010).

3.3.3.3 Spieltherapie

Die Entwicklungspsychologie ist sich einig: Spielen hat im Leben von Kindern einen hohen Stellenwert. Es trägt nicht nur zu einer gesunden kognitiven und motorischen Entwicklung bei, sondern hilft den Kindern, fremde und eventuell beängstigende Situationen zu bewältigen. In diesem Wissen setzten Pressdee et al. (1997) einen speziell ausgebildeten Spieltherapeuten (*Play Specialist*) ein, welcher Kinder durch Spielen auf eine MR-Untersuchung vorbereitete. Die Kinder konnten sich Fotos eines Scanners ansehen und mit einem Miniatur-Modell eines Tomographen spielen. Weiterhin wurde ihnen die Aufzeichnung von Geräuschen eines Tomographen vorgespielt und sie erhielten ein Malbuch, in welchem die MR-Untersuchung eines Kindes illustriert war. Durch diese Art der Vorbereitung konnten 168 von 169 Patienten im Alter von vier bis acht Jahren erfolgreich ohne Sedierung oder Allgemeinanästhesie gescannt werden.

In Nordamerika gibt es den Beruf des *Child Life Specialist*. Dieser ist ein Fachkundiger für die Kindesentwicklung und betreut Kinder und deren Familien vor, während und nach medizinischen Untersuchungen bzw. Eingriffen. Er geht auf die individuellen Bedürfnisse und den Entwicklungsstand der Kinder ein und kümmert sich um das psychosoziale Befinden der Patienten. So auch bei radiologischen Untersuchungen (McGee 2003). Kinder profitieren von der Zusammenarbeit mit einem *Child Life Specialist* (Koch 2008, McGee 2003). Dies konnten auch Cejda et al. (2012) bestätigen: Kinder mit Sichelzellanämie im Alter von fünf bis 12 Jahren, welche eine MR-Untersuchung der Leber oder des Kopfes bekamen, wurden durch einen *Child Life*

3 Einleitung

Specialist auf die anstehende Untersuchung vorbereitet. Ähnlich wie bei Pressdee et al. (1997) bekamen sie die Möglichkeit, mit einem Miniatur-Tomographen zu spielen und dessen Geräusche anzuhören. Weiterhin wurde das Stillliegen trainiert und individuelle Bewältigungsstrategien ausgearbeitet. Bei den Patienten, die eine solche Vorbereitung erhielten, war es rund viermal wahrscheinlicher, eine MR-Untersuchung mit interpretierbaren MR-Bildern abzuschließen, als bei denen, die keine erhielten.

Tornqvist et al. (2015) hatten ebenfalls Erfolg im Scannen ohne Sedierung, indem sie Kinder im Alter von vier bis neun Jahren mittels Informationsbroschüre, Spiel am MRT-Mini-Modell (mit Geräuschen) und Ansehen eines Buches auf eine MR-Untersuchung vorbereiteten. Während des Scans konnten die Kinder zusätzlich eine DVD ansehen.

Neueste Erkenntnisse in diesem Bereich liefern Morel et al. (2020), die zur Vorbereitung auf eine MR-Untersuchung ebenfalls eine Nachbildung eines Tomographen in Spielzeuggröße mit der Fähigkeit, die MR-Geräusche abzuspielen, einsetzten, und zusätzlich die Angst-Level von 91 Kindern im Alter von vier bis 16 Jahren und deren Sorgeberechtigten während der verschiedenen Phasen der Untersuchung mittels Fragebögen erfassten. Sie verglichen hierfür eine Gruppe von Kindern, denen die MR-Prozedur mit einem Kuscheltier an einem Spielzeugtomographen erklärt wurde mit einer Kontrollgruppe, die eine Erklärung ohne Modell-Scanner erhielt. Während Kinder der Kontrollgruppe von gleichbleibender Ängstlichkeit während der Zeit im Wartebereich und nach der Erklärung der MR-Untersuchung berichteten, konnte in der Interventionsgruppe die Ängstlichkeit nach der Erklärung am Spielzeugtomographen signifikant gesenkt werden. Zusätzlich stellten sie im Vergleich der beiden Gruppen eine niedrigere Rate an Bewegungsartefakten fest (1,7 % vs. 4,7 %). Bei den Sorgeberechtigten führten die differierenden Vorbereitungen der beiden Gruppen zu keinem Unterschied in der empfundenen Ängstlichkeit, jedoch war diese nach der Untersuchung signifikant niedriger als davor. Die Autoren vermuten die Ursache darin, dass die Angst der Eltern nicht auf dem technischen Part der Untersuchung fußt, sondern vom Verhalten des Kindes während der Untersuchung und von ihrem Outcome abhängig ist.

3.3.3.4 Konklusion

Die Literatur ist sich relativ einig: Eine altersentsprechende Vorbereitung – wie sie auch im Detail aussehen mag – macht den Verzicht auf eine Sedierung oder Allgemeinanästhesie möglich. Eine gründliche Erklärung und Demonstration der MR-Untersuchung verbunden mit spielerischen Elementen kann Kindern die Angst vor einer solchen nehmen und außerdem zu einer positiven Erfahrung mit medizinischen Situationen für die Kinder und deren Eltern führen (de Amorim e Silva et al. 2006).

Bei vergleichender Betrachtung der Ergebnisse diverser Studien stellten de Bie et al. (2010) fest, dass bei Kindern über sechs Jahren die Erfolgsraten verschiedenartiger Methoden der Vorbereitung auf eine MR-Untersuchung oft gleichermaßen hoch waren und somit die Unterschiede zwischen den diversen Vorbereitungen nicht so sehr ins Gewicht zu fallen scheinen. Kinder unter drei Jahren wiederum haben weder die kognitiven noch sprachlichen Fähigkeiten, die für eine gezielte Vorbereitung nötig wären (Carter et al. 2010). Sie werden daher zugunsten eines Verzichtes auf Sedierung häufig mittels *feed-and-swaddle*-Technik während des Schlafens gescannt.

4 Ziele der Arbeit

Eine MRT-Untersuchung bei Kindern stellt sowohl für diese als auch für deren Sorgeberechtigten und das zuständige Personal eine besondere Herausforderung dar. Insbesondere Kinder im Kleinkind- und Vorschul- sowie jungem Schulalter können aufgrund ihrer kognitiven Entwicklung die Erklärungen der Erwachsenen bezüglich der bevorstehenden Untersuchung noch nicht ausreichend verstehen und sind aufgrund der vielen neuen Eindrücke verängstigt, was sich auf ihre Compliance und somit unmittelbar auf die diagnostische Qualität der Untersuchung auswirkt.

Spielen vor dem Eingriff und Nachahmen der Untersuchung am Modell trägt nachweislich zu erfolgreichen MR-Untersuchungen ohne Sedierung bei. Ein spezielles intensives Vorbereitungsprozedere, durch das man insbesondere eine sehr junge Klientel an Kindern spielerisch an das Verfahren heranführt, kann helfen, die Akzeptanz der MR-Untersuchung zu steigern, die Ängstlichkeit der Kinder zu reduzieren und Bewegungsartefakte zu minimieren. Der *KittenScanner* der Firma Philips ermöglicht es, sich haptisch, visuell und auditiv mit der Situation im MRT vertraut zu machen und wurde in der vorliegenden Studie eingesetzt, um Kinder auf die MRT vorzubereiten. Da aus ethischen Gründen eine Kontrollgruppe ohne jegliche Vorbereitung auf die MRT-Untersuchung nicht möglich war, sollte im Vergleich zum *KittenScanner* die bisher im Institut für diagnostische und interventionelle Radiologie, Sektion Kinderradiologie, praktizierte Methode der Vorbereitung mit dem Buch „Paula in der Röhre“, welches den Kindern vorgelesen wird, dienen.

Entsprechend der Ergebnisse der Literatur hinsichtlich der Sinnhaftigkeit einer solchen Vorbereitung bezogen auf die kognitiven Fähigkeiten der verschiedenen Altersklassen, beschränkten wir uns auf in dieser Studie auf Kinder vom vierten bis zum siebten Lebensjahr. Es wurden folgende Arbeitshypothesen aufgestellt:

Hypothese I: Die Vorbereitung von Kindern auf eine MRT-Untersuchung mit dem *KittenScanner* trägt zu einer signifikant niedrigeren empfundenen Ängstlichkeit der Patienten vor der Untersuchung bei, als die herkömmliche Vorbereitung durch das Buch „Paula in der Röhre“.

Hypothese II: Die Vorbereitung von Kindern auf eine MRT-Untersuchung mit dem *KittenScanner* trägt zu einer signifikant besseren Bildqualität bei, als die Vorbereitung durch das Buch „Paula in der Röhre“.

5 Material und Methoden

5.1 Magnetresonanztomographie

5.1.1 Geräte

Die MRT-Untersuchungen wurden an einem Standard 1,5 Tesla Ganzkörper MRT Avanto (Siemens Healthineers, Erlangen, Deutschland) des Instituts für Diagnostische und Interventionelle Radiologie des Universitätsklinikum Jena mit einer Standard-Kopfspule im Beisein eines erfahrenen Kinderradiologen am Standort Steiger durchgeführt.

5.1.2 Sequenzen

Entsprechend der Indikation der MR-Untersuchung wurden bei den Patienten jeweils verschiedene Sequenzen gewählt. Die Sequenz „T2 FLAIR transversal“ lag bei sämtlichen Kindern vor. Als die am zweit- und dritthäufigsten angewandten Sequenzen wurden „T2 TSE sagittal“ sowie „T1 SE transversal“ identifiziert, weshalb diese drei Sequenzen in der späteren Auswertung berücksichtigt wurden. Soweit möglich wurde stets auf kurze Messzeiten geachtet.

5.2 Patienten

5.2.1 Patientenkollektiv

Prospektiv wurden alle im Zeitraum Juli 2014 bis Januar 2017 in der Sektion Kinderradiologie des Instituts für Diagnostische und Interventionelle Radiologie des Universitätsklinikums Jena vorgestellten Kinder vom vierten bis zum siebten Lebensjahr in die Studie aufgenommen, bei denen aus medizinischer Indikation die Durchführung einer MRT-Untersuchung des Neurokraniums geplant war und bei denen eine solche Untersuchung ohne Sedierung grundsätzlich möglich war. Als Ausschlusskriterien galten die generellen Kontraindikationen für eine MRT-Untersuchung und die Einschätzung durch die betreuenden Kliniker bzw. Radiologen, dass eine solche nicht ohne Narkose durchgeführt werden konnte. Ausgeschlossen

5 Material und Methoden

wurden auch alle Kinder, bei denen in der Vergangenheit bereits eine MRT-Untersuchung ohne Sedierung bzw. Narkose stattgefunden hatte.

Die Patienten wurden zunächst über die Kopfschmerzprechstunde der Neuropädiatrie rekrutiert. Hauptindikation der MRT waren anhaltende Kopfschmerzen ungeklärten Ursprungs, weiterhin Wachstumsstörungen, neu aufgetretene epileptische Anfälle oder Entwicklungsverzögerungen. Da im Verlauf der Studie abzusehen war, dass das Patientenkollektiv zu gering sein würde, sollte die Akquise weiterhin lediglich über die Kopfschmerzprechstunde erfolgen, wurde die Rekrutierung auf Patienten der lokalen Kinderarzt- und Kinder- und Jugendpsychiatrie- und -psychotherapiepraxen erweitert. Weiterhin erfolgten Aushänge mit Informationen zur Studie und ihren Einschlusskriterien in Kindergärten und Grundschulen. Interessierten Eltern war es möglich, mit der Versuchsleiterin über die Studie und die Eignung ihres Kindes für diese zu sprechen.

Die Sorgeberechtigten der Patienten wurden vor einer Teilnahme an der Studie ausführlich mündlich und schriftlich sowohl über die Art der Untersuchung, deren Durchführung und Dauer als auch über den Inhalt der Studie informiert. Dabei wurde auf die Zufälligkeit der Zuordnung in eine der beiden Untersuchungsgruppen (Interventions- und Kontrollgruppe) hingewiesen. Unmittelbar vor der MRT-Untersuchung erfolgte durch eine/n Radiologin/en eine erneute Aufklärung eines jeden Patienten und dessen begleitenden Sorgeberechtigten zur MR-Methodik und deren Risiken und Nutzen unter Berücksichtigung der Kontraindikationen, die zum Ausschluss von der Studie führten. Die Einwilligung der Sorgeberechtigten der Patienten in die Teilnahme an der Studie sowie an der MRT-Untersuchung wurde durch Unterschrift dokumentiert.

Die Ethikkommission der Friedrich-Schiller-Universität Jena äußerte keine Bedenken im Zusammenhang mit der Durchführung dieser prospektiven Studie (4136-07/14).

5.2.2 Anzahl und Einteilung der Patienten in Versuchsgruppen

Insgesamt konnten 50 Kinder in die Studie eingeschlossen werden. Sie wurden am Untersuchungstag randomisiert den beiden Versuchsgruppen A und B zugeteilt. Patienten, welche der Gruppe A (Interventionsgruppe) zugewiesen wurden, konnten sich mit Hilfe des *KittenScanners* auf die MR-Untersuchung vorbereiten und bekamen

5 Material und Methoden

die Information, dass nach der Untersuchung noch weiter mit dem Gerät gespielt werden konnte. Teilnehmer der Gruppe B (Kontrollgruppe) wurden anhand der bisher gängigen Methode durch Vorlesen des Buches „Paula in der Röhre“ auf die bevorstehende Untersuchung vorbereitet.

Beiden Gruppen wurden jeweils 25 Kinder zugeordnet. Das mittlere Alter in der Kontrollgruppe lag bei 5,56 Jahren ($SD = 0,89$), das mittlere Alter der Interventionsgruppe lag bei 5,82 Jahren ($SD = 0,81$). Ein Mann-Whitney-U Test bestätigte, dass das Alter in den beiden Gruppen nicht signifikant unterschiedlich war ($U = 256, p = 0,272$).

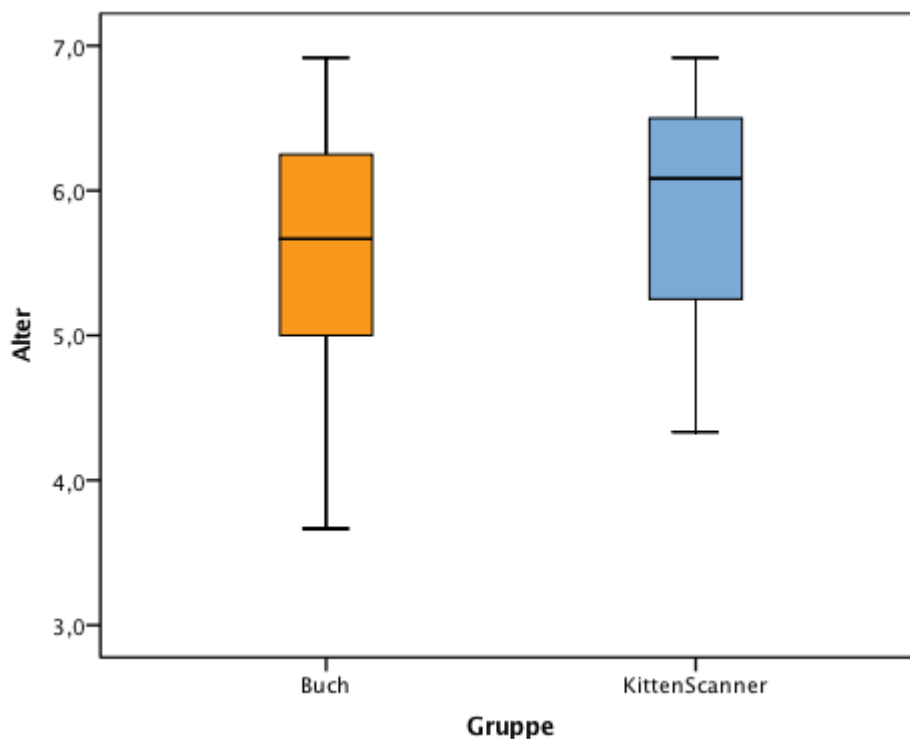


Abbildung 1: Verteilung des Alters im Vergleich der Gruppen, dargestellt als Boxplots.

Kontrollgruppe (Buch): Median = 5,67, Minimum = 3,7, Maximum = 6,9, Interquartilsabstand = 1,4, Interventionsgruppe (KittenScanner): Median = 6,08, Minimum = 4,3, Maximum = 6,9, Interquartilsabstand = 1,4

28 der 50 Kinder waren Knaben (56 %), 22 waren Mädchen (44 %). Die Verteilung der Geschlechter auf die beiden Gruppen war nicht signifikant unterschiedlich ($\chi^2 (1, N = 50) = 0,325, p = 0,569$).

5 Material und Methoden

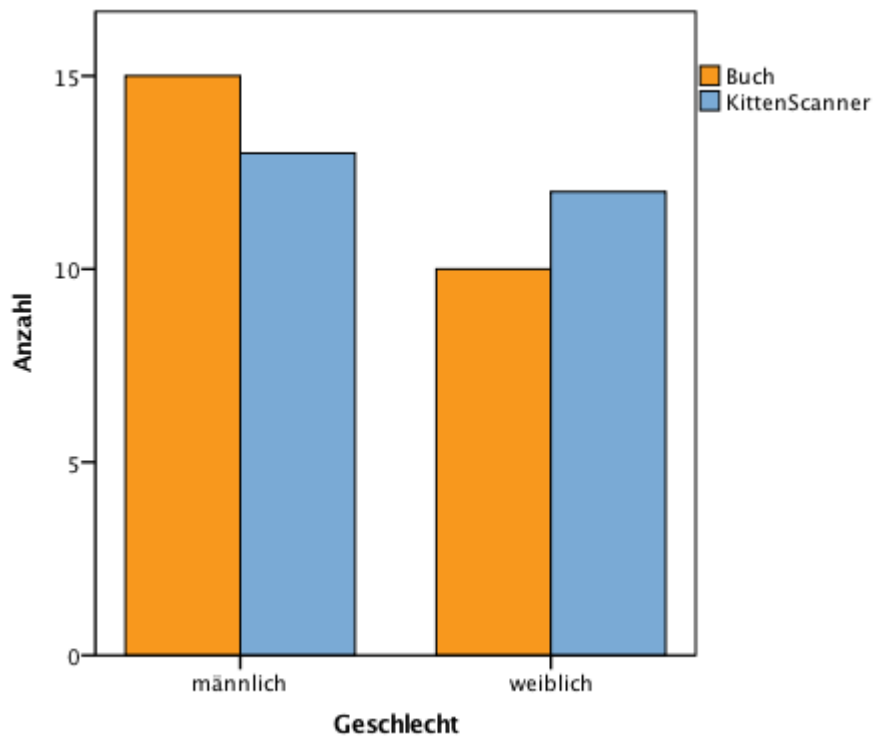


Abbildung 2: Geschlechterverteilung im Vergleich zwischen den Gruppen, dargestellt als Säulendiagramm. In der Kontrollgruppe (Buch) waren 15 Kinder männlich und 10 weiblich. In der Interventionsgruppe (*KittenScanner*) waren 13 Kinder männlich und 12 weiblich.

5.3 Vorbereitung auf die MRT-Untersuchung

5.3.1 Allgemeine Hinweise während der Vorbereitung

Sowohl während der Vorbereitung durch das Buch „Paula in der Röhre“, als auch während der Vorbereitung durch den *KittenScanner* galt es, den Patienten die Prozedur der Untersuchung zu erklären und sie darauf hinzuweisen, dass die Untersuchung keine Schmerzen verursachen werde. Weiterhin wurden die Kinder in der Vorbereitung ermutigt, Fragen zu stellen. Folgende wichtige Inhalte waren in jedem Falle im Gespräch mit dem Kind auf altersentsprechende Weise zu erklären:

- „Mit der Röhre können wir in deinen Körper reinschauen.“
- „Die Untersuchung tut nicht weh.“
- „Der Scanner ist eine Röhre, die vorne und hinten geöffnet ist.“
- „Es gibt eine Liege, auf der du in den Scanner geschoben wirst.“
- „Die Röhre macht laute Geräusche, deshalb hast du Kopfhörer auf. Die Geräusche sind nicht gefährlich.“
- „Deine wichtigste Aufgabe in der Röhre ist es, ruhig zu liegen. Wie bei einem Fotoapparat. Wenn du dich bewegst, verwackeln die Bilder.“ Dies wurde mindestens drei Mal im Laufe der Instruktion wiederholt.
- „Deine Eltern können mit im Scanner-Raum sein.“

5.3.2 Der *KittenScanner*

Der *KittenScanner* der Firma Philips Healthcare, Hamburg, Deutschland, stellt ein maßstabgetreues Modell eines MR-Scanners dar. Passend dazu gibt es vier verschiedene „Patienten“ in Form von Spielzeugfiguren (Huhn, Krokodil, Roboter, Elefant). Die Kinder konnten sich im Rahmen dieser Studie eine dieser Figuren aussuchen und sie auf den Miniatur-Patiententisch legen. Der Patiententisch beim *KittenScanner* ist verschiebbar und sobald die Figur in den Scanner geschoben wird, startet auf einem angeschlossenen Bildschirm eine Animation (Abb. 3). Es wird für jede Figur eine kurze Geschichte erzählt, in der erklärt wird, warum der „Patient“ untersucht werden soll. Auf kindgerechte Art und Weise werden so die Notwendigkeit und der Ablauf einer MRT-Untersuchung erklärt.

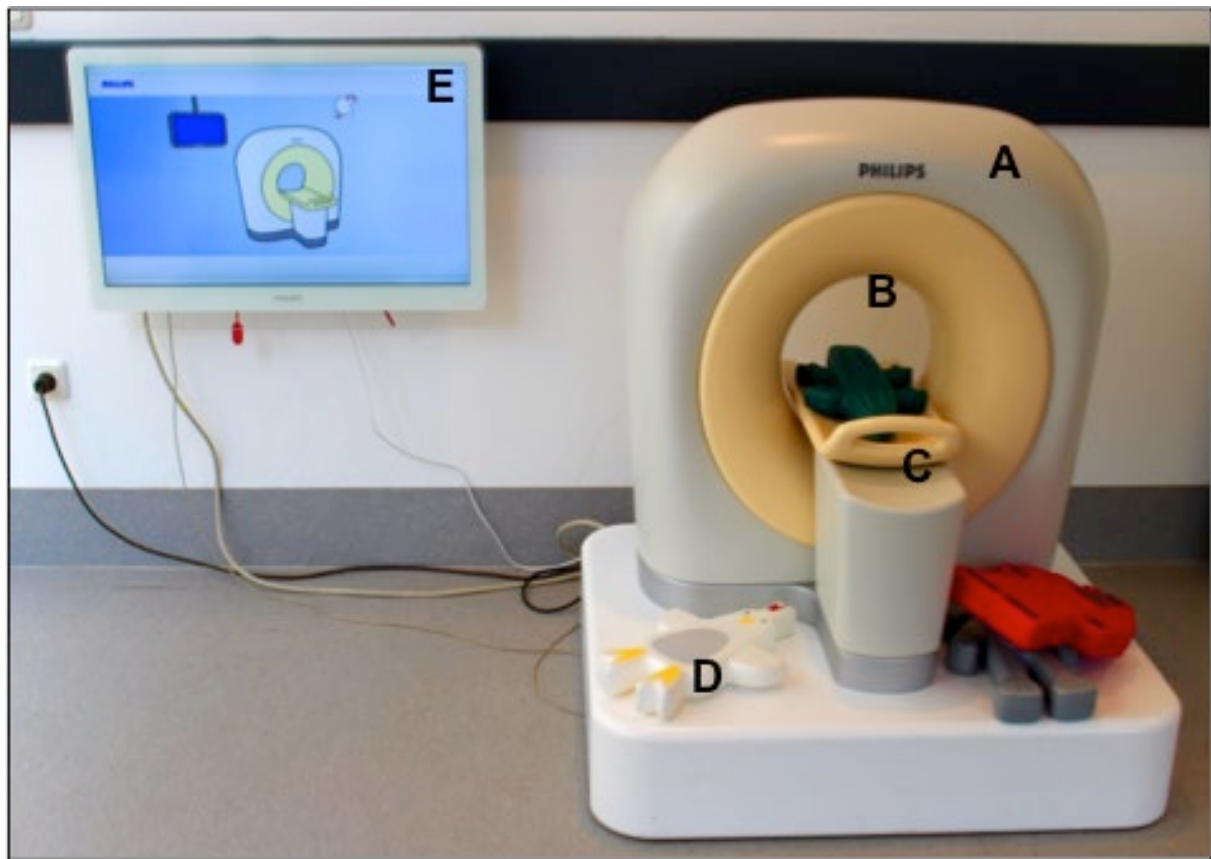


Abbildung 3: KittenScanner im Wartebereich. A = Tomograph, B = Tunnel, C = bewegbare Patientenliege, D = Spielzeugfigur mit Chip, E = an den KittenScanner angeschlossener Bildschirm

Jeder Patient der Interventionsgruppe hatte ca. 15 Minuten Zeit, mit dem KittenScanner zu spielen. Während dieser Zeit war die Versuchsleiterin ebenfalls anwesend und beobachtete das Spiel des Kindes. Besondere oder auffällige Verhaltensweisen wurden notiert. Ebenso interagierte die Versuchsleiterin mit dem Kind, erklärte während des Spiels die anstehende Untersuchung und beantwortete aufkommende Fragen. Auf Wunsch des Kindes durften auch die Sorgeberechtigten während der Vorbereitung anwesend sein.

5.3.3 Das Buch „Paula in der Röhre“

Das im Jahr 2008 erschienene und im Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie verfügbare Kinderbuch „Paula in der Röhre“ der Firma Bayer HealthCare,

5 Material und Methoden

Leverkusen, Deutschland (Abb. 4), dient der Vorbereitung von Kindern auf eine bevorstehende MRT-Untersuchung. Es handelt sich um ein Buch mit bunten Illustrationen und Text, der Kindern die Notwendigkeit und Umstände einer MRT-Untersuchung näher bringen soll und ist als Download unter https://radiologie.bayer.de/kontrast/getDownload.html?btUid=bt_MediumItem&iDf_id=e77d8d56-6195-46c9-9be3-2642b28dec14&objectOID=c3983927-c375-4246-8620-67f878aed937&objectUid=bt_DynamicContent (zuletzt aufgerufen am 13.11.2020) verfügbar.

Jeder Patient der Kontrollgruppe hatte ca. 15 Minuten Zeit, sich mit dem Buch und der Geschichte zu beschäftigen. Je nach Wunsch und individuellen Fähigkeiten bekamen die Patienten die Geschichte vorgelesen oder lasen sie selbst. Irrelevante Seiten (Kontrastmittel und Computertomographie) wurden dabei übersprungen. Die Versuchsleiterin erklärte während dieser Zeit die anstehende Untersuchung und beantwortete aufkommende Fragen. Auf Wunsch des Kindes durften auch die Sorgeberechtigten während der Vorbereitung anwesend sein.

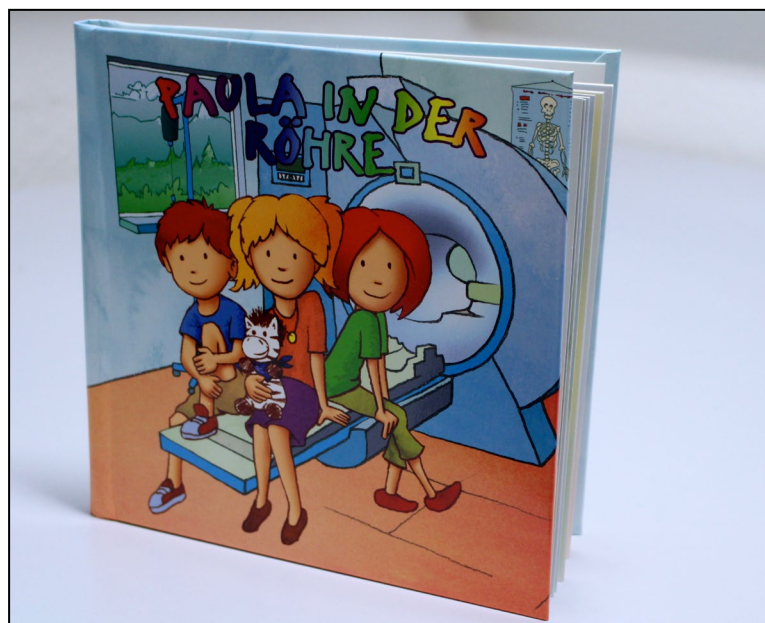


Abbildung 4: Das Buch "Paula in der Röhre", Titelseite

5.3.4 Psychologische Testung

Um die erlebte Angst der Kinder und deren Veränderung durch die Intervention beurteilen und somit Arbeitshypothese I überprüfen zu können, wurden verschiedene Frage- und Beobachtungsbögen als Testwerkzeug eingesetzt. Die Versuchsleiterin wurde durch erfahrene Psychologen der Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie in die Testmaterialien erfolgreich eingewiesen und führte die ersten fünf Befragungen unter Supervision und anschließend selbständig aus. Die psychologischen Testungen erfolgten vor der Intervention (t_0), unmittelbar nach der Intervention (t_1), unmittelbar vor Betreten des Scan-Raumes (t_2) und nach Beendigung der MR-Untersuchung und Verlassen des Scan-Raumes (t_3) (Abb. 5).

Während der Befragung der Kinder hielt sich die Versuchsleiterin an die Empfehlungen der Literatur, die Sprache an das jeweilige Alter und den Entwicklungsstand der Kinder anzupassen und dialogorientiert die nötigen Informationen zu vermitteln (Miller 2000).

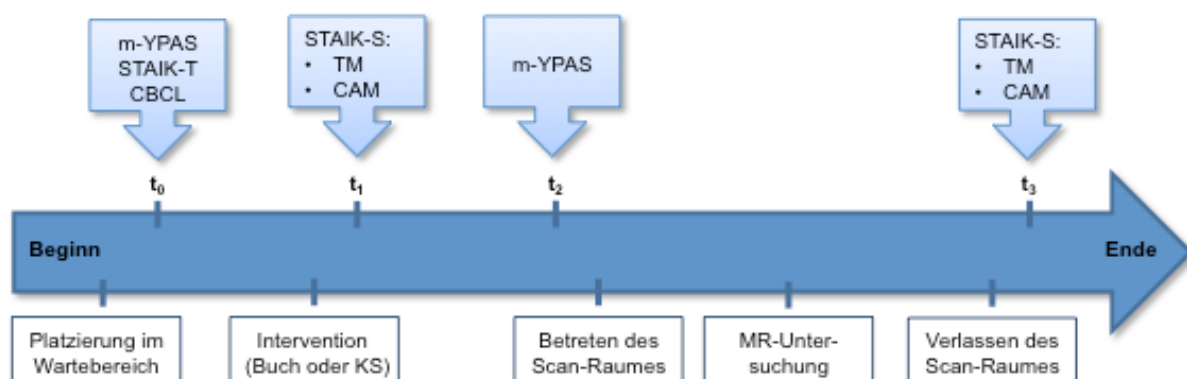


Abbildung 5: Ablauf am Tag der Untersuchung und Einsatz der psychologischen Messinstrumente. m-YAPS = *modified Yale Preoperative Anxiety Scale*, STAIK-T = *State-Trait-Angstinventar für Kinder, Traitskala*, CBCL = *Child Behavior Checklist*, STAIK-S = *State-Trait-Angstinventar für Kinder, State-Skala*, TM = *Talking Mats*, CAM = *Child Anxiety Meter*, t_0 = Zeitpunkt vor der Intervention, t_1 = Zeitpunkt unmittelbar nach der Intervention, t_2 = Zeitpunkt unmittelbar vor Betreten des Scan-Raumes, t_3 = Zeitpunkt nach Beendigung der MR-Untersuchung und Verlassen des Scan-Raumes

5.3.4.1 Die *modified Yale Preoperative Anxiety Scale*

Anhand der *modified Yale Preoperative Anxiety Scale (m-YPAS)* nach Kain et al. (1997) wurde durch die Versuchsleiterin die situationsabhängige Zustandsangst des Kindes vor und nach der Intervention erfasst. Hierfür beobachtete die Versuchsleiterin das Verhalten des Patienten im Wartebereich während der Aufklärung durch den Kinderradiologen, sowie analog nach stattgehabter Intervention unmittelbar vor der MRT-Untersuchung. Die *m-YPAS* umfasst fünf Kategorien, welche das beobachtete Verhalten widerspiegeln: (s. Anhang)

- I. Aktivität
- II. Verbaler Ausdruck
- III. Emotionaler Ausdruck
- IV. Offensichtlicher Erregungszustand
- V. Einbeziehung der Eltern

Für jede dieser fünf Kategorien wurden von der Versuchsleiterin Punkte auf einer Skala von eins bis vier bzw. eins bis sechs vergeben.

5.3.4.2 Die *Child Behavior Checklist*

Bei der *Child Behavior Checklist (CBCL)* handelt es sich um einen Fragebogen zur Erfassung von Verhaltensauffälligkeiten sowie emotionalen Auffälligkeiten, somatischen Beschwerden und sozialen Kompetenzen, den die Sorgeberechtigten der Studienteilnehmer während der Vorbereitungszeit auszufüllen hatten (s. Anhang).

Dieser Fragebogen wurde eingesetzt, um eine persönlichkeitsbedingte und situationsunabhängige motorische Hyperaktivität und ggf. Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS) - Symptomatik der Studienteilnehmer festzustellen bzw. auszuschließen, welche die Qualität der radiologischen Bilder beeinflussen könnte. Deshalb wurde in der Auswertung das Hauptaugenmerk auf die Hyperaktivität gelegt, während die anderen Items des Fragebogens vernachlässigt wurden.

5.3.4.3 Das *State-Trait-Angstinventar für Kinder*

Bei dem *State-Trait-Angstinventar für Kinder (STAIK)* handelt es sich um einen Fragebogen zur Erfassung der allgemeinen Ängstlichkeit bei Kindern und Jugendlichen. Es setzt sich aus zwei Subskalen zusammen, einer *Stateskala (STAIK-S)* zur Erfassung einer zustands- bzw. situationsabhängigen Ängstlichkeit und einer *Traitskala (STAIK-T)*, die die habituelle Angst erfasst.

Basis des Fragebogens bildet das *State-Trait-Angstmodell* von Spielberger et al. (1970). Spielberger beschrieb hierbei den Zusammenhang zwischen einer Angst als Zustand (*state*) und als Eigenschaft (*trait*). Während die Zustandsangst in einer subjektiven Einschätzung von vorübergehenden Situationen begründet liegt und eine akute in der Intensität variable Reaktion hervorruft, ist die Angst als Eigenschaft als situationsunabhängige Persönlichkeitsdisposition anzusehen. Der Fragebogen des *State-Trait-Angstinventars* besteht aus einem Selbstbeurteilungsbogen für Kinder im Alter von acht bis 16 Jahren (Unnewehr et al., 1990).

Da unsere Klientel Kinder unterhalb dieser Altersgrenze umfasste, von denen aufgrund ihres jungen Alters noch nicht alle des Lesens und Schreibens mächtig waren und für die die standardmäßige Selbstbeurteilung zu schwierig gewesen wäre, wurde das *STAIK-S* mittels bildlicher Darstellung der Selbstbeurteilung ermöglicht und das *STAIK-T* in einen Fremdbeurteilungsbogen umgewandelt. Beide Messinstrumente sind im Anhang zu finden.

5.3.4.3.1 Erfassen der habituellen Angst (*STAIK-T*)

Die Sorgeberechtigten der Kinder wurden gebeten, einen Fremdbeurteilungsbogen auszufüllen und anzugeben, wie sich ihr Kind im Allgemeinen fühlen würde. Die Skala umfasste 20 Items, die auf einer dreistufigen Ratingskala beurteilt wurden (1 = fast nie, 2 = manchmal, 3 = oft).

5.3.4.3.2 Erfassen der situationsabhängigen Zustandsangst (*STAIK-S*)

Die Zustandsangst (auch: Situations-Angst, erlebte Angst) der Kinder wurde mit Hilfe von „*Talking Mats*“ nach Nilsson et al. (2012) erfasst. Die Kinder erhielten vier Karten

5 Material und Methoden

mit Gesichtern, die zwei negative Gefühle (Angst und Aufgeregtheit) und zwei positive Gefühle (Ruhe und Fröhlichkeit) darstellten. Die Versuchsleiterin legte drei Kreise verschiedener Größe in aufsteigender Reihenfolge vor die Probanden. Hierbei stand der kleinste Kreis für „gar nicht“, der mittlere Kreis für „ein bisschen“ und der große Kreis für „sehr“. Anschließend bekamen die Studienteilnehmer die Aufgabe auszudrücken, wie sie sich im Moment fühlten. Hierfür sollten sie die Gesichter mit den vier Emotionen den entsprechenden Kreisen zuordnen (Beispiel: „gar nicht fröhlich“ -> kleiner Kreis, „ein bisschen fröhlich“ -> mittlerer Kreis, „sehr fröhlich“ -> großer Kreis) (Abb. 6). Die Zustandsangst wurde sowohl nach der Intervention (Zeitpunkt t_1) als auch nach der MR-Untersuchung (Zeitpunkt t_3) erfasst.

5.3.4.3.3 Das „Child Anxiety Meter“

Als weiteres visuelles Instrument zur Erfassung der State-Angst wurde das *Child Anxiety Meter* (CAM-S) nach Ersig et al. (2013) eingesetzt. Hierbei handelt es sich um ein gezeichnetes Thermometer (Abb. 5.). Den Studienteilnehmern wurde erklärt, sich vorzustellen, dass all ihre Ängste und Nervosität sich im unteren Teil des Thermometers befinden würden. Je ängstlicher sie wären, desto höher würde dieses Gefühl auf der Thermometer-Skala ansteigen. Schließlich wurden sie dazu aufgefordert, eine Linie in das Thermometer zu zeichnen, die dem Stand ihrer Angst entspreche.

Diese Methode zur Messung der Zustandsangst wurde sowohl nach der Intervention (Zeitpunkt t_1) als auch nach der MRT-Untersuchung (Zeitpunkt t_3) von der Versuchsleiterin durchgeführt.

5 Material und Methoden

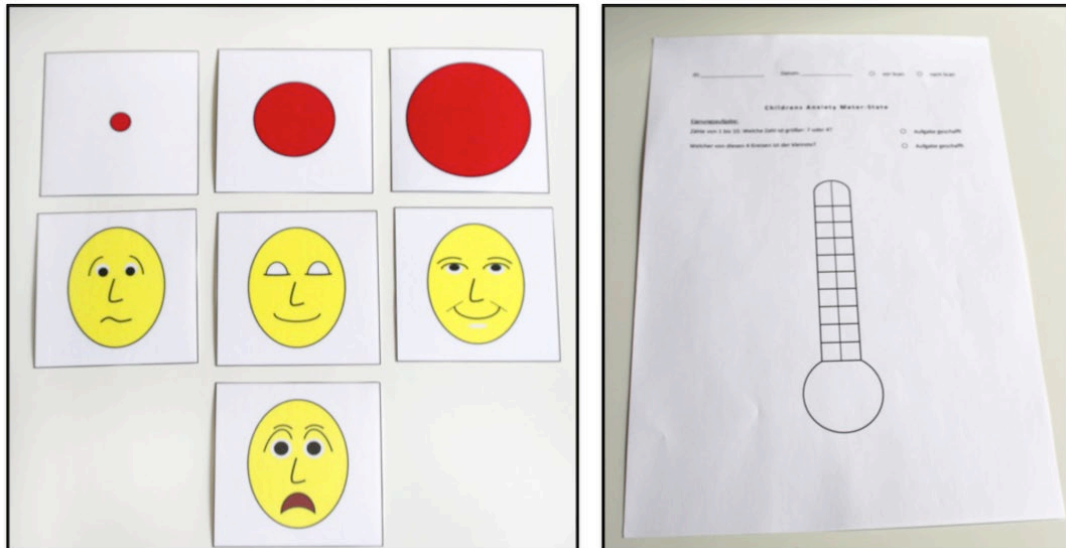


Abbildung 6: Links: Beispielhafte Zuordnung der *Talking Mats* „Angst“, „Ruhe“, „Aufgeregtheit“, „Fröhlichkeit“ zu den Kreisen mit den Skalenwerten „gar nicht“, „ein bisschen“, „sehr“ (von links nach rechts); rechts: *Child Anxiety Meter*, unausgefüllt.

5.4 MRT-Untersuchung

Nach der Vorbereitung entsprechend der verschiedenen Gruppen erfolgte nach kurzer Wartezeit die eigentliche MRT-Untersuchung. Hierfür wurden die Kinder durch die anwesenden MTRA-Fachkräfte mit oder ohne Begleitung der Sorgeberechtigten in den Scan-Raum geführt und bekamen die Möglichkeit, sich mit dem Scanner vertraut zu machen. Danach wurden die Patienten gebeten, sich zunächst auf die Untersuchungsfläche zu setzen und sich, wenn sie bereit dazu waren, in Rückenlage zu begeben. Anschließend wurde den Kindern die Kopfspule durch das MTRA-Fachpersonal präsentiert und kindgerecht erläutert, weshalb der Kopf in dieser platziert werden musste. Hierzu wurde die Analogie zu einem „Astronautenhelm“ hergestellt. Letztendlich erhielten sowohl die Patienten als auch die anwesenden Eltern einen Gehörschutz (Ohrstöpsel oder Kopfhörer).

Den Studienteilnehmern war es gestattet, ein MR-taugliches Kuscheltier mit in den Tomographen zu nehmen. Ebenso wurde allen Teilnehmern angeboten, während der Untersuchung ein Hörspiel oder Musik über Kopfhörer zu hören. Weiterhin wurde es den Sorgeberechtigten der Patienten bei fehlender Kontraindikation (z.B. Schwangerschaft) freigestellt, während der Untersuchung im Raum des Scans anwesend zu sein oder außen im Wartebereich Platz zu nehmen. Über einen in der

5 Material und Methoden

Kopfspule angebrachten Spiegel konnten die Kinder Blickkontakt mit dem anwesenden Elternteil halten. In der Kontrollgruppe konnte eine Mutter aufgrund einer bestehenden Schwangerschaft während der MRT-Untersuchung ihres Kindes nicht anwesend sein. In sieben weiteren Fällen entschieden sich Erziehungsberechtigte und Kinder gegen die Anwesenheit im Scanner-Raum. Somit waren in der Kontrollgruppe in acht von 25 Fällen keine Sorgeberechtigten anwesend, während die Sorgeberechtigten in der Interventionsgruppe in allen Fällen bis auf einen während der Untersuchung ihres Kindes dabei waren. Dieser Unterschied wurde statistisch geprüft (s. 6.4).

Tabelle 1: Anzahl der Kinder, die eine CD hörten, ein Kuscheltier dabei hatten oder deren Elternteil während der Untersuchung anwesend war im Vergleich der Gruppen

	CD		Kuscheltier		Elternteil	
	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit
Gruppe						
Buch	10 (40 %)	15 (60 %)	13 (52 %)	12 (48 %)	8 (32 %)	17 (68 %)
KittenScanner	5 (20 %)	20 (80 %)	15 (60 %)	10 (40 %)	1 (4 %)	24 (96 %)
gesamt	15 (30 %)	35 (70 %)	28 (56 %)	22 (44 %)	9 (18 %)	41 (82 %)

Bei Patienten, die die Untersuchung nicht tolerierten, wurde die Untersuchung abgebrochen und ein neuer Termin in Narkose bzw. Sedierung vereinbart.

Die erfolgreich durchgeführten Messungen dauerten je nach medizinischer Fragestellung in der Kontrollgruppe zwischen 16 und 90 Minuten, der Median lag bei 30,0 Minuten. In der Interventionsgruppe dauerte die Messung zwischen 14 und 85 Minuten, der Median lag hier bei 28,0 Minuten (Abb.7).

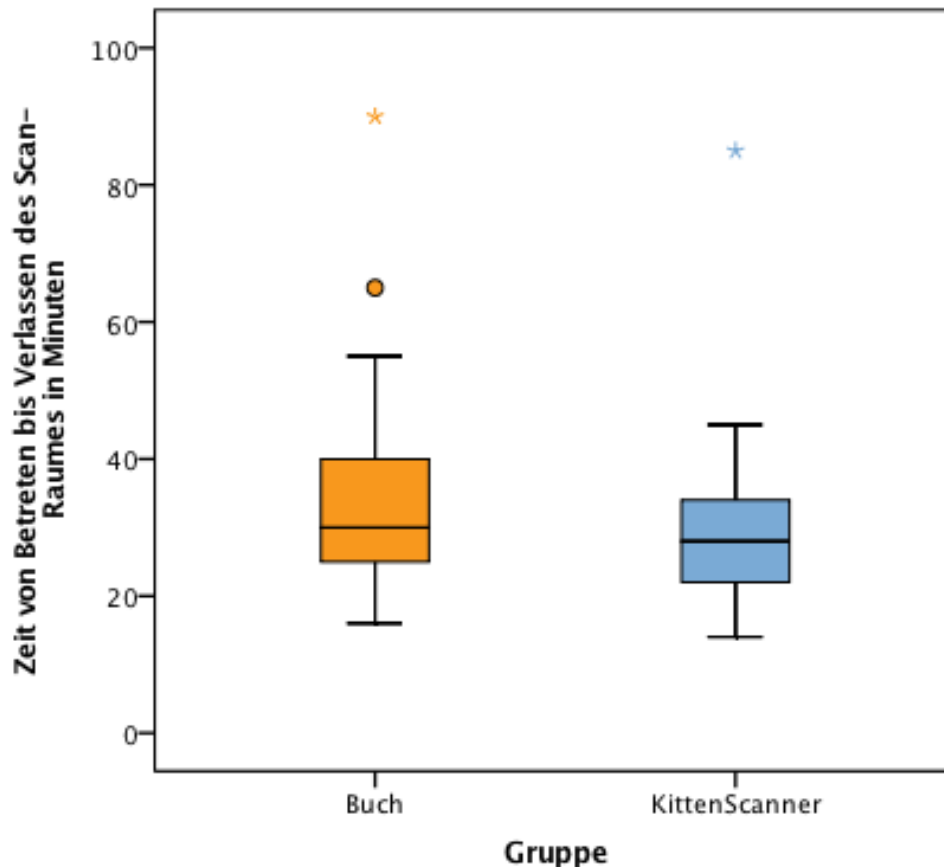


Abbildung 7: Zeit von Betreten bis Verlassen des Scan-Raumes in Minuten je Gruppe, dargestellt als Boxplots. Kontrollgruppe (Buch): Minimum = 16,0, Maximum = 90,0, Median = 30,0, Interquartilsabstand = 19,0. Interventionsgruppe (KittenScanner): Minimum = 14,0, Maximum = 85,0, Median = 28,0, Interquartilsabstand = 13,0.

5.5 Auswertung der Aufnahmen

Es wurden die drei häufigsten Sequenzen analysiert, wobei die Sequenz „T2 FLAIR transversal“ bei allen Kindern vorlag, während die Sequenz „T2 TSE sagittal“ bei 88 % der Kontrollgruppe und 92 % der Interventionsgruppe und die Sequenz „T1 SE transversal“ bei 80 % der Kontrollgruppe und 88 % der Interventionsgruppe vorlag.

Die Auswertung erfolgte an Workstations unter Nutzung des *Picture Archiving and Communication Systems (PACS)* der Firma Cerner an entsprechend zertifizierten Monitoren.

5.5.1 Subjektive Bildbeurteilung

Die subjektive Bildbeurteilung erfolgte anonymisiert und ohne Kenntnis der Vorbereitungsart durch zwei erfahrene Fachärzte für Radiologie mit Schwerpunkt Kinderradiologie in Anlehnung an Heyer et al. (2012). Hierfür wurde auf einer fünfstufigen Likert-Skala mit untenstehenden Abstufungen die Möglichkeit zur kortikomedullären Differenzierung sowie die Abgrenzbarkeit der Basalganglien pro erfasste Sequenz beurteilt (Abb. 8 und 9).

1 = "keine Bewegungsartefakte, exzellente Qualität"

2 = "geringe Bewegungsartefakte, gute Qualität"

3 = "moderate Bewegungsartefakte, annehmbare Qualität"

4 = "exzessive Bewegungsartefakte, schlechte Qualität"

5 = "inkompletter Scan"

Die Auswertung aller Bilder hinsichtlich der subjektiven Bildqualität erfolgte am selben Tag, um Kontinuität beizubehalten.

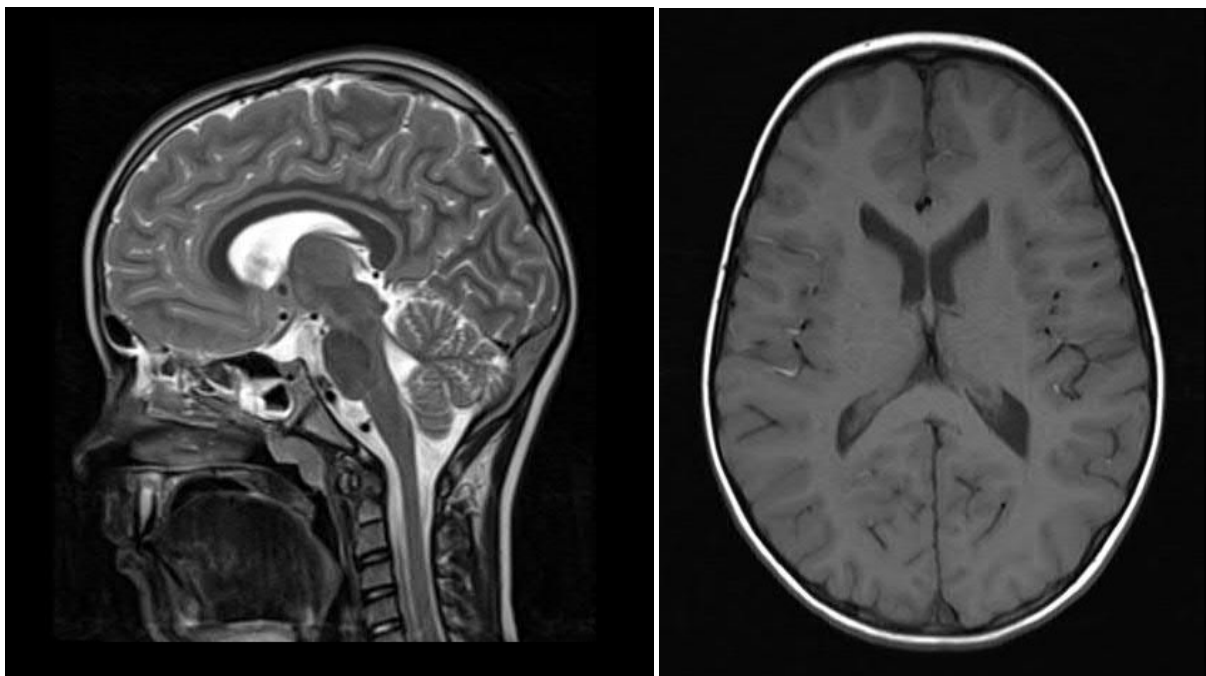


Abbildung 8: Darstellung einer kranialen MR-Aufnahme. Beispiel für Bewertung 1 (keine Bewegungsartefakte, exzellente Qualität). Links: T2 TSE sagittal, rechts: T1 SE transversal

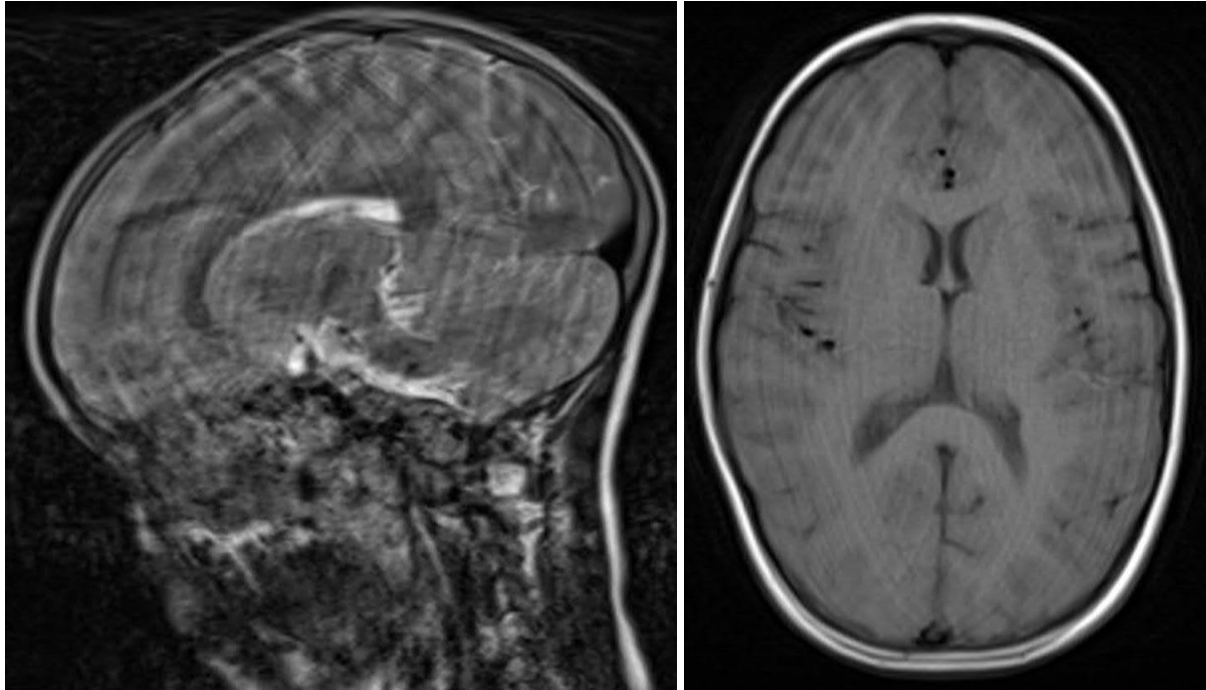


Abbildung 9: Darstellung einer kranialen MR-Aufnahme. Beispiel für Bewertung 4 (exzessive Bewegungsartefakte, schlechte Qualität). Links: T2 TSE sagittal, rechts: T1 SE transversal

5.5.2 Objektive Bildbeurteilung

Ein Marker für eine gute Bildqualität stellt das Signal-Rausch-Verhältnis (*SNR*) bzw. das Kontrast-Rausch-Verhältnis (*CNR*) dar (Bundesärztekammer 2000). Um die rein subjektive Einschätzung der entstandenen MR-Bilder objektivieren und quantifizieren zu können, wurden deshalb die *SNR*- und *CNR*-Werte vergleichend betrachtet. Hierzu wurde das *SNR* für jede erfasste Sequenz in der ersten Schicht, in der die Seitenventrikel klar zur Darstellung kommen, bestimmt (Tab. 2). Berechnet wird das *SNR* mit dem Quotienten zwischen der Signalintensität einer *Region-of-interest (ROI)* und der Standardabweichung der Signalintensität außerhalb des Gewebes (Weishaupt et al. 2009). Als *ROIs* wurden ein Bereich in der grauen Substanz frontal des Balkens und nahe der Mittellinie der linken Hirnhälfte, ein Bereich im Liquor und ein Bereich außerhalb des Gewebes gewählt. Die Größe der *ROIs* betrug $10 \pm 0,5$ mm². Die Abbildungen 10 bis 12 zeigen für jede Sequenz beispielhaft die Messung der jeweiligen *ROIs* mit der mittleren Signalintensität (mean) und der Standardabweichung der Signalintensität (sdev).

5 Material und Methoden

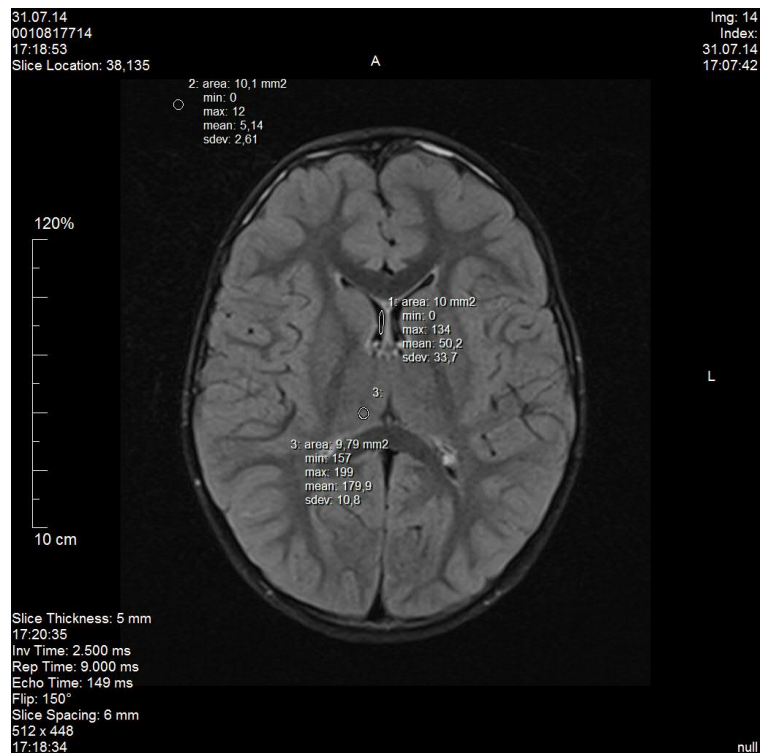


Abbildung 10: Messungen der ROIs in kranialer MR-Aufnahme, Sequenz: T2 Flair transversal; ROI 1 (Liquor): mean = 437,9, sdev: 20,2; ROI 2 (außerhalb Gewebe): mean = 5,14, sdev = 2,61; ROI 3 (graue Substanz): mean = 179,9, sdev = 10,8

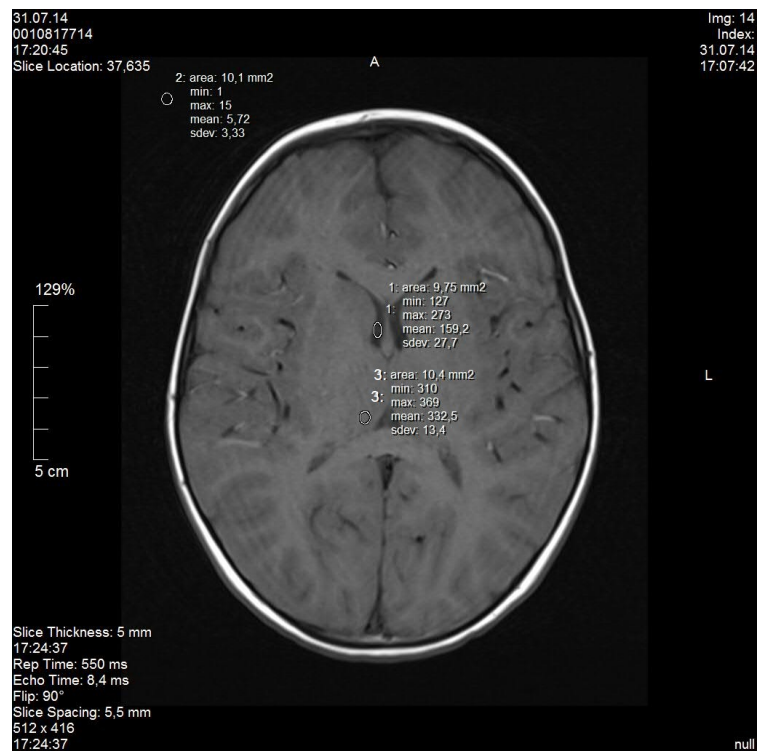


Abbildung 11: Messungen der ROIs in kranialer MR-Aufnahme, Sequenz: T1 SE transversal; ROI 1 (Liquor): mean = 159,2, sdev = 27,7; ROI 2 (außerhalb Gewebe): mean = 5,72, sdev = 3,33; ROI 3 (graue Substanz): mean = 332,5, sdev = 13,4

5 Material und Methoden

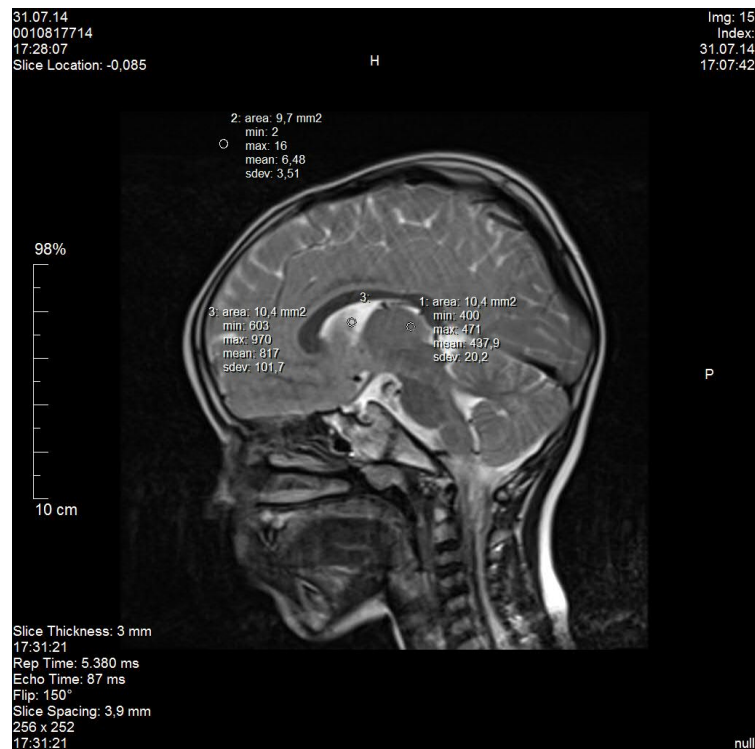


Abbildung 12: Messungen der ROIs in kranialer MR-Aufnahme, Sequenz: T2 TSE sagittal; ROI 1 (graue Substanz): mean = 437,9; sdev = 20,2; ROI 2 (außerhalb Gewebe): mean = 6,48, sdev = 3,51

Mithilfe der beiden so gewonnenen *SNR*-Werte wurde anschließend über folgende Formel das *CNR* für jede analysierte Sequenz berechnet (s. Anhang).

$$C = \frac{|S_A - S_B|}{\sigma_o}$$

Innerhalb der für die Auswertung berücksichtigten Sequenzen lagen aufgrund der individuellen Indikationen für die MRT-Untersuchung teilweise unterschiedliche Einstellungen hinsichtlich Repetitionszeit (TR) und Echozeit (TE), Schichtdicke und Anzahl der Schichten vor, wodurch die Vergleichbarkeit der *SNR*-Werte erschwert wurde. Dieser Umstand wurde in der statistischen Auswertung berücksichtigt (s. Abschnitt 5.6).

5.6 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mittels der Statistiksoftware IBM SPSS Statistics (Version 24). Eine Signifikanz wurde bei $p < 0,05$ angenommen. Die tabellarische Erfassung der Daten erfolgte mit Microsoft Excel für Mac 2011 (Version 14.5.7).

Nach entsprechender Beratung durch Mitarbeiter des Instituts für Medizinische Statistik, Informatik und Dokumentation (IMSID) wurden folgende Tests durchgeführt:

Analysen bezüglich psychologischer Testungen:

- Zur Einschätzung der habituellen Ängstlichkeit (*State-Trait-Angstinventar für Kinder (STAIK-T)*) und der Verhaltensauffälligkeiten (*Child Behavior Checklist (CBCL)*) wurde jeweils der nicht-parametrische Mann-Whitney-U-Test für unabhängige Stichproben durchgeführt
- Zur Beurteilung der erlebten Angst (*Talking Mats (TM)*, *Child Anxiety Meter (CAM)*, *modified-Yale Preoperative Anxiety Scale (m-YPAS)*) wurde jeweils der nicht-parametrische Mann-Whitney-U-Test für unabhängige Stichproben durchgeführt
- Die Dynamik in der Änderung der erlebten Angst zwischen den Zeitpunkten t_1 und t_3 wurde auf zwei Arten betrachtet:
 - a) Intragruppenvergleich: zur Evaluation von Änderungen in der subjektiv empfundenen Ängstlichkeit der Kinder (*TM*, *CAM*) **innerhalb** der **Gruppen** wurde ein Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test bei gepaarten Stichproben durchgeführt.
 - b) Intergruppenvergleich: zur Evaluation von Änderungen in der subjektiv empfundenen Ängstlichkeit der Kinder **zwischen den Gruppen** wurde von *TM* und *CAM* die Differenz der Zeitpunkte t_1 (nach Intervention) und t_3 (nach MR-Untersuchung) gebildet und ein Mann-Whitney-U-Test durchgeführt

Analysen zur Bildqualität:

- Zur Auswertung der subjektiven Bildbeurteilung nach der Likert-Skala (s. 5.5.1) wurden ein Mann-Whitney-U-Test und eine explorative Datenanalyse durchgeführt

5 Material und Methoden

- Um die *SNR*- und *CNR*-Werte trotz teilweise unterschiedlicher MRT-Einstellungen (und somit Unterschieden in Parametern, die das *SNR* beeinflussen können) innerhalb der Sequenzen vergleichbar zu machen, erfolgte zur Auswertung der objektiven Bildqualität eine lineare Regressionsanalyse. Hierbei galt die Gruppe als Einflussfaktor und die unterschiedlichen MRT-Sequenz-Einstellungen (TE, TR, Schichtdicke, Schichtanzahl) als Störgrößen, nach denen adjustiert wurde, sodass Ungleichheiten zwischen den Gruppen statistisch bereinigt werden konnten.
- Zur Beurteilung des Unterschiedes in der Anzahl der anwesenden Erziehungsberechtigten wurde ein Chi-Quadrat-Test durchgeführt. Weiterhin wurde zur Feststellung des Einflusses eines während der Untersuchung anwesenden Sorgeberechtigten auf die Ergebnisse der nicht-parametrische Mann-Whitney-U-Test für unabhängige Stichproben durchgeführt. Anschließend wurde eine lineare Regressionsanalyse durchgeführt. Hierbei galt die Gruppe als Einflussfaktor und die Anwesenheit eines Sorgeberechtigten als Störgröße, nach der adjustiert wurde.

6 Ergebnisse

6.1 Compliance

Alle Kinder der Kontrollgruppe tolerierten die MR-Untersuchung und konnten erfolgreich untersucht werden. In zwei Fällen der Interventionsgruppe kam es zu einem Abbruch der Studie. Die beiden Kinder betraten zwar den Scanner-Raum, konnten die MR-Untersuchung aber aufgrund von Verweigerung, sich in den Tomographen zu legen, nicht beginnen. Die Kinder waren 6,3 bzw. 6,5 Jahre alt und unterschiedlichen Geschlechts.

Es konnten 96 % der teilnehmenden Kinder erfolgreich gescannt werden (Tab. 2).

Tabelle 2: Compliance der Studienteilnehmer je Gruppe und insgesamt

	Compliance		
	Kind lässt sich scannen	Kind lässt sich nicht scannen	gesamt
Gruppe			
Buch	25 (100 %)	0 (0 %)	25 (100 %)
KittenScanner	23 (92 %)	2 (8 %)	25 (100 %)
gesamt	48 (96 %)	2 (4 %)	50 (100 %)

6.2 Hypothese I

„Die Vorbereitung von Kindern auf eine MRT-Untersuchung mittels KittenScanner trägt zu einer signifikant niedrigeren empfundenen Ängstlichkeit der Patienten vor der Untersuchung bei als die herkömmliche Vorbereitung mittels des Buches „Paula in der Röhre“.

6.2.1 Vergleich der Gruppen hinsichtlich *Trait*-Eigenschaften und Verhaltensauffälligkeiten

Zur Betrachtung der beiden Gruppen hinsichtlich genereller Verhaltensauffälligkeiten

6 Ergebnisse

und habitueller Ängstlichkeit wurden die beiden Fremdbeurteilungsfragebögen herangezogen. Die *Child Behavior Checklist (CBCL)* ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen ($p = 0,665$). Demnach unterschieden sich die Kinder im Gruppenvergleich nicht in der Ausprägung ihrer motorischen Hyperaktivität. Ein hoher Wert steht für ein hohes Ausmaß an Verhaltensauffälligkeit. Der Median lag bei 57,0 in der Kontrollgruppe und bei 53,0 in der Interventionsgruppe. Der Interquartilsabstand betrug sowohl in der Kontroll- als auch der Interventionsgruppe 12,5. In der Kontrollgruppe waren mit den Werten 81,0 und 89,0 zwei Ausreißer zu verzeichnen. (Abb. 13).

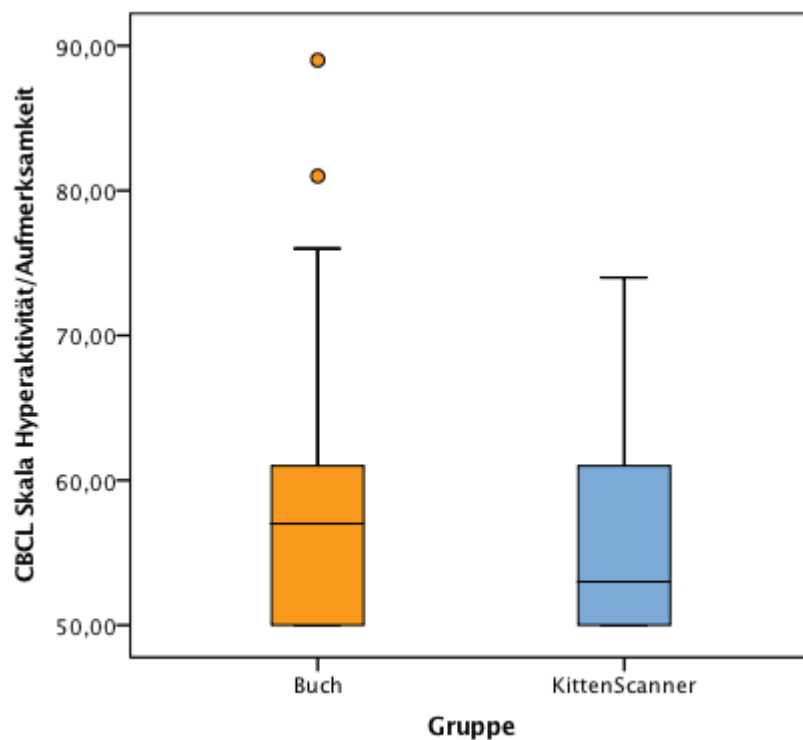


Abbildung 13: CBCL-Werte zum Item Hyperaktivität/Aufmerksamkeit im Vergleich zwischen den beiden Gruppen, dargestellt als Boxplots. Kontrollgruppe (Buch): Minimum = 50,0, Maximum = 89,0, Median = 53,0, Interquartilsabstand = 12,5. Interventionsgruppe (*KittenScanner*): Minimum = 50,0, Maximum = 74,0, Median = 53,0, Interquartilsabstand = 12,5.

Ebenso ergab sich beim *State-Trait-Angstinventar* zur habituellen Angst (*STAIK-T*) kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen ($p = 0,477$). Die habituelle Ängstlichkeit der Kinder wies folglich keine Unterschiede zwischen den Gruppen auf. Ein hoher Wert bedeutet ein hohes Angstlevel. Der Median war in

6 Ergebnisse

Kontroll- und Interventionsgruppe identisch und lag bei 29,0. Der Interquartilsabstand betrug in der Kontrollgruppe 12,0 und in der Interventionsgruppe 11,5 (Abb. 14).

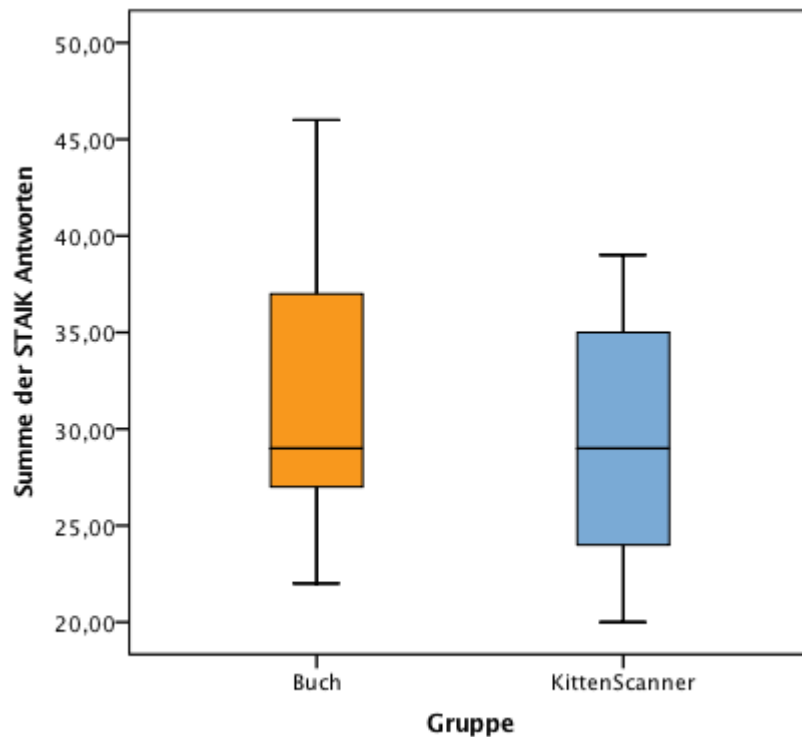


Abbildung 14: Summe der Antworten des STAIK-T-Fragebogens (Fremdbeurteilung) im Vergleich zwischen den beiden Gruppen, dargestellt als Boxplots. Kontrollgruppe (Buch): Minimum = 22,0, Maximum = 47,0, Median = 29,0, Interquartilsabstand = 12,0. Interventionsgruppe (KittenScanner): Minimum = 20,0, Maximum = 39,0, Median = 29,0, Interquartilsabstand = 11,5.

Die Ergebnisse der beiden Fremdbeurteilungsfragebögen zu Charaktereigenschaften des Kindes deuten darauf hin, dass zwischen den beiden Gruppen kein signifikanter Unterschied in persönlichkeitsbedingter und situationsunabhängiger motorischer Hyperaktivität sowie in habitueller Ängstlichkeit vorlag.

6.2.2 Vergleich der beiden Gruppen hinsichtlich State-Angst

Zur Betrachtung der Zustandsangst der Studienteilnehmer wurden zwei Beobachtungsbögen (*modified-Yale Preoperative Anxiety Scale*-Messbogen (*m-YPAS*)) und zwei Messmethoden zur Selbstbeurteilung (*Talking Mats (TM)*, *Children Anxiety Meter (CAM)*) herangezogen. Zur besseren Vergleichbarkeit wird auf die

6 Ergebnisse

chronologische Reihenfolge verzichtet und die Verfahren werden hintereinander dargestellt.

6.2.2.1 Ergebnisse der *modified-Yale Preoperative Anxiety Scale (m-YPAS)*

Die Beobachtung der Aktivität und des Erregungszustandes vor der Intervention (t_0) mittels *modified-Yale Preoperative Anxiety Scale*-Messbogen (*m-YPAS*) lieferte signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($p = 0,032$). Der Median lag in der Kontrollgruppe bei 28,3 und in der Interventionsgruppe bei 40,0. Der Interquartilbereich betrug in der Kontrollgruppe 11,7 und in der Interventionsgruppe 20,8 (Abb. 15, Tab.3). Kinder aus der Interventionsgruppe wiesen somit bereits vor der Intervention ein erhöhtes Erregungsniveau und Angstlevel auf.

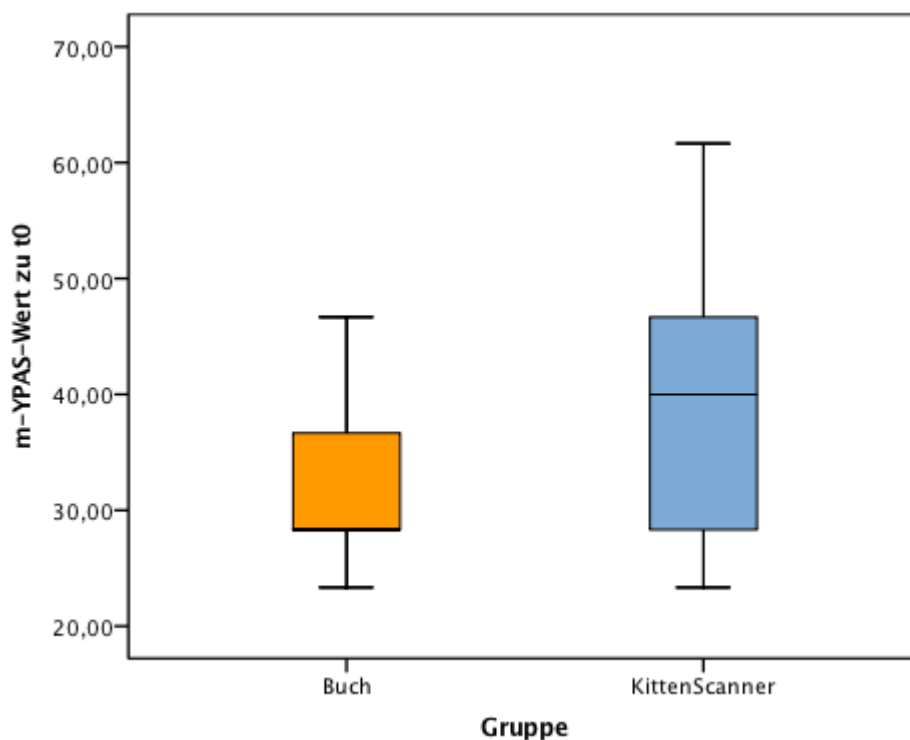


Abbildung 15: Summe der Antworten des *m-YPAS*-Beobachtungsbogens zu t_0 (vor der Intervention) im Vergleich zwischen den beiden Gruppen, dargestellt als Boxplots. Kontrollgruppe (Buch): Minimum = 23,3, Maximum = 46,7, Median = 28,3, Interquartilsabstand = 11,7. Interventionsgruppe (KittenScanner): Minimum = 23,3, Maximum = 61,7, Median = 40,0, Interquartilsabstand = 20,8.

Zum Zeitpunkt t_2 (unmittelbar vor der MR-Untersuchung) konnte mittels *m-YPAS* kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen verifiziert werden ($p = 0,242$). Die

6 Ergebnisse

Fremdbeobachtung des Verhaltens nach der Intervention konnte demnach keinen Unterschied in Erregungslevel und Angstniveau der Kinder zwischen den Gruppen feststellen. Der Median lag in der Kontrollgruppe bei 28,3 und in der Interventionsgruppe bei 36,7. Der Interquartilsbereich betrug in der Kontrollgruppe 8,3 und in der Interventionsgruppe 24,2 (Tab. 3).

6.2.2.2 Ergebnisse der *Talking Mats* (TM)

Die mit Hilfe der Messmethode *Talking Mats* (TM) erfasste subjektive Angst wies nach der Intervention (t_1) keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen auf ($p = 0,767$). Ein höherer Wert bedeutet hier ebenfalls ein höheres Angstlevel. Der Median lag in der Kontrollgruppe bei 6,0 und in der Interventionsgruppe bei 6,5. Der Interquartilsabstand betrug in beiden Gruppen 3,0.

Auch nach der MR-Untersuchung (t_3) gab es keinen signifikanten Unterschied in der Situations-Angst zwischen den Gruppen ($p = 0,836$). Der Median war in beiden Gruppen identisch und lag bei 6,0. Der Interquartilsabstand betrug in der Kontrollgruppe 2,0 und in der Interventionsgruppe 1,0 (Abb. 16, Tab. 3).

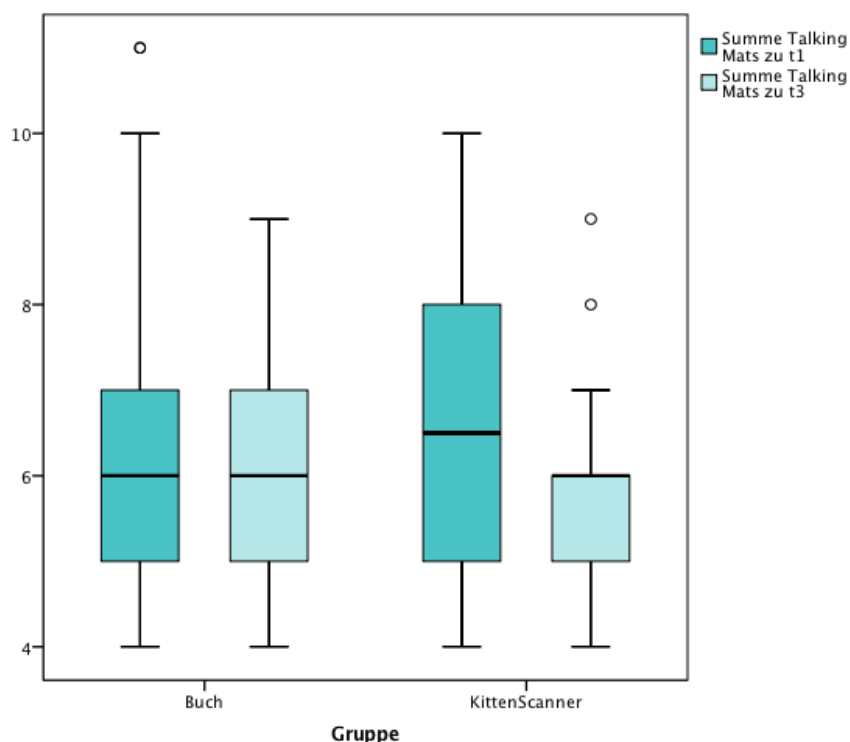


Abbildung 16: Summe der *Talking Mats* nach der Intervention (t_1) und nach der MR-Untersuchung (t_3) im Vergleich zwischen den beiden Gruppen, dargestellt als Boxplots.

6 Ergebnisse

Kontrollgruppe (Buch): Minimum t_1 und $t_3 = 4,0$, Maximum $t_1 = 11,0$ und $t_3 = 9,0$, Median t_1 und $t_3 = 6,0$, Interquartilsabstand $t_1 = 3,0$ und $t_3 = 2,0$. Interventionsgruppe (*KittenScanner*): Minimum t_1 und $t_3 = 4,0$, Maximum $t_1 = 10,0$ und $t_3 = 9,0$, Median $t_1 = 6,5$ und $t_3 = 6,0$, Interquartilsabstand $t_1 = 3,0$ und $t_3 = 1,0$.

Im Vergleich innerhalb der Gruppe (Intragruppenvergleich) wurde die Differenz der Messwerte zu den beiden unterschiedlichen Zeitpunkten untersucht. In beiden Gruppen konnte eine Abnahme der erlebten Angst festgestellt werden. Die mit der *Talking Mats*-Messmethode ermittelte Abnahme war bei Kindern der Interventionsgruppe signifikant ($p = 0,045$). In der Kontrollgruppe erwies sich die Abnahme der Angst als nicht signifikant ($p = 0,088$). Der Median lag in der Kontrollgruppe bei 0,0, in der Interventionsgruppe bei 1,0. Der Interquartilsabstand betrug in der Kontrollgruppe 2,0 und in der Interventionsgruppe 3,0. Im Intergruppen-Vergleich ließ sich zwischen den Gruppen kein signifikanter Unterschied in der Änderung der Situations-Angst feststellen ($p = 0,647$) (Tab. 3).

6.2.2.3 Ergebnisse des *Child Anxiety Meter (CAM)*

Der *Child-Anxiety-Meter-State*- Messbogen (*CAM-S*) zeigte nach der Intervention (t_1) keinen signifikanten Unterschied in der Messung der Zustandsangst zwischen den beiden Gruppen ($p = 0,582$). Je höher der Wert, desto höher die subjektiv empfundene Angst. Der Median lag sowohl in der Interventions- als auch der Kontrollgruppe bei 1,0, der Interquartilbereich betrug in beiden Gruppen 3,0.

Auch nach der MR-Untersuchung (t_3) unterschieden sich die Gruppen in der mittels *CAM-S* erfassten Situations-Angst nicht signifikant voneinander ($p = 0,279$). Hier lag der Median in beiden Gruppen bei 0,0 und der Interquartilbereich betrug in der Kontrollgruppe 0,0 und in der Interventionsgruppe 1,0.

Analog zu der *Talking Mats*-Messmethode wurde auch bei dem *Cam-S*-Erfassungsbogen die Differenz der Messwerte zu den beiden Zeitpunkten untersucht und es konnte eine Abnahme der erlebten Angst innerhalb der jeweiligen Gruppe (Intragruppenvergleich) festgestellt werden. Diese erwies sich sowohl in der Kontroll- als auch der Interventionsgruppe als nicht signifikant ($p = 0,065$), ($p = 0,121$). Der Median lag sowohl in der Interventions- als auch der Kontrollgruppe bei 0,0, der Interquartilbereich betrug in beiden Gruppen 1,0. Im Intergruppenvergleich zeigte sich

6 Ergebnisse

ebenfalls kein signifikanter Unterschied in der Änderung der erlebten Angst zwischen den Gruppen ($p = 0,371$) (Tab. 3).

Tabelle 3: Auflistung des Medians, Interquartilbereiches und p-Wertes der unterschiedlichen Messmethoden zur Erfassung der Ängstlichkeit im Vergleich zwischen den Gruppen.

	TM t1	TM t3	TM_Diff	CAM t1	CAM t3	CAM_Diff	m-YPAS t0	m-YPAS t2
Median								
Buch	6,0	6,0	0,0	1,0	0,0	0,0	28,3	28,3
KittenScanner	6,5	6,0	1,0	1,0	0,0	0,0	40,0	36,7
Interquartilbereich								
Buch	3,0	3,0	2,0	3,0	0,0	1,0	11,7	8,3
KittenScanner	2,0	1,0	3,0	3,0	1,0	1,0	20,8	24,2
p-Wert	0,767	0,836	0,647	0,582	0,279	0,371	0,032	0,242

Legende: TM t₁ = *Talking Mats* nach der Intervention, TM t₃ = *Talking Mats* nach der MR-Untersuchung, TM_Diff = Differenz der *Talking-Mats*-Messwerte nach Intervention und nach MR-Untersuchung, CAM t₁ = *Child Anxiety Meter* nach der Intervention, CAM t₃ = *Child Anxiety Meter* nach der MR-Untersuchung, CAM_Diff = Differenz der *Child Anxiety Meter*-Messwerte nach Intervention und nach MR-Untersuchung, m-YPAS t₀ = *modified Yale Preoperative Anxiety Scale* während Beobachtung im Wartebereich, m-YPAS t₂ = *modified Yale Preoperative Anxiety Scale* vor der MR-Untersuchung.

Die Ergebnisse der eingesetzten Messmethoden für die Erfassung der Ängstlichkeit der Kinder vor und nach der Untersuchung bestätigen die erste Hypothese nicht.

Die Vorbereitung mittels *KittenScanner* führt im Vergleich zur Standardprozedur mittels „Paula in der Röhre“ nicht zu einer signifikanten Reduktion der Ängstlichkeit vor der Untersuchung.

6.3 Hypothese II

„Die Vorbereitung von Kindern auf eine MRT-Untersuchung mittels KittenScanner trägt zu einer signifikant besseren Bildqualität bei als die herkömmliche Vorbereitung mittels des Buches „Paula in der Röhre“.

6.3.1 Subjektive Bildqualität

6.3.1.1 Betrachtung der Gesamtheit der subjektiven Qualität

Alle Kinder, bei denen die MR-Untersuchung vollzogen wurde, ließen sich komplett scannen, sodass der Wert „5 – inkompletter Scan“ der Likert-Skala nicht vergeben wurde. Bilder mit den Bewertungen „1 – keine Bewegungsartefakte, exzellente Qualität“, „2 – geringe Bewegungsartefakte, gute Qualität“ und „3 - moderate Bewegungsartefakte - annehmbare Qualität“ galten als diagnostisch aussagekräftige MR-Bilder, wohingegen solche mit der Bewertung „4 – exzessive Bewegungsartefakte – schlechte Qualität“ als nicht diagnostisch aussagekräftig galten.

Die jeweilige Bewertung der Möglichkeit zur kortikomedullären Differenzierung und der Abgrenzbarkeit der Basalganglien erwies sich als identisch, sodass diese für alles Folgende zusammenfassend betrachtet wurden.

In der „T2 FLAIR“-Sequenz wurden alle MR-Serien als diagnostisch aussagekräftig bewertet (100 %). 25 % wiesen keine Bewegungsartefakte auf, 66,7 % geringe Bewegungsartefakte und 8,3 % moderate Bewegungsartefakte. In der sagittalen T2-wichtenden Sequenz wurden insgesamt 95,6 % der MR-Serien als diagnostisch aussagekräftig bewertet. Hierbei zeigten 22,2 % keine Bewegungsartefakte, 51,1 % geringe Bewegungsartefakte und wiederum 22,1 % moderate Bewegungsartefakte. Exzessive Bewegungsartefakte wurden bei 4,4 % festgestellt. In der transversalen T1-wichtenden Sequenz wurden 95,2 % der MR-Serien als diagnostisch aussagekräftig bewertet. Hierbei wiesen 38,1 % keine Bewegungsartefakte, 47,6 % geringe Bewegungsartefakte und 9,5 % moderate Bewegungsartefakte auf. 4,8 % zeigten exzessive Bewegungsartefakte (Abb. 17, Tab. 4).

6 Ergebnisse

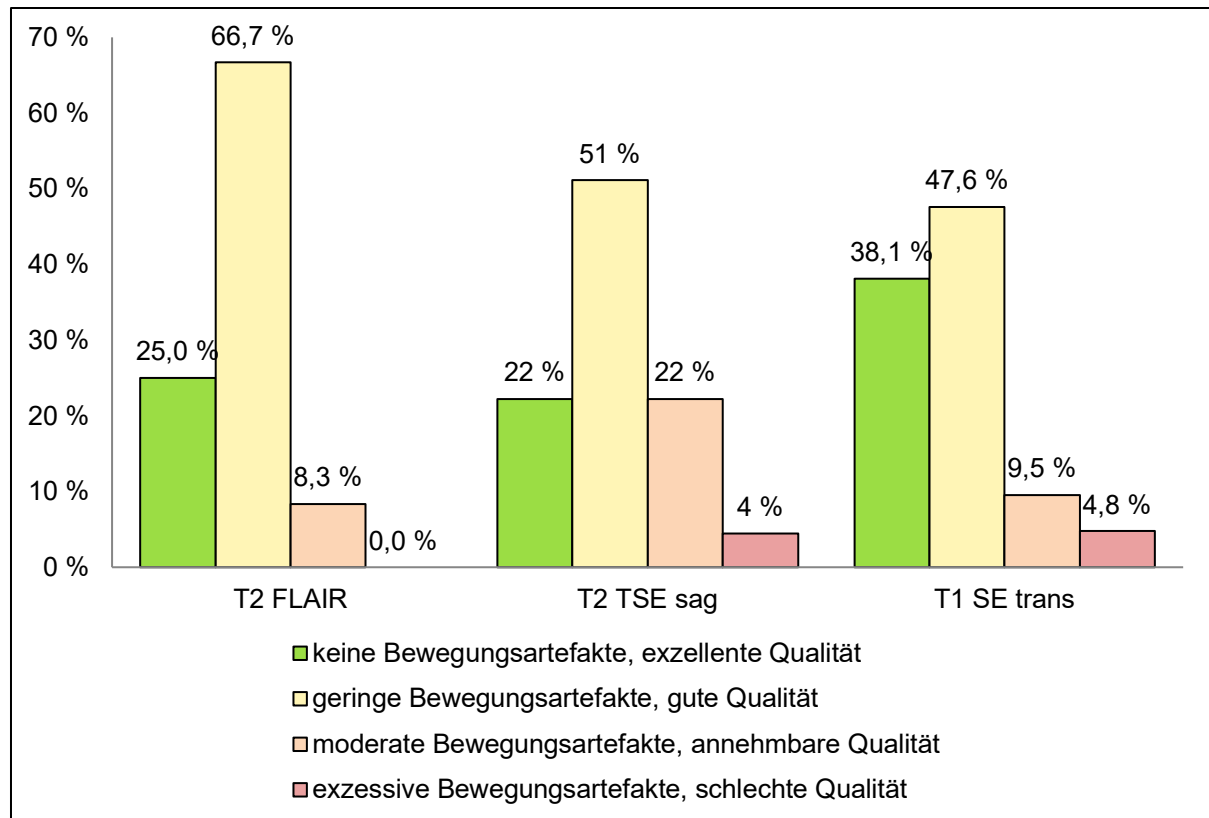


Abbildung 17: Subjektive Bewertung der MR-Serien pro Sequenz, dargestellt als Säulendiagramm.

Um die Gesamtzahl der diagnostisch aussagekräftigen MR-Serien zu errechnen, wurden die Kategorien 1-3 zusammenfassend betrachtet. Insgesamt erwiesen sich 131 von 135 MR-Serien als diagnostisch aussagekräftig (97,0 %). 28,1 % aller Serien wiesen keine Bewegungsartefakte, 55,6 % geringe Bewegungsartefakte und 13,3 % moderate Bewegungsartefakte auf (Tab. 4).

Tabelle 4: Subjektive Bewertung der MR-Serien pro Sequenz und insgesamt

		T2 FLAIR	T2 TSE sag	T1 SE trans	Summe
Anzahl MR-Serien		48	45	42	135
Subjektive Bewertung					
keine Bewegungsartefakte, exzellente Qualität	1	12 (25,0 %)	10 (22,2 %)	16 (38,1 %)	38 (28,1 %)
geringe Bewegungsartefakte, gute Qualität	2	32 (66,7 %)	23 (51,1 %)	20 (47,6 %)	75 (55,6 %)
moderate Bewegungsartefakte, annehmbare Qualität	3	4 (8,3 %)	10 (22,2 %)	4 (9,5 %)	18 (13,3 %)
exzessive Bewegungsartefakte, schlechte Qualität	4	0 (0,0 %)	2 (4,4 %)	2 (4,8 %)	4 (3,0 %)
diagnostisch aussagekräftig	1-3	48 (100,0 %)	43 (95,6 %)	40 (95,2 %)	131 (97,0 %)

6.3.1.2 Betrachtung der subjektiven Qualität im Vergleich der Gruppen

Die subjektive Bewertung der Sequenz „T2 FLAIR transversal“ zeigte keinen signifikanten Unterschied zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe ($p = 0,584$). Der Median der subjektiven Bewertung lag in der Kontrollgruppe bei 2,0, der Interquartilsabstand betrug 1,0. In der Interventionsgruppe lag der Median ebenfalls bei 2,0, der Interquartilsabstand betrug 0,0. In der Kontrollgruppe wiesen 32,0 % keine Bewegungsartefakte auf, 56,0 % geringe Bewegungsartefakte und 12,0 % moderate Bewegungsartefakte auf. In der Interventionsgruppe lag der Anteil der MR-Serien ohne Bewegungsartefakte bei 17,39 % und 78,26 % wiesen geringe Bewegungsartefakte auf. Der Anteil an moderaten Bewegungsartefakten lag mit 4,35 % niedriger als in der Kontrollgruppe (Abb. 18).

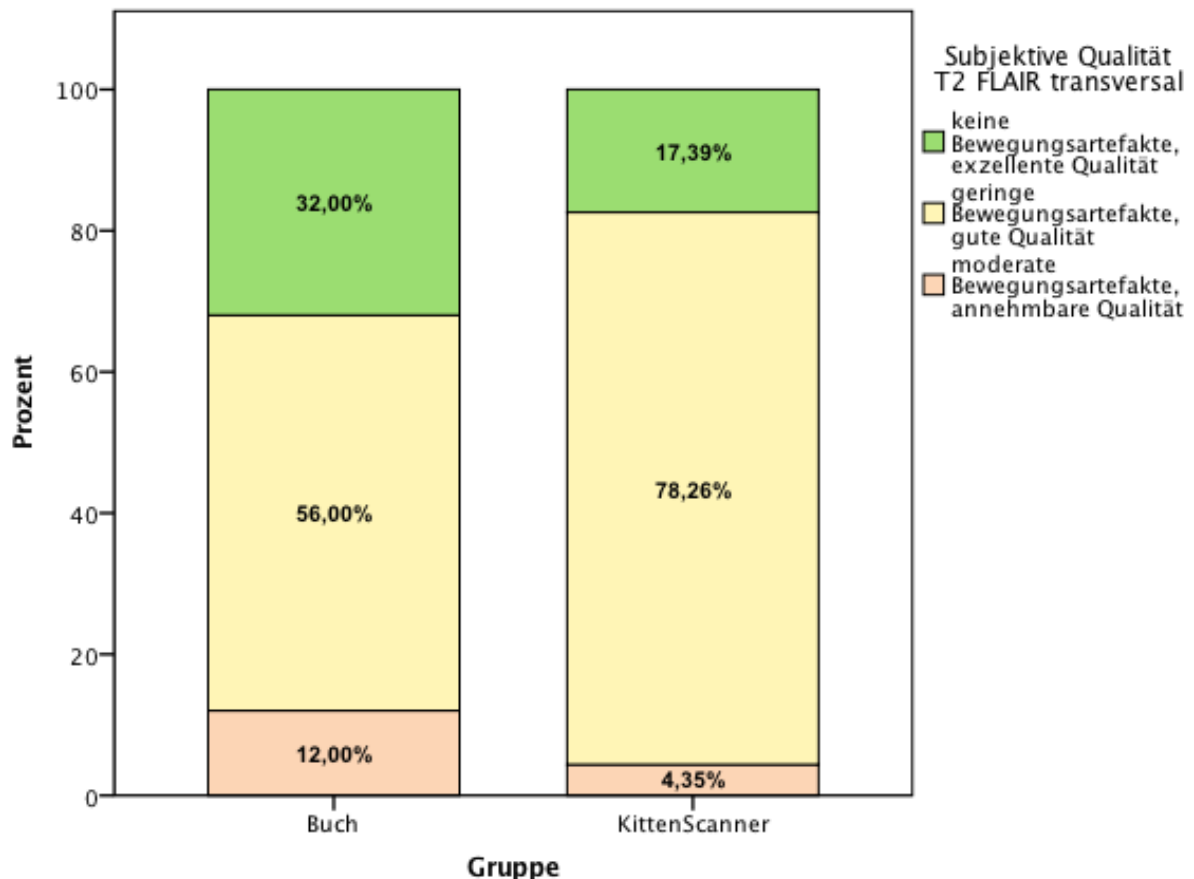


Abbildung 18: Subjektive Bewertung der Sequenz „T2 FLAIR transversal“ im Vergleich der Gruppen, dargestellt als gestapeltes Säulendiagramm.

Die subjektive Bewertung der Sequenz „T2 TSE sagittal“ zeigte ebenfalls keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen ($p = 0,106$).

6 Ergebnisse

Der Median der subjektiven Bewertung lag in der Kontroll- und Interventionsgruppe bei 2,0, der Interquartilsabstand betrug jeweils 1,0. 31,82 % der Kontrollgruppe wiesen keine Bewegungsartefakte auf, 50,0 % zeigten geringe und 13,64 % moderate Bewegungsartefakte. Bei 4,55 % wurden exzessive Bewegungsartefakte festgestellt. In der Interventionsgruppe zeigten 13,04 % keine, 52,17 % geringe und 30,43 % moderate Bewegungsartefakte. 4,35 % wiesen exzessive Bewegungsartefakte auf (Abb. 19).

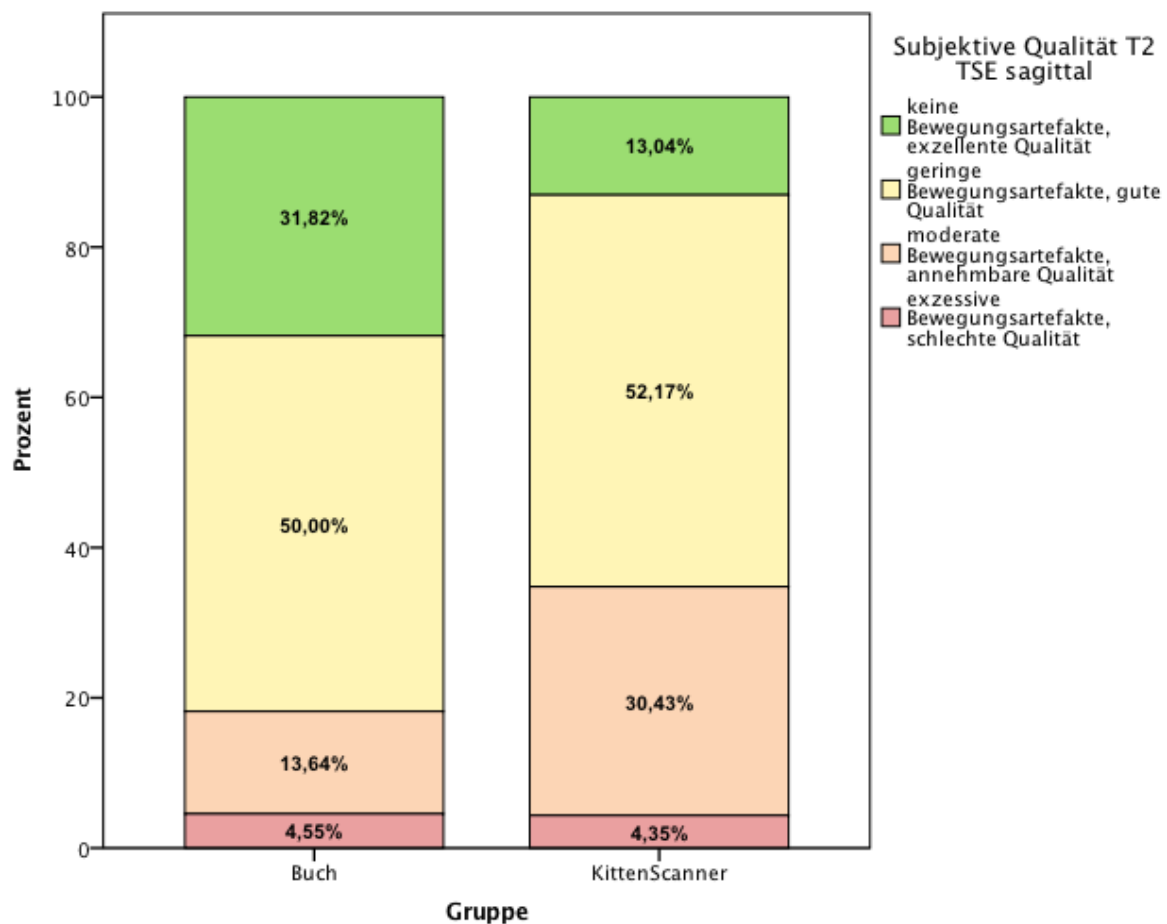


Abbildung 19: Subjektive Bewertung der Sequenz „T2 TSE sagittal“ im Vergleich der Gruppen, dargestellt als gestapeltes Säulendiagramm.

Die subjektive Bewertung der Sequenz „T1 SE transversal“ wies gleichwohl keinen signifikanten Unterschied zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe auf ($p = 0,783$). Der Median der subjektiven Bewertung lag in der Kontroll- und Interventionsgruppe bei 2,0, der Interquartilsabstand betrug jeweils 1,0. Sowohl keine als auch geringe Bewegungsartefakte konnten in der Kontrollgruppe bei jeweils 40,0 % festgestellt werden. Moderate und exzessive Bewegungsartefakte wurden bei jeweils 10,0 %

6 Ergebnisse

festgestellt. In der Interventionsgruppe wiesen 36,36 % keine Bewegungsartefakte auf. 54,55 % zeigten geringe und 9,09 % moderate Bewegungsartefakte (Abb. 20).

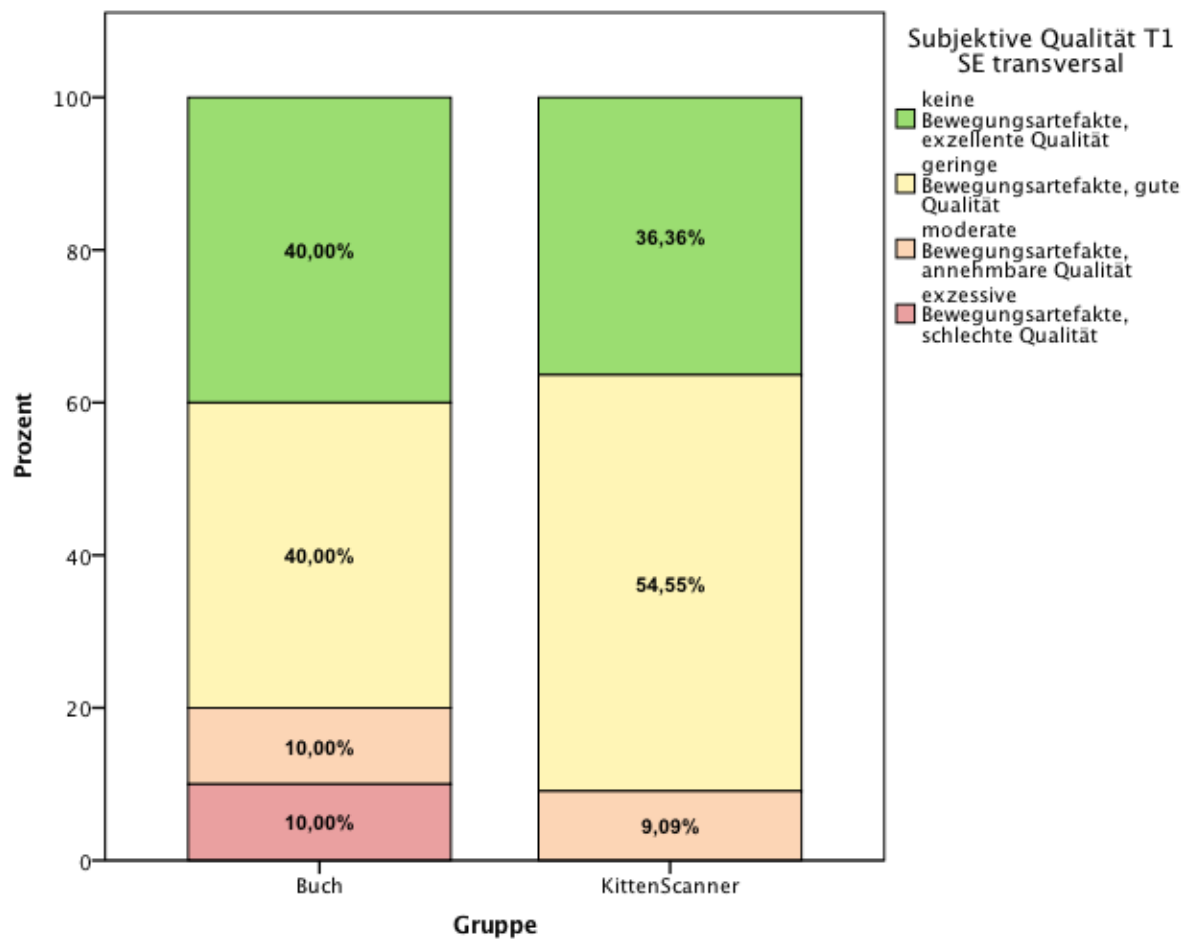


Abbildung 20: Subjektive Bewertung der Sequenz „T1 SE transversal“ im Vergleich der Gruppen, dargestellt als gestapeltes Säulendiagramm.

Die Gesamtheit der Ergebnisse der subjektiven Bildbeurteilung deutet nicht auf eine Bestätigung der zweiten Hypothese hin.

Die Vorbereitung mittels *KittenScanner* führt im Vergleich zum Standard „Paula in der Röhre“ nicht zu einer signifikant subjektiv besseren Bildqualität. Nichtsdestotrotz waren in der Interventionsgruppe insgesamt weniger nicht diagnostisch aussagekräftige Bilder zu verzeichnen.

6.3.2 Vergleich der beiden Gruppen hinsichtlich objektiver Bildqualität

Bei der deskriptiven Betrachtung der Sequenz „T2 FLAIR transversal“ wurde bei der Messung des Signal-Rausch-Verhältnisses (*SNR*) im Thalamus in der Kontrollgruppe ein Median von 39,65 und ein Interquartilsabstand von 15,25 ermittelt. In der Interventionsgruppe lag der Median bei 38,99 und der Interquartilsabstand bei 14,17. Bei der *SNR*-Messung im Liquor betrug der Median in der Kontrollgruppe 7,88 und der Interquartilsabstand 7,52. In der Interventionsgruppe wurde ein Median von 9,11 und ein Interquartilsabstand von 11,16 ermittelt. Die Ermittlung des Kontrast-Rausch-Verhältnisses (*CNR*) ergab in der Kontrollgruppe einen Median von 31,53 und einen Interquartilsabstand von 13,07, während in der Interventionsgruppe der Median bei 27,58 und der Interquartilsabstand bei 13,47 lag (Abb. 21).

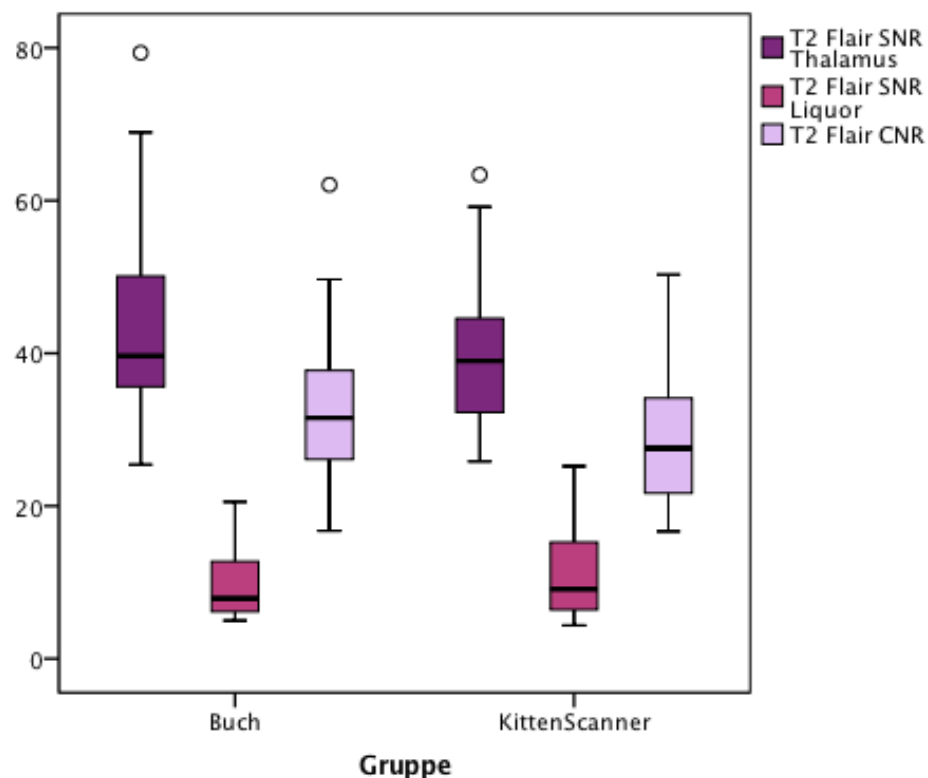


Abbildung 21: Objektive Bewertungen der Sequenz „T2 FLAIR“ im Vergleich der Gruppen, dargestellt als Boxplots. *SNR* Thalamus: Kontrollgruppe (Buch): Minimum = 25,43, Maximum = 79,36, Median = 39,65, Interquartilsabstand = 15,25. Interventionsgruppe (*KittenScanner*): Minimum = 25,83, Maximum = 63,38, Median = 38,99, Interquartilsabstand = 14,17. *SNR* Liquor: Kontrollgruppe: Minimum = 4,97, Maximum = 20,53, Median = 7,88, Interquartilsabstand = 7,52. Interventionsgruppe: Minimum = 4,37, Maximum = 25,21, Median = 9,11, Interquartilsabstand = 11,16. *CNR*: Kontrollgruppe: Minimum = 16,75, Maximum =

6 Ergebnisse

62,06, Median = 31,53, Interquartilsabstand = 13,07. Interventionsgruppe: Minimum = 16,67, Maximum = 50,30, Median = 27,58, Interquartilsabstand = 13,47.

Wie oben (s. Abschnitt 5.5) bereits beschrieben, können Parameter wie Repetitionszeit, Echozeit, Schichtdicke und Schichtanzahl das *SNR* beeinflussen, weshalb für alle drei Sequenzen eine lineare Regressionsanalyse zur besseren Vergleichbarkeit der Werte herangezogen wurde.

In der linearen Regressionsanalyse der Sequenz „T2 FLAIR transversal“ konnte im Vergleich der *SNR*-Werte der beiden Gruppen kein signifikanter Unterschied in der objektiven Bildqualität verifiziert werden (p (*SNR* Thalamus) = 0,177, p (*SNR* Liquor) = 0,435). Hinsichtlich des *CNR*-Werts zeigte sich beinahe ein signifikanter Unterschied (p (*CNR*) = 0,055). Tendenziell jedoch fielen die Ergebnisse der objektiven Bildqualität in der Interventionsgruppe in der Messung im Thalamus um 4,049 Einheiten (95 %-KI: -9,994 bis 1,895) schlechter aus als in der Kontrollgruppe und in der Messung im Liquor um 1,323 Einheiten (95 %-KI: -2,063 bis 4,71) besser (Tab. 5).

Tabelle 5: Ergebnisse der linearen Regressionsanalyse zur Beurteilung der objektiven Qualität der Sequenz „T2 FLAIR transversal“ im Vergleich der Gruppen.

	Regressionskoeffizient	95,0% Konfidenzintervall		p-Wert
		Untergrenze	Obergrenze	
Abhängige Variable: T2 FLAIR trans, SNR Thalamus				
Buch vs. KittenScanner	-4,049	-9,994	1,895	0,177
Repetitionszeit in ms	-0,016	-0,059	0,027	0,467
Schichtdicke in mm	14,338	3,891	24,784	0,008
Schichtanzahl	0,637	-0,881	2,155	0,402
Abhängige Variable: T2 FLAIR trans, SNR Liquor				
Buch vs. KittenScanner	1,323	-2,063	4,71	0,435
Repetitionszeit in ms	-0,001	-0,025	0,024	0,965
Schichtdicke in mm	6,386	0,435	12,338	0,036
Schichtanzahl	0,337	-0,528	1,202	0,437
Abhängige Variable: T2 FLAIR trans, CNR				
Buch vs. KittenScanner	-5,373	-10,873	0,128	0,055
Repetitionszeit in ms	-0,015	-0,055	0,025	0,448
Schichtdicke in mm	7,951	-1,715	17,618	0,104
Schichtanzahl	0,3	-1,104	1,705	0,668

6 Ergebnisse

Für *SNR*- und *CNR*-Messungen sind Einflussfaktor (Buch vs. KittenScanner) und Störgrößen, nach denen adjustiert wurde (Repetitionszeit (in ms), Schichtdicke (in mm), Schichtanzahl) aufgeführt. Angegeben sind jeweils Regressionskoeffizient, Unter- und Obergrenze des 95 %-Konfidenzintervalles sowie p-Wert.

Anschließend wurde die Sequenz „T2 TSE sagittal“ deskriptiv betrachtet. Hierbei lag bei der *SNR*-Messung im Thalamus der Median der Kontrollgruppe bei 124,76 und der Interquartilsabstand bei 29,84. In der Interventionsgruppe lag der Median bei 108,91 und der Interquartilsabstand bei 37,67. Die *SNR*-Messung im Liquor ergab in der Kontrollgruppe einen Median von 288,39 und einen Interquartilsabstand von 106,06. In der Interventionsgruppe betrug der Median 253,25 und der Interquartilsabstand 85,99. Bei der *CNR*-Ermittlung ließ sich ein Median von 170,21 und ein Interquartilsabstand von 94,04 in der Kontrollgruppe sowie ein Median von 143,15 und ein Interquartilsabstand von 56,65 in der Interventionsgruppe feststellen (Abb. 22).

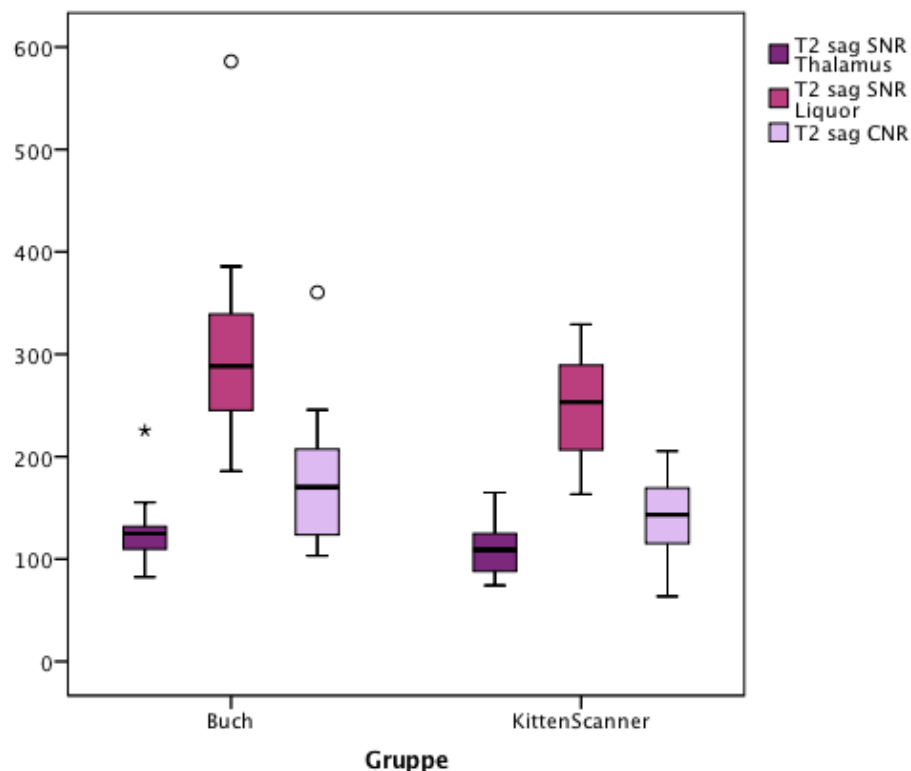


Abbildung 22: Objektive Bewertungen der Sequenz „T2 TSE sagittal“ im Vergleich der Gruppen, dargestellt als Boxplots. *SNR* Thalamus: Kontrollgruppe (Buch): Minimum = 82,56, Maximum = 225,54, Median = 124,76, Interquartilsabstand = 29,84. Interventionsgruppe (KittenScanner): Minimum = 74,26, Maximum = 164,98, Median = 108,91, Interquartilsabstand = 37,67. *SNR* Liquor: Kontrollgruppe: Minimum = 185,81, Maximum =

6 Ergebnisse

585,97, Median = 288,39, Interquartilsabstand = 106,06. Interventionsgruppe: Minimum = 163,33, Maximum = 329,09, Median = 253,25, Interquartilsabstand = 85,99. *CNR*: Kontrollgruppe: Minimum = 103,26, Maximum = 360,43, Median = 170,21, Interquartilsabstand = 94,04. Interventionsgruppe: Minimum = 63,56, Maximum = 205,46, Median = 143,15, Interquartilsabstand = 56,65.

Die lineare Regressionsanalyse der Sequenz „T2 TSE sagittal“ lieferte im Vergleich der *SNR*- und *CNR*-Werte der beiden Gruppen signifikante Unterschiede in der objektiven Bildqualität (p (*SNR* Thalamus) = 0,018, p (*SNR* Liquor) = 0,009, p (*CNR*) = 0,018). Hierbei fielen die Ergebnisse der objektiven Bildqualität in der Interventionsgruppe in der Messung im Thalamus um 19,157 Einheiten (95 %-KI: -34,884 bis -3,43) schlechter aus als in der Kontrollgruppe und in der Messung im Liquor um 55,062 Einheiten (95 %-KI: -95,548 bis -14,577) (Tab. 6).

Tabelle 6: Ergebnisse der linearen Regressionsanalyse zur Beurteilung der objektiven Qualität der Sequenz „T2 TSE sagittal“ im Vergleich der Gruppen.

	Regressionskoeffizient	95,0% Konfidenzintervall		p-Wert
		Untergrenze	Obergrenze	
Abhängige Variable: T2 TSE sag, SNR Thalamus				
Buch vs. KittenScanner	-19,157	-34,884	-3,43	0,018
Repetitionszeit in ms	0,009	-0,001	0,02	0,065
Echozeit in ms	-0,822	-4,123	2,48	0,617
Schichtanzahl	-1,656	-3,612	0,3	0,095
Abhängige Variable: T2 TSE sag, SNR Liquor				
Buch vs. KittenScanner	-55,062	-95,548	-14,577	0,009
Repetitionszeit in ms	0,032	0,006	0,058	0,017
Echozeit in ms	0,615	-7,884	9,114	0,884
Schichtanzahl	-0,316	-5,352	4,721	0,9
Abhängige Variable: T2 TSE sag, CNR				
Buch vs. KittenScanner	-34,073	-61,896	-6,25	0,018
Repetitionszeit in ms	0,023	0,005	0,04	0,014
Echozeit in ms	1,177	-4,664	7,017	0,686
Schichtanzahl	1,073	-2,388	4,534	0,534

Für *SNR*- und *CNR*-Messungen sind Einflussfaktor (Buch vs. *KittenScanner*) und Störgrößen, nach denen adjustiert wurde (Repetitionszeit (in ms), Echozeit (in ms), Schichtanzahl) aufgeführt. Angegeben sind jeweils Regressionskoeffizient, Unter- und Obergrenze des 95 %-Konfidenzintervalles sowie p-Wert.

6 Ergebnisse

In der weiteren deskriptiven Betrachtung der Sequenz „T1 SE transversal“ ergaben sich bei der *SNR*-Messung im Thalamus in der Kontrollgruppe ein Median von 99,28 und ein Interquartilsabstand von 22,81 sowie in der Interventionsgruppe ein Median von 102,40 und ein Interquartilsabstand von 14,91. Bei der *SNR*-Messung im Liquor lag der Median der Kontrollgruppe bei 43,73 und der Interquartilsabstand bei 13,29. In der Interventionsgruppe betrug der Median 41,45 und der Interquartilsabstand 10,50. Die *CNR*-Ermittlung ergab in der Kontrollgruppe einen Median von 56,85 und einen Interquartilsabstand von 18,43 sowie in der Interventionsgruppe einen Median von 56,99 und einen Interquartilsabstand von 10,06 (Abb. 23).

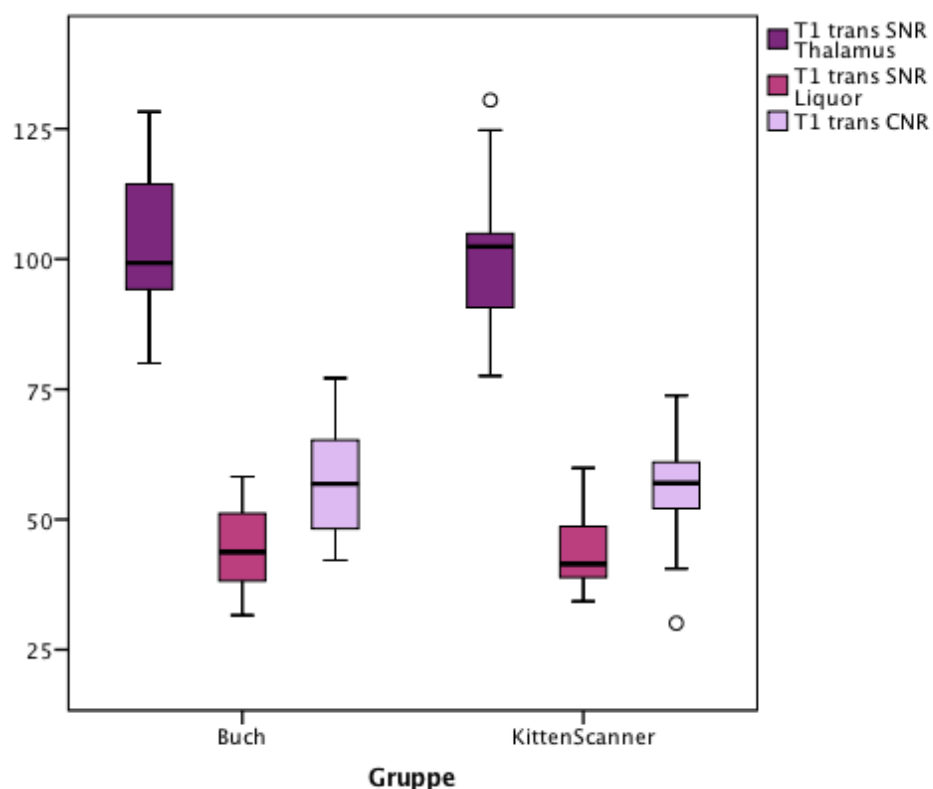


Abbildung 23: Objektive Bewertungen der Sequenz „T1 SE transversal“ im Vergleich der Gruppen, dargestellt als Boxplots. *SNR* Thalamus: Kontrollgruppe (Buch): Minimum = 80,02, Maximum = 128,32, Median = 99,28, Interquartilsabstand = 22,81. Interventionsgruppe (KittenScanner): Minimum = 77,59, Maximum = 130,51, Median = 102,40, Interquartilsabstand = 14,91. *SNR* Liquor: Kontrollgruppe: Minimum = 31,59, Maximum = 59,89, Median = 43,73, Interquartilsabstand = 13,29. Interventionsgruppe: Minimum = 34,29, Maximum = 59,89, Median = 41,45, Interquartilsabstand = 10,50. *CNR*: Kontrollgruppe: Minimum = 42,16, Maximum = 77,14, Median = 56,85, Interquartilsabstand = 18,43. Interventionsgruppe: Minimum = 30,09, Maximum = 73,79, Median = 56,99, Interquartilsabstand = 10,06.

6 Ergebnisse

Die lineare Regressionsanalyse der Sequenz „T1 SE transversal“ zeigte im Vergleich der *SNR*- und *CNR*-Werte der beiden Gruppen wiederum keine signifikanten Unterschiede in der objektiven Bildqualität (p (*SNR* Thalamus) = 0,54, p (*SNR* Liquor) = 0,764, p (*CNR*) = 0,56). Tendenziell jedoch fielen die Ergebnisse der objektiven Bildqualität in der Interventionsgruppe in der Messung im Thalamus um 2,847 Einheiten (95 %-KI: -12,203 bis 6,508) schlechter aus als in der Kontrollgruppe und in der Messung im Liquor um 0,754 Einheiten (95 %-KI: -5,827 bis 4,318) (Tab. 7).

Tabelle 7: Ergebnisse der linearen Regressionsanalyse zur Beurteilung der objektiven Qualität der Sequenz „T1 SE transversal“ im Vergleich der Gruppen.

	Regressionskoeffizient	95,0% Konfidenzintervall		p-Wert
		Untergrenze	Obergrenze	
Abhängige Variable: T1 SE trans, SNR Thalamus				
Buch vs. KittenScanner	-2,847	-12,203	6,508	0,54
Repetitionszeit in ms	0,211	-0,342	0,764	0,443
Schichtdicke in mm	44,971	-17,147	107,088	0,15
Schichtanzahl	2,475	-13,048	17,997	0,748
Abhängige Variable: T1 SE trans, SNR Liquor				
Buch vs. KittenScanner	-0,754	-5,827	4,318	0,764
Repetitionszeit in ms	0,131	-0,169	0,431	0,38
Schichtdicke in mm	27,872	-5,81	61,554	0,102
Schichtanzahl	1,442	-6,975	9,859	0,73
Abhängige Variable: T1 SE trans, CNR				
Buch vs. KittenScanner	-2,093	-9,317	5,131	0,56
Repetitionszeit in ms	0,08	-0,347	0,507	0,706
Schichtdicke in mm	17,099	-30,868	65,065	0,474
Schichtanzahl	1,032	-10,954	13,019	0,862

Für *SNR*- und *CNR*-Messungen sind Einflussfaktor (Buch vs. KittenScanner) und Störgrößen, nach denen adjustiert wurde (Repetitionszeit (in ms), Schichtdicke (in mm), Schichtanzahl) aufgeführt. Angegeben sind jeweils Regressionskoeffizient, Unter- und Obergrenze des 95 %-Konfidenzintervalles sowie p-Wert.

Die Ergebnisse der Auswertung der objektiven Bildqualität deuten ebenfalls nicht auf eine Bestätigung der zweiten Hypothese hin.

Der Einsatz von *KittenScanner* führt im Vergleich zu „Paula in der Röhre“ nicht zu einer objektiv verifizierbar verbesserten Bildqualität.

6 Ergebnisse

6.4 Einfluss der Anwesenheit eines Sorgeberechtigten auf die Zielgrößen

Der Unterschied in der Anzahl der anwesenden Erziehungsberechtigten zwischen den Gruppen (17/25 in der Kontroll- und 24/25 in der Interventionsgruppe) erwies sich als signifikant ($\chi^2(1, N = 50) = 6,64, p = 0,010$).

Daher wurde im Anschluss an die Prüfung der einzelnen Hypothesen der Einfluss dieser Störgröße auf die Zielgrößen (erlebte Angst nach der Untersuchung, subjektive Bewertung der Sequenzen, SNR Thalamus und Liquor sowie CNR je Sequenz) untersucht. Hierbei stellte sich ein signifikanter Einfluss nur auf die subjektive Beurteilung der Sequenz „T2 FLAIR transversal“ heraus ($p = 0,049$).

Zur weiteren Prüfung wurde die lineare Regressionsanalyse herangezogen, wobei der Unterschied in der subjektiven Beurteilung zwischen den beiden Gruppen weiterhin nicht signifikant war ($p = 0,667$) (Tab. 8). Die Anwesenheit von Sorgeberechtigten hatte somit keinen Einfluss auf die subjektive Beurteilung der Sequenz „T2 FLAIR transversal“ im Vergleich der beiden Gruppen.

Tabelle 8: Ergebnis der linearen Regressionsanalyse zur Beurteilung des Einflusses der Anwesenheit eines Elternteils während der MR-Untersuchung auf die subjektive Bewertung der Sequenz „T2 FLAIR transversal“ im Vergleich der Gruppen.

	Regressionskoeffizient	95,0% Konfidenzintervall		p-Wert
		Untergrenze	Obergrenze	
Abhängige Variable: subj. Bewertung T2 FLAIR trans				
Buch vs. KittenScanner	-0,072	-0,405	0,262	0,667
Elternteil dabei: ja oder nein	0,511	0,084	0,938	0,020

7 Diskussion

7.1 Sedierung und Anästhesie sowie alternative Methoden in der Gewährleistung einer erfolgreichen MRT bei Kindern

Kinder werden für MR-Untersuchungen häufig sediert oder erhalten eine Vollnarkose, um unerwünschte Bewegungen während der Bildgebung auszuschließen und aufgrund von resultierenden Unschärfen und Artefakten nicht interpretierbare Scans zu vermeiden (McGuirt 2016). Um Komplikationen zu reduzieren und Sicherheit zu gewährleisten, ist bei sedierten oder narkotisierten Patienten eine enge Überwachung des Kindes vor, während und nach der Prozedur nötig, ebenso eine MR-taugliche angemessene Ausrüstung, eine sichere Umgebung sowie entsprechend gut geschultes Personal (Arlachov und Ganatra 2012). Unter solchen optimalen Bedingungen sind schwere Komplikationen einer Sedierung oder Allgemeinanästhesie zwar selten (de Bie et al. 2010); dennoch bergen diese Verfahren gewisse Risiken, von denen insbesondere die Hypoxämie und Atemdepression schwerwiegende Folgen verursachen können (Malviya et al. 2000b). Die Wartezeit auf eine unter Sedierung stattfindende MR-Untersuchung kann aufgrund des deutlich höheren apparativen und personellen Aufwandes mitunter bei mehreren Monaten liegen (de Bie et al. 2010). Der benötigte Zeitbedarf in der Anästhesie-Vorbereitung und im MR-Scannerraum wird bei Einsatz einer Sedierung oder insbesondere bei der Allgemeinanästhesie (Vorbereitung, Einleitung, Durchführung der Sedierung/Narkose; Installation, Verbringen der Überwachungsgerätschaften in den Scannerraum, Inbetriebnahme der Überwachung) erhöht und die Kosten - verursacht durch zusätzlich nötiges Personal, spezielle Ausrüstung und Medikamente - sind ebenso wie die Angst, die sie in Patienten und deren Angehörigen bzw. den Kindern und deren Sorgeberechtigten hervorrufen können, nicht zu vernachlässigen. Argumente für und wider die Auswahl einer Sedierung oder Narkose gibt es demnach viele. Weder das eine noch das andere stellt eine ideale Lösung dar, da trotz vornehmlicher Sicherheit und erwiesener Effektivität Risiken für die Patienten existieren (de Amorim e Silva et al. 2006), die man bei Kindern unbedingt vermeiden möchte.

Angst vor der unbekanntem Situation und ein hohes Stresslevel werden von Patienten, die eine entsprechende Bildgebung erhalten, häufig berichtet. Schätzungsweise 4 bis 20 % der Patienten brechen eine Bildgebung vorzeitig ab oder verweigern diese

7 Diskussion

gänzlich (Raschle et al. 2009). Offene MRT (*open-bore style magnet, double-donut MRI*) können zwar die Angst und Engegefühle etwas reduzieren, allerdings ist die Qualität der MRT-Untersuchung aufgrund eingeschränkter Magnetfeldhomogenität schlechter als die eines geschlossenen 1,5 T-Systems. Auch ein kurzer Magnet (*short-bore*), welcher mit reduzierten akustischen Geräuschen einhergeht, kann Engegefühle vermindern. Ein solcher ist aber teuer und geht mit einer geringeren Magnetfeld-Stärke einher, verbunden mit längerer Messdauer und reduzierter Bildqualität (Lemaire et al. 2009).

Im Kindesalter erlebte negative Erfahrungen mit dem Gesundheitswesen können zu Ängsten und Traumata im weiteren Leben führen. Um dies zu verhindern, sollten Ärzte und Klinikpersonal den jungen Patienten das Gefühl der Machtlosigkeit in einer für sie unbekanntem Situation nehmen und Kindern und Eltern bzw. Sorgeberechtigten den Ablauf der vorgesehenen Untersuchung ausgiebig erläutern (Lerwick 2016). Dieser grundlegend wertschätzende Umgang mit jungen Patienten sollte zwar selbstverständlich sein, ist aber im ambulanten und klinischen Alltag aus Zeitmangel – teilweise auch aufgrund mangelnder Empathie - häufig nicht zu realisieren. Sedierung und Vollnarkose können für Kinder genauso furchterregend sein wie die Untersuchung selbst (de Bie et al. 2010). Die Durchführung der MRT-Untersuchung während des natürlichen Schlafens hat sich für Säuglinge bewährt und als praktikabel für Kleinkinder und Kinder bis zu vier Jahren erwiesen (Dean et al. 2014, Nordahl et al. 2008), bei älteren Vorschul- und Schulkindern ist diese Methode jedoch nur noch eingeschränkt erfolgreich anwendbar. Auch wenn der Einsatz von Melatonin schlaffördernd wirken kann, sind die Erfolgsquoten dieser Methode in der MRT als nicht ausreichend suffizient einzuschätzen (Johnson et al. 2002). Es gilt daher, eine alternative Methode anzuwenden, um das Vertrauen der Kinder zu gewinnen und deren Kooperation zu ermöglichen (Pressdee et al. 1997).

Einen Modell-Scanner in Originalgröße (sog. *Mock-Scanner*) zur Vorbereitung von Kindern auf eine MR-Untersuchung zu nutzen, konnte in mehreren Studien den Einsatz von Sedierung oder Narkose reduzieren und Ängste deutlich reduzieren (Barnea-Goraly et al. 2014, Carter et al. 2010, de Bie et al. 2010, Raschle et al. 2009, Rosenberg et al. 1997). Der Einsatz eines Modell-Scanners ist demnach vielversprechend. Seine Effektivität muss jedoch in größeren kontrolliert randomisierten Studien untersucht werden. Zudem ist für das Einüben der

7 Diskussion

Untersuchungssituation am Modell zusätzlich qualifiziertes und motiviertes Personal nötig, um ein gutes Outcome zu erzielen (de Bie et al. 2010). Die wenigsten Einrichtungen werden dies leisten können. Ebenso ist das Vorhandensein eines *Mock-Scanners* eine Rarität und eine Neuanschaffung mit großem Kostenaufwand verbunden, der nicht refinanziert werden kann (Cejda et al. 2012). Audiovisuelle Systeme, mit denen Kinder während der Untersuchung einen Film anhören und ansehen können, haben sich in der Literatur ebenfalls als wirksame Alternative zu medikamentöser Ruhigstellung erwiesen (Harned und Strain 2001, Lemaire et al. 2009). Die hierfür benötigte Installation der Technologie ist allerdings nicht in allen Einrichtungen realisierbar und ebenfalls recht kostenintensiv. Die von Pressdee et al. (1997) untersuchte Methode der Spieltherapie bei Kindern zur Vorbereitung einer MRT-Untersuchung erwies sich zwar als erfolgreich, allerdings fehlt in dieser Studie eine Kontrollgruppe als Vergleich. Kindgerechtes Spielen als Vorbereitung in Kombination mit dem Einsatz eines *Child Life Specialist* scheint gemäß einer Studie von Cejda et al. (2012) vielversprechend, um Sedierung und Narkose zu vermeiden. Allerdings gibt es einen solchen Beruf in Deutschland nach heutigem Kenntnisstand nicht.

Allen diesen Methoden ist es gemein, dass sie Informationen über die anstehende Untersuchung bereitstellen und ein spielerisches Auseinandersetzen mit der Untersuchung beinhalten. Neben ausreichender Motivation der Patienten sowie erhöhter Aufmerksamkeit und Kooperation gilt eine ausführliche Information als wichtiger Faktor für das Gelingen einer MR-Untersuchung (Tornqvist et al. 2006).

7.2 Die Idee des *KittenScanners*

Der *KittenScanner* vereint viele dieser als wirksam erwiesenen Faktoren: Die Kinder können Figuren in das MR-Scanner-Modell schieben und so die Untersuchungssituation nachspielen. Auf dem Bildschirm startet eine Animation, die in einer kleinen Geschichte die Untersuchung der Figur erklärt. Das Spielen mit dem *KittenScanner* erfordert aufmerksame Zuhörer und soll dazu beitragen, dass Patienten sich wohler fühlen und ihre Anspannung reduziert wird. Wie Tornqvist et al. (2006) bereits beschrieben, resultiert die Angst vor Untersuchungen oft auch darin, nicht mehr Herr der Lage zu sein, also das Gefühl von Kontrollverlust zu erleben, was auch bei Angst- und Panikstörungen eine Rolle spielt (Aydin et al. 2019). Der *KittenScanner*

7 Diskussion

erlaubt es den Kindern, ein Gefühl der Kontrolle zu erfahren, indem das Kind im Rollenspiel entscheiden kann, welche Figuren gescannt werden und indem es aktiv an der Untersuchung teilnimmt sowie deren Ablauf bestimmt. Auch die Angst vor dem Unbekannten, die viele Patienten vor einer Untersuchung empfinden (Katz et al. 1994), ist bei Kindern nicht zu unterschätzen. Der *KittenScanner* bringt ihnen auf lustige und interaktive Weise die anstehende Untersuchung näher und erklärt kindgerecht, wie ein MRT-Scanner funktioniert. So werden die Kinder bereits im Vorfeld darüber informiert, was sie bei der MRT-Untersuchung erwartet. Ein ruhiges und bewegungsarmes Liegen wird so erleichtert.

Der *KittenScanner* befindet sich im Wartezimmer der Einrichtung. Durch die dort stattfindende Vorbereitung der Kinder verringert sich die Aufenthaltszeit im Untersuchungsraum, da bereits hier der Aufbau des MRTs und die eigentliche Untersuchung anschaulich erklärt wird. Das MRT-Bedienpersonal kann somit Zeit für eine ausführliche Erklärung des Scan-Vorgangs sparen und der Scan-Raum kann schneller wieder für die Untersuchung anderer Patienten zur Verfügung stehen, was aus logistischen und zeitökonomischen Gründen erhebliche Bedeutung hat.

7.3 Kinder und ihre Sorgeberechtigten

In vielen Einrichtungen ist es üblich, die Art der Vorbereitung von Kindern und Jugendlichen auf eine MR-Untersuchung anhand ihres Alters festzulegen. Kinder unter einem Jahr werden für gewöhnlich mittels *feed and swaddle-* (oder *feed and wrap-*) Technik gescannt, während Kinder im Alter von einem bis fünf Jahren eine Sedierung oder Narkose erhalten und bei Kindern über sechs Jahren auf Ablenkungsmanöver zurückgegriffen wird (Edwards und Arthurs 2011). Diese willkürliche Einteilung der Kinder nimmt jedoch keine Rücksicht auf die individuellen Bedürfnisse und Fähigkeiten der kleinen Patienten und sollte unbedingt überdacht werden. Vielmehr sollte die Entscheidung eine multifaktorielle sein und gemäß des Entwicklungsstandes des Kindes und der persönlichen Hintergründe auf die Kinder eingegangen und diese entsprechend vorbereitet werden. Auch (Klein-) Kinder dürfen nicht als passive Patienten angesehen werden, die sich willenlos einer Untersuchung unterziehen. Vielmehr trägt es zum Gelingen einer Untersuchung bei, sie als eigenständige Personen anzuerkennen, die aktiv und konstruktiv an der dieser teilhaben und mit dem Klinikpersonal zusammen arbeiten wollen und können (Kada et

7 Diskussion

al. 2019). Wir beschränkten uns in dieser Studie auf Kinder von drei bis sechs Jahren – also auf die Gruppe der besonders kritischen Vorschul- und jungen Schulkinder.

Kinder dieser jüngeren Altersklassen profitieren von dem Wissen, sowohl ihre Eltern als auch entsprechend ausgebildetes Personal, das ihnen in einer aufkommenden Notsituation helfen kann, in unmittelbarer Nähe zu haben (Kada et al. 2019). Eltern oder Erziehungsberechtigte begleiten pädiatrische Patienten für gewöhnlich zu der Untersuchung und können mitunter in den MR-Scannerraum hinein. Sie sind die wesentlichen Vertrauenspersonen für das Kind und wissen in der Regel, wie dieses bei Aufregung, Angst oder Unruhe beruhigt werden kann. Daher ist es äußerst wichtig, sie in den Prozess der Untersuchung mit einzubeziehen und über den individuellen Ablauf sowie Verlauf zu informieren, um eventuelle Anspannungen abzubauen. Entspannte, gut informierte und auf das Kind beruhigend einwirkende Erziehungsberechtigte können enorm dazu beitragen, dass die MR-Untersuchung ihres Kindes erfolgreich abgeschlossen werden kann und diagnostisch aussagekräftige Bilder entstehen (Edwards und Arthurs 2011). In unserer Studie wurde die Entscheidung, ob ein Sorgeberechtigter während der Untersuchung anwesend sein soll, den Familien überlassen. In der Kontrollgruppe waren in acht von 25 Fällen die Eltern nicht im Scannerraum, während in der Interventionsgruppe in allen Fällen bis auf einen die Eltern anwesend waren. Dies ist rückblickend als mögliche Störung des Experimentalsettings zu betrachten und daher kritisch in die Betrachtung der Ergebnisse einbezogen worden.

7.4 Resultate der Studie und Vergleich der eingesetzten Methoden

7.4.1 Compliance der Studienteilnehmer

Von 50 teilnehmenden Kindern konnten 48 gescannt werden und die MR-Untersuchung beenden. Dies entspricht einer Erfolgsrate von 96 %. Bei zwei Kindern aus der Interventionsgruppe konnte die MR-Untersuchung nicht durchgeführt werden, da diese es verweigerten, auf der Patientenliege in den Tomographen hinein gefahren zu werden. Folglich kam es zu zwei Abbrüchen der Studienteilnahme.

Die Beurteilung der habituellen Ängstlichkeit der Kinder durch die Sorgeberechtigten lieferte keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen. In der *Child*

7 Diskussion

Behavior Checklist (CBCL) waren zwei Ausreißer in der Kontrollgruppe zu verzeichnen. Der Wert von 89,0 könnte von Schwierigkeiten im Sprachverständnis eines Patienten und dessen Sorgeberechtigten mit Migrationshintergrund herrühren und deshalb als Messfehler verbucht werden. Der Wert von 81,0 ist einem entwicklungsverzögerten Kind mit daraus folgenden Verhaltensauffälligkeiten zuzuordnen. Dennoch ergaben sich keine signifikanten Unterschiede in den generellen Verhaltensauffälligkeiten der Kinder zwischen den Gruppen. Mit der *modified Yale Preoperative Anxiety Scale* während der Zeit im Wartebereich vor der Intervention (*m-YPAS* zu t_0) konnte ein signifikanter Unterschied in der Situations-Angst der Kinder zwischen den Gruppen festgestellt werden. Die Tatsache, dass die *State-Angst* eine von der individuellen Situation abhängige Angst ist, macht es kaum möglich, dieses als Störfaktor zu verstehende Element im Vorfeld der Studie ausgeschlossen haben zu können, muss aber nichtsdestotrotz in der Betrachtung der vorliegenden Ergebnisse berücksichtigt werden. Hierbei gab es höhere Werte in der Interventionsgruppe, was auf höhere Aktivität, vermehrte Erregung und stärkere Ängstlichkeit der Kinder schließen lässt. Dies könnte ein Faktor dafür sein, dass es in der Interventionsgruppe zu zwei Abbrüchen kam, während es in der Kontrollgruppe keinen Abbruch gab.

Bei genauerer subjektiver Betrachtung des Verhaltens der beiden Studienabbrecher während der Vorbereitungszeit zeigte sich ein bereits während der Beobachtungs- und Spielphase im Wartebereich ausgeprägt ängstliches und übermäßig schüchternes Kind. Mit dem *KittenScanner* spielte es nicht selbständig und erst nach einigen Minuten durch Nachahmung der Versuchsleiterin. Dabei verhielt es sich sehr zurückhaltend. Auf dem *Child-Anxiety-Meter (CAM)* beurteilte es seine erlebte Angst vor der MR-Untersuchung mit dem Höchstwert. Das andere Kind zeigte ein ausgesprochenes Maß an motorischer Unruhe während des Beobachtungszeitraumes. Eine Konzentration auf die Vorbereitung durch die Versuchsleiterin war kaum möglich. Die Filmsequenzen des *KittenScanners* wurden aufgrund von Ungeduld nicht zu Ende gesehen und es ließ sich durch andere Gegenstände im Wartebereich ablenken.

Die Feinanalyse der Daten wies unter Betrachtung der Gesamtwertung des *CBCL*-Fragebogens (Verhaltensauffälligkeiten) bei beiden Kindern Werte oberhalb des *Cut-off*-Bereiches auf. Weiterhin zeigten beide Kindern bei der Verhaltensbeobachtung kurz vor Betreten des Scanner-Raums (*m-YPAS* zu t_2) u.a. hoch auffällige Werte auf

7 Diskussion

der Subskala „Einbeziehung der Eltern“ (s. Anhang), was Rückschlüsse auf den Angst- und Erregungszustand sowie das Bindungsverhalten zulässt.

Es ist bekannt, dass sicher gebundene Kinder durch eine Sicherheit gebende Bindungsperson zu einer effektiven Emotionsregulation in der Lage sind und es ihnen dadurch gelingt, sich auch auf fremde Situationen in ungewohnter Umgebung einzulassen. Unsicher gebundene Kinder weisen eine ineffektive Emotionsregulation auf und zeigen in einer solchen Situation entweder ein vermeidendes Verhalten mit wenig Emotionen, dafür aber mit deutlichen physiologischen Stressreaktionen oder ein ambivalentes Verhalten mit starkem emotionalem Ausdruck und der Unfähigkeit, aus der Nähe der Bindungsperson Sicherheit zu ziehen (Oerter und Montada 2008).

Eine adäquate Einbeziehung der Bindungspersonen, in unserem Falle der Eltern, kann demnach auf ein Kind mit sicherem Bindungsmuster hinweisen, welchem es gelingt, sich auf die fremde Situation einzulassen und die Untersuchung erfolgreich zu beenden. Für Kinder mit unsicherem Bindungsverhalten können die Eltern als Bindungspersonen nicht genügend Sicherheit bieten, ihre Einbeziehung kann sich inadäquat gestalten, die Angst vor dem was folgt kann Überhand gewinnen und die Untersuchung kann nicht erfolgreich beendet werden.

All diese Umstände zeigen deutlich die individuellen Unterschiede im Verhalten und Erleben von Kindern. Kinder mit ängstlichem Charakter schrecken vor einer unbekanntem Untersuchung eher zurück als weniger ängstliche Kinder. Ebenso kann es Kindern mit Konzentrationsschwierigkeiten und niedriger Aufmerksamkeitsspanne schwerer fallen, Gesprochenes zu verinnerlichen und sich gänzlich auf eine solche Art der Vorbereitung einzulassen.

Die Frage, ob die beiden Kinder, die die Studienteilnahme abbrachen, bei Zuteilung in die Kontrollgruppe gleichwertig auf die MR-Untersuchung reagiert hätten, bleibt offen. Um sichere Aussagen zum Bindungsverhalten und dessen Auswirkungen auf das Gelingen der Untersuchung treffen zu können, müsste man im Vorfeld der Studie eben dieses bei den Kindern überprüfen. Durch den *m*-YPAS-Beobachtungsbogen lassen sich zwar Rückschlüsse darauf ziehen, eine endgültig gesicherte Aussage ist allerdings nicht möglich.

Positiv hervorzuheben ist die hohe Erfolgsrate von 96 % gescannter Kinder. Damit liegt die Rate an erfolgreich untersuchten Kindern ohne Sedierung oder

7 Diskussion

Allgemeinanästhesie ähnlich hoch wie bei mittels Spieltherapie vorbereiteten Patienten bei Pressdee et al. (1997) (99,4 %) und höher als bei Raschle et al. (2009), welche Expositionstraining an einem Simulations-Tomographen vor einer funktionellen Magnetresonanztomographie (fMRT) einsetzten und 95 % der Patienten erfolgreich und sedierungsfrei dieser Untersuchung unterziehen konnten.

Für ortsansässige ambulante Patienten wurde bei Pressdee et al. (1997) einige Tage vor der Bildgebung ein Termin mit dem *Play Specialist* vereinbart, nicht-ortsansässige ambulante Patienten erhielten Vorbereitung und Bildgebung am selben Tag und stationäre Patienten wurden durch den *Play Specialist* auf Station aufgesucht. Auch wenn Angaben zur genauen zeitlichen Dauer dieser Art der Vorbereitung in der Studie fehlen, ist davon auszugehen, dass sie sich zeitaufwändiger gestaltete, als die der vorliegenden Studie. So entsteht z.B. durch an einem zusätzlichen Tag stattfindende Termine für ortsansässige Patienten ein zeitlicher Mehraufwand, der nicht immer geleistet werden kann. Auch das Aufsuchen von stationären Patienten zur Durchführung der umfangreichen Vorbereitung ist stark abhängig vom stationären Alltag und erfordert ein hohes Maß an Flexibilität bei Personen, die die Spieltherapie durchführen. Am ehesten praktikabel scheint das Vorgehen für nicht-ortsansässige Patienten zu sein, die wie in der vorliegenden Studie die Vorbereitung unmittelbar vor der Bildgebung erhielten.

Bei Raschle et al. stellte sich eine Zeit von insgesamt 2,5 Stunden (Vorbereitung plus Bildgebung, welche maximal 45-60 min. dauerte) als ausreichend für das Gelingen einer fMRT bei vier- bis sechsjährigen Kindern heraus. Sie setzten hierfür ein Protokoll ein, welches neben allgemeinen Richtlinien für experimentelle Studien die Vorbereitung mit und das Üben an einem Simulations-Tomographen enthielt. Entscheidender Unterschied zur vorliegenden Studie ist die Art der Bildgebung: strukturelle MRT in der vorliegenden Studie und funktionelle MRT bei Raschle et al., welche in der Regel ein zusätzliches Maß an Kooperation erfordert, was eventuell die geringfügig niedrigere Erfolgsrate erklären kann. Maßgebend für alle medizinischen Untersuchungen oder Eingriffe bei Kindern sollten in jedem Falle die allgemeinen Richtlinien sein, welche in diesem *Neuro-Imaging*-Protokoll aufgeführt wurden. Hierzu zählen u.a. die Minimierung der Bedrohung und Maximierung der Sicherheit durch freundliche, kindgerechte Umgebung und Einbeziehung der Bezugspersonen. Weiterhin sollten der Altersgruppe angemessene Rahmenbedingungen geschaffen

werden, wie kindgerechte Sprache bei Erklärungen oder frühes Korrigieren falscher Vorstellungen von der Untersuchung. Wichtig ist ebenso ein Eingehen auf den affektiven Zustand der Patienten. Weiterhin wird die Bereitschaft zur aktiven Zusammenarbeit durch spielerische Interaktionen gefördert. Die Wirksamkeit einer solchen Vorgehensweise wird auch in der vorliegenden Studie, in der die Vorbereitung mit den beiden Methoden diese instinktiv berücksichtigte, deutlich.

7.4.2 Die erlebte Angst der Studienteilnehmer

In der vorliegenden Studie wurde erstmals die Eignung des *KittenScanners* bei der Vorbereitung von Kindern im Vorschul- und jungem Schulalter auf eine MRT-Untersuchung ohne Sedierung/Narkose getestet. Als Kontrolle bzw. Goldstandard wurde die herkömmliche Methode zur Vorbereitung unter Zuhilfenahme des Buches „Paula in der Röhre“ ausgewählt. Die untersuchte Patientenklientel vom vollendeten dritten bis zum siebten Lebensjahr stellte eine sehr große Herausforderung dar, weil Kinder dieses Alters im medizinischen Alltag als sehr unkooperativ gelten. In der vergleichenden Studie konnte gezeigt werden, dass die Art der Vorbereitung auf die MRT-Untersuchung bei den Kindern auf die Ängstlichkeit vor und nach der MR-Untersuchung scheinbar keinen signifikanten Einfluss hatte. Andere Studien, in der die Interventionsgruppe einen sogenannten *Mock-Scanner* zur Vorbereitung nutzte, die Kontrollgruppe jedoch keine vergleichende Vorbereitung erhielt, konnten eine signifikant niedrigere Ängstlichkeit bei Kindern der Interventions- im Vergleich zu Kontrollgruppe feststellen (Morel et al. 2020, Rosenberg et al. 1997).

Das Ergebnis der vorliegenden Studie lässt sich möglicherweise dahingehend interpretieren, dass es gerade für jüngere Kinder keine Rolle spielt, mit welchem Medium ihnen eine MR-Untersuchung nahe gebracht wird, sondern vielmehr der Umstand bedeutend ist, dass sich Zeit genommen wird, die kleinen Patienten altersgerecht über die bevorstehende Untersuchung aufzuklären und darauf vorzubereiten. Sehr wichtig ist es, ihnen die Angst vor dem Unbekannten zu nehmen und spielerisch zu erklären, was sie bei der MRT-Untersuchung erwartet – ob mit Buch oder Spielzeug-Scanner – und wie sie sich während der Untersuchung verhalten sollen. Auch die Versicherung, dass die Untersuchung ihnen keine Schmerzen zufügen werde, trägt maßgeblich zur Beruhigung der Kinder bei. Die Möglichkeit des „Pieksens“ und einer intravenösen Injektion ist ein sehr großer angstauslösender

7 Diskussion

Faktor für Kinder (de Amorim e Silva et al. 2006, Morel et al. 2020, Rosenberg et al. 1997, Tyc et al. 1995).

In der vorliegenden Studie konnte mit zwei unterschiedlichen Messverfahren (*Talking Mats* und *Child Anxiety Meter*) in beiden Gruppen nach stattgehabter MR-Untersuchung eine Abnahme der subjektiv empfundenen Angst verzeichnet werden. In der vergleichenden statistischen Betrachtung der Gruppen erwies sich der Unterschied in der Abnahme der Angst zwischen diesen zwar als nicht signifikant, dennoch muss festgehalten werden, dass bei Betrachtung der Abnahme innerhalb der eigenen Gruppe Kinder der Interventionsgruppe eine signifikant niedrigere Angst als vor der Untersuchung aufwiesen, während die Angst der Kontrollgruppe nur tendenziell abnahm. Zudem lieferte die Beobachtung mittels *modified Yale Preoperative Anxiety Scale* zum Zeitpunkt vor der Intervention (*m-YPAS* t_0) im Gruppenvergleich in der *KittenScanner*-Gruppe signifikant höhere Werte. Zum Zeitpunkt nach der Intervention und unmittelbar vor der Untersuchung (*m-YPAS* t_2) war kein signifikanter Unterschied mehr zu verzeichnen. Dementsprechend sank von t_0 bis t_2 der Erregungszustand der Kinder der *KittenScanner*-Gruppe. Diese beiden Umstände können auf die Vorbereitung mit dem *KittenScanner* zurückzuführen sein.

Die Vorbereitung mittels *KittenScanner* und die damit verbundene Reduktion der Angst sowie des Erregungszustandes könnte zudem neue Möglichkeiten bei etwaigen Folgeuntersuchungen eröffnen: das Kind, das den *KittenScanner* bereits kennt, könnte in erwartungsfroher Haltung erneut mit diesem spielen zu dürfen, auf eine eventuell nötige Folgeuntersuchung mit geringerer Angst und höherer Compliance reagieren.

7.4.3 Die subjektive Bildqualität der MRT-Untersuchung

Insgesamt lagen 97 % der MR-Serien im diagnostisch aussagekräftigen Bereich, weshalb davon auszugehen ist, dass beide Methoden in der Vorbereitung wirksam sind und in Ergebnissen resultieren, mit denen aufgrund ausreichender Bildqualität eine korrekte Bild-Diagnose gestellt werden kann. Hier decken sich die Ergebnisse dieser Arbeit mit der Literatur, in der durch Expositions-Training am Simulations-Tomographen ebenfalls hohe Raten von 90-98 % an diagnostisch aussagekräftigen Bildern erreicht werden konnten (Barnea-Goraly et al. 2014, Carter et al. 2010, de Amorim e Silva et al. 2006, de Bie et al. 2010, Hallowell et al. 2008). Auch die von

Cejda et al. (2012) eingesetzte Spieltherapie erwies sich mit 91 % diagnostisch aussagekräftigen Aufnahmen als effektiv.

Die vergleichende Auswertung der Qualität der radiologischen Bilder zwischen den Gruppen zeigte keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Vorbereitungsarten. Tendenziell wiesen die Aufnahmen von Patienten, die mit dem Buch vorbereitet wurden, häufiger als die Aufnahmen von Patienten, die mit dem *KittenScanner* vorbereitet wurden, in der subjektiven Beurteilung keine Bewegungsartefakte auf. Die Rate an geringen Bewegungsartefakten war entsprechend in der Interventionsgruppe höher als in der Kontrollgruppe. Dies könnte möglicherweise darin begründet liegen, dass in der Interventionsgruppe von Beginn an eine größere Situations-Angst der Patienten vorlag. Bei Kindern mit Auffälligkeiten im Verhalten ist mit mehr Bewegungsartefakten als bei solchen ohne dergleichen zu rechnen (Hallowell et al. 2008). Nichtsdestotrotz waren in der Kontrollgruppe mehr MR-Serien mit exzessiven Bewegungsartefakten zu verzeichnen, die als nicht diagnostisch aussagekräftig galten. Die Sequenz „T1 SE transversal“ war in der Kontrollgruppe in 10 % der Fälle aufgrund exzessiver Bewegungsartefakte nicht beurteilbar, wohingegen sie in der Interventionsgruppe in allen Fällen als diagnostisch aussagekräftig beurteilt wurde. Betrachtet man die MR-Serien aller drei Sequenzen hinsichtlich kritischer Bewegungsartefakte, also moderate und exzessive Bewegungsartefakte und somit annehmbare und schlechte Qualität zusammengefasst, ist herauszuheben, dass diese in der Interventionsgruppe niedriger war, Kinder, die mit *dem KittenScanner* vorbereitet wurden, also insgesamt eine höhere Anzahl an Bildern mit exzellenter und guter Qualität aufwiesen.

7.4.4 Die objektive Bildqualität

Aufgrund des streng klinischen Charakters der MRT-Untersuchungen mit an die jeweilige Fragestellung und die bei der Untersuchung erhobenen Befunde angepassten Sequenzen und deren Einstellungen, lagen teilweise unterschiedliche Parameter, die das Signal-zu-Rausch-Verhältnis (*SNR*) beeinflussen könnten, vor. Um den Vergleich der Werte zwischen den Gruppen dennoch möglichst fair zu gestalten und mögliche ins Gewicht fallende Ungleichheiten zu beseitigen, wurde eine lineare Regressionsanalyse durchgeführt, die die statistische Korrektur der Anwesenheit dieser Störgrößen ermöglichen sollte. Schichtdicke und Repetitionszeit erwiesen sich

7 Diskussion

anschließend in zwei Sequenzen als tatsächlich signifikante Einflussfaktoren auf die errechneten Größen. Durch die Regressionsanalyse konnte dies jedoch berücksichtigt und die Gruppen nichtsdestotrotz vergleichbar gemacht werden.

Im Ergebnis ließen sich in den Sequenzen „T2 FLAIR transversal“ sowie „T1 SE transversal“ zwar keine signifikanten Unterschiede feststellen. Tendenziell ergaben sich aber schlechtere Ergebnisse für die Teilnehmer der Interventionsgruppe.

Lediglich die Sequenz „T2 TSE sagittal“ zeigte einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen auf mit resultierend schlechterer Bildqualität in der Gruppe der Patienten, die mit dem *KittenScanner* vorbereitet wurde. Die Tatsache, dass das Verfahren der subjektiven Bildbeurteilung in dieser Sequenz keine signifikanten Unterschiede vorweisen konnte, ist so zu beurteilen, dass es sich um zwei unterschiedliche, nicht kongruente Messverfahren handelt und es deshalb zu unterschiedlichen Aussagen in der Signifikanz kommen kann.

Trotz des tendenziell schlechteren Ergebnisses in der Qualität der radiologischen Bilder der Interventionsgruppe, ist nicht davon auszugehen, dass die Vorbereitung mittels *KittenScanner* keinen positiven Einfluss auf das Gesamtergebnis hat. Die MRT-Untersuchungen wiesen in der Mehrzahl der Fälle eine mindestens annehmbar gute Qualität auf, um anhand ihrer eine Diagnose zu stellen.

7.5 Limitationen und Einschränkungen im Studiendesign und Verbesserungsvorschläge

Unsere Studie weist einige Limitationen auf: Es wurden zwei verschiedene Interventionsverfahren in der Vorbereitung auf eine MRT-Untersuchung bei kleinen Kindern verglichen; eine Gruppe ohne irgendeine Form der Vorbereitung existierte nicht. Aus ethischen Gründen konnte es keine Gruppe ohne jegliche Art der Vorbereitung geben. Ob eine MR-Untersuchung ohne jegliche Vorbereitung und Sedierung in dieser Altersgruppe überhaupt möglich wäre und wie deren Ergebnisse aussähen, bleibt daher offen. Ferner wurde bei den Patienten lediglich das Neurokranium untersucht. Es ist zu vermuten, dass eine gezielte Vorbereitung auf eine anstehende MR-Untersuchung auch bei der Bildgebung anderer Organe zu subjektiv und objektiv gut verwertbarem Bildmaterial führt. Die Untersuchung anderer Körperregionen könnte sogar im Vorfeld weniger angstassoziiert sein, als die des

Schädels. So verbleibt z.B. bei der Bildgebung der unteren Extremität der Kopf außerhalb des Scanners, wodurch weniger das Gefühl des „lebendig begraben Werdens“ entsteht. Andererseits stellt die Bildgebung von Körperteilen wie z.B. des Abdomens, bei welcher die Patienten aktiv mitarbeiten müssen (Luftanhalten, Atemkommandos) insbesondere für die sehr jungen Kinder eine andere Herausforderung dar, die in weiteren Studien untersucht werden sollte.

Der *KittenScanner* verfügt nicht über die Nachahmung der tatsächlichen Geräusche des realen Scanners. Diese lauten klopfenden Geräusche machen Kindern oft Angst (Edwards und Arthurs 2011). Die Literatur ist sich uneinig, was die Effektivität der Nachahmung der realen Geräusche angeht: während Pressdee et al. (1997) feststellten, dass das Abspielen eines Bandes mit Aufnahmen der Geräusche eines MR-Tomographen vor der Untersuchung hilft, die Kinder zu desensibilisieren und den Angstpegel zu senken, kamen Rosenberg et al (1997) zu dem Ergebnis, dass abgespielte Geräusche eines Tomographen keinen messbaren Effekt auf das Ergebnis der Untersuchung hatten. Inzwischen haben sich unter anderem auf YouTube Lehrvideos verbreitet, die Patienten auf eine radiologische Untersuchung vorbereiten sollen. In 87,5 % der verfügbaren edukativen Videos zur MRT werden die vom Tomographen verursachten lauten Geräusche erwähnt. (Rosenkrantz et al. 2016). Welche Auswirkung dies auf die Ängstlichkeit der Patienten hat, wurde allerdings nach aktuellem Kenntnisstand bisher in keiner Studie explizit untersucht. Lässt man jedoch Kinder im Vorfeld der Untersuchung ein kurzes Video ansehen, welches das Prozedere einer MR-Untersuchung kindgerecht erklärt und auch die ungewohnten lauten Geräusche eines Tomographen abspielt, trägt dies zumindest zu einem besseren Verständnis der MR-Untersuchung bei (Hogan et al. 2018). Es bleibt demnach offen, ob die Erfolgsquote in unserer Studie höher läge, wenn die Kinder sich im Vorfeld der Untersuchung mit den Geräuschen vertraut gemacht hätten. Ein negativer Effekt wäre zumindest nicht zu erwarten.

Da in der Literatur aufgezeigt wurde, dass das Anhören von Musik als Coping-Strategie bei Ängstlichkeit erfolgreich eingesetzt werden kann (Tornqvist et al. 2006) und bei medizinischen Eingriffen die Ängstlichkeit von Kindern durch das Anhören einer Fantasiereise abnimmt (Smart 1997), wurde den Kindern in unserer Studie angeboten, über Kopfhörer eine CD während der MR-Untersuchung anzuhören. Sie hatten hierbei die Auswahl zwischen Musik oder Hörspielen. Es entschieden sich

7 Diskussion

jedoch nicht alle Kinder dafür, während der Untersuchung eines von beiden zu hören. Dies könnte als Störfaktor betrachtet werden und sollte in weiteren Studien berücksichtigt werden.

Kinder fühlen sich in einer fremden Umgebung oft unwohl. Die Krankenhausatmosphäre trägt dazu bei – ein technisch geprägter MRT-Untersuchungsraum entspricht dieser Kühle. Deshalb könnte man versuchen, in Zukunft den MR-Scannerraum kindgerechter und entsprechend freundlicher zu gestalten. In verschiedenen Studien konnte aufgezeigt werden, dass durch ein kinderfreundliches Gestalten (Anpassung der Lichtverhältnisse, sowie die Projektion von sich bewegenden Lichtbildern) der Umgebung die Rate der Sedierung reduziert werden konnte (Edwards und Arthurs 2011). Das Wartezimmer könnte zudem z.B. eine speziell ausgestaltete Kinderecke mit bunter Wandfarbe bekommen, worin sich der *KittenScanner* und der Bildschirm besser einfügen könnten.

Bei manchen Studienteilnehmern konnten die Eltern nicht mit im Raum anwesend sein, was zu einer Ungleichheit der Gruppen beitrug. In Zukunft sollte im Vorfeld darauf geachtet werden, dass mindestens ein Elternteil während der Untersuchung bei dem Kind sein kann, um solche ungleichen Verteilungen zu vermeiden. Die Alternative, kein Elternteil anwesend sein zu lassen, erscheint aufgrund des jungen Alters und des vorwiegend positiven Einflusses der Anwesenheit der Eltern, wie auch in vorherigen Studien belegt werden konnte, als wenig zielführend.

Interessant für die Betrachtung der Effektivität der Vorbereitung wäre zudem die Erfassung der Ängstlichkeit vor der jeweiligen Intervention und deren Änderung nach der Intervention, um einen unmittelbaren Effekt der Vorbereitung festzustellen. Dies wurde im Studienprotokoll jedoch nicht erfasst, sollte in weiteren Studien aber berücksichtigt werden. Auch schienen viele Kinder eventuell aufgrund des analogen Charakters das *Child Anxiety Meter* nicht gänzlich zu verstehen, weshalb dieses Messinstrument bei weiteren Studien wahrscheinlich vernachlässigt werden kann.

Weiterhin variierte die Untersuchungszeit zwischen den Patienten. In weiteren Studien sollte auf eine einheitliche Untersuchungszeit geachtet werden. Voraussetzung dafür ist allerdings, dass alle MRT-Untersuchungen dann über ein festes Protokoll mit konstanter Anzahl an Sequenzen und entsprechend exakt vergleichbarer Untersuchungsdauer verfügen. In der vorliegenden Studie war dies aufgrund des

7 Diskussion

streng klinischen Charakters der MRT-Untersuchungen mit an die jeweilige Fragestellung und die bei der Untersuchung erhobenen Befunde angepasster Sequenzfolge nicht möglich. So variierte die Untersuchungsdauer erheblich, was großen Einfluss auf die subjektive Einschätzung der Kinder bezüglich des Unwohlseins während und nach der Untersuchung haben dürfte.

8 Schlussfolgerung

In dieser Studie wurde die bislang als Standard am Universitätsklinikum Jena eingesetzte Methode der Vorbereitung auf eine MRT-Untersuchung bei jungen Patienten mit dem Buch „Paula in der Röhre“ mit einer neuen innovativen Vorbereitung durch den *KittenScanner* verglichen. Das Patientenkollektiv umfasste Kinder im Alter von drei bis sechs Jahren.

Das Buch „Paula in der Röhre“ erzählt die Geschichte der Schülerin Paula, die sich beim gemeinsamen Baden mit ihren Freunden eine Kopfverletzung zuzog und zur Abklärung von Folgen der Verletzung einer Magnetresonanztomographie (MRT) unterzogen werden sollte. Paula äußert vor der Untersuchung die Bedenken und Fragen, die ein Kind in Bezug auf die ihr unbekanntere Untersuchung haben könnte. Die verständnisvollen Ärzte der Geschichte halfen ihr, die Fragen zu klären und die Bedenken zu zerstreuen. Durch Vorlesen oder gemeinsames Anschauen der anschaulich bebilderten Geschichte soll auf kindgerechte Art und Weise kleinen Patienten die Angst vor der MRT gemindert und die Notwendigkeit der Untersuchung verdeutlicht werden.

Der *KittenScanner* wurde von der Firma Philips für den Einsatz im MRT-Wartebereich entwickelt, um Kinder auf eine bevorstehende Untersuchung vorzubereiten. Durch das Spiel mit dem Miniatur-MRT wird die Aufmerksamkeit der Patienten gefördert und ihre Neugier geweckt. Durch diese Art der Ablenkung sollen negative Gefühle bezüglich der anstehenden Untersuchung in den Hintergrund gerückt werden, während Entspannung und Fröhlichkeit die Oberhand gewinnen. Gleichzeitig wird den Kindern ein Gefühl der Kontrolle über die Situation vermittelt. Indem sie im Rollenspiel selbst bestimmen, wie die „Untersuchung“ mit ihrem Kuscheltier ablaufen soll, wird die Angst vor dem Unbekannten reduziert. Durch die interaktive Funktionsweise des *KittenScanners* werden die jungen Patienten effektiv auf die MRT-Untersuchung vorbereitet und wissen, was sie erwartet. Dadurch kann es ihnen leichter fallen, den Anweisungen des Personals Folge zu leisten und still zu liegen. Insgesamt sollen so die Chancen auf eine erfolgreiche MRT-Untersuchung ohne Sedierung gesteigert werden. Auch für eventuelle Folgeuntersuchungen kann der *KittenScanner* einen Vorteil bieten: Kinder könnten weniger Angst zeigen und besser kooperieren, wenn sie wissen, dass sie erneut mit dem *KittenScanner* spielen dürfen.

8 Schlussfolgerung

Diese prospektive Studie konnte zeigen, dass es möglich ist, Kinder im Vorschul- und jungem Schulalter ohne Sedierung erfolgreich einer MRT-Untersuchung zu unterziehen. Voraussetzung hierfür ist eine kindgerecht gestaltete zeitintensive Vorbereitung auf die anstehende Untersuchung durch geschultes Personal. Wie genau diese Vorbereitung letztendlich aussieht, ob z.B. mittels eines Buches oder eines Miniatur-MRT bzw. Modell-Scanners wie in der Studie, bleibt abhängig von der Erfahrung und den verfügbaren Ressourcen.

In der aktuellen Studie konnte mit beiden Verfahren gezeigt werden, dass Kindern bei entsprechender Vorbereitung die Angst vor der MRT genommen bzw. sie vermindert werden kann. Die Abnahme der Angst zeigte sich in der Gruppe der Kinder, die mit dem *KittenScanner* vorbereitet wurden, höher als in der Gruppe der Kinder, die mit dem Buch vorbereitet wurden. Weiterhin war im Verlauf der Studie eine Verminderung des Erregungszustandes in der *KittenScanner-Gruppe* zu verzeichnen. Weniger subjektiv empfundene Angst und weniger psychomotorische Erregung erhöht entsprechend die Aussicht auf ein gutes Ergebnis der MRT-Untersuchung. So gingen beide Verfahren dieser Studie mit einer hohen Anzahl an diagnostisch aussagekräftigen Bildern einher. MR-Serien von Kindern, die mit dem *KittenScanner* vorbereitet wurden, zeigten eine geringere Anzahl an moderaten und exzessiven Bewegungsartefakten.

Schlussfolgernd lässt sich sagen, dass die Vorbereitung mit dem *KittenScanner* ein Benefit für eine erfolgreiche Untersuchung und aussagekräftige Bilder darstellen kann. Insgesamt scheint es sinnvoll, in eine kindgerechte Vorbereitung der Patienten auf die MRT-Untersuchung zu investieren und einen Versuch ohne Sedierung zu wagen.

9 Literatur- und Quellenverzeichnis

- Aksoy M, Forman C, Straka M, Cukur T, Hornegger J, Bammer R. 2012. Hybrid prospective and retrospective head motion correction to mitigate cross-calibration errors. *Magnetic Resonance in Medicine*, 67 (5):1237-1251.
- Alibek S, Adamietz B, Cavallaro A, Stemmer A, Anders K, Kramer M, Bautz W, Staatz G. 2008. Contrast-enhanced T1-weighted fluid-attenuated inversion-recovery BLADE magnetic resonance Imaging of the brain: An alternative to spin-echo technique for detection of brain lesions in the unsedated pediatric patient? *Academic Radiology*, 15 (8):986-995.
- Alkadhi H, Leschka S, Stolzmann P, Scheffel H. 2011. *Wie funktioniert CT? Eine Einführung in Physik, Funktionsweise und klinische Anwendungen der Computertomographie*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag.
- Arlachov Y, Ganatra RH. 2012. Sedation/anaesthesia in paediatric radiology. *Br J Radiol*, 85 (1019):e1018-1031.
- Ashley WW, McKinstry RC, Leonard JR, Smyth MD, Lee BC, Park TS. 2005. Use of rapid-sequence magnetic resonance imaging for evaluation of hydrocephalus in children. *Journal of Neurosurgery*, 103 (2):124-130.
- Atkinson D, Hill DLG, Stoye PNR, Summers PE, Clare S, Bowtell R, Keevil SF. 1999. Automatic compensation of motion artifacts in MRI. *Magnetic Resonance in Medicine*, 41 (1):163-170.
- Aydin O, Balikci K, Cokmus FP, Aydin PU. 2019. The evaluation of metacognitive beliefs and emotion recognition in panic disorder and generalized anxiety disorder: effects on symptoms and comparison with healthy control. *Nordic Journal of Psychiatry*, 73 (4-5):293-301.
- Bangard C, Paszek J, Berg F, Eyl G, Kessler J, Lackner K, Gossmann A. 2007. MR imaging of claustrophobic patients in an open 1.0 T scanner: Motion artifacts and patient acceptability compared with closed bore magnets. *European Journal of Radiology*, 64 (1):152-157.
- Barnea-Goraly N, Weinzimer SA, Ruedy KJ, Mauras N, Beck RW, Marzelli MJ, Mazaika PK, Aye T, White NH, Tsalikian E, Fox L, Kollman C, Cheng P, Reiss AL. 2014. High success rates of sedation-free brain MRI scanning in young children using simple subject preparation protocols with and without a

9 Literatur- und Quellenverzeichnis

- commercial mock scanner--the Diabetes Research in Children Network (DirecNet) experience. *Pediatr Radiol*, 44 (2):181-186.
- Bartels M, Althoff RR, Boomsma DI. 2009. Anesthesia and Cognitive Performance in Children: No Evidence for a Causal Relationship. *Twin Research and Human Genetics*, 12 (3):246-253.
- Becke K, Schreiber M, Philippi-Hohne C, Strauss J, Engelhard K, Sinner B. 2013. [Anesthesia-induced neurotoxicity: statement of the scientific working groups for pediatric anesthesia and neuroanesthesia]. *Anaesthesist*, 62 (2):101-104.
- Bundesärztekammer. 2000. Leitlinien der Bundesärztekammer zur Qualitätssicherung der Magnet-Resonanz-Tomographie. *Deutsches Ärzteblatt*, 97 (Heft 39):A 2557-A 2568.
- Carter AJ, Greer MLC, Gray SE, Ware RS. 2010. Mock MRI: reducing the need for anaesthesia in children. *Pediatric Radiology*, 40 (8):1368-1374.
- Cejda KR, Smeltzer MP, Hansbury EN, McCarville ME, Helton KJ, Hankins JS. 2012. The impact of preparation and support procedures for children with sickle cell disease undergoing MRI. *Pediatr Radiol*, 42 (10):1223-1228.
- Cote CJ, Wilson S, Pediat AA, Dent AAP. 2016. Guidelines for Monitoring and Management of Pediatric Patients Before, During, and After Sedation for Diagnostic and Therapeutic Procedures: Update 2016. *Pediatrics*, 138 (1).
- Dammann F, Bootz F, Cohnen M, Hassfeld S, Tatagiba M, Kosling S. 2014. Diagnostic Imaging Modalities in Head and Neck Disease. *Deutsches Ärzteblatt International*, 111 (23-24):417-423.
- de Amorim e Silva CJ, Mackenzie A, Hallowell LM, Stewart SE, Ditchfield MR. 2006. Practice MRI: reducing the need for sedation and general anaesthesia in children undergoing MRI. *Australas Radiol*, 50 (4):319-323.
- de Bie HM, Boersma M, Wattjes MP, Adriaanse S, Vermeulen RJ, Oostrom KJ, Huisman J, Veltman DJ, Delemarre-Van de Waal HA. 2010. Preparing children with a mock scanner training protocol results in high quality structural and functional MRI scans. *Eur J Pediatr*, 169 (9):1079-1085.
- Dean DC, 3rd, Dirks H, O'Muircheartaigh J, Walker L, Jerskey BA, Lehman K, Han M, Waskiewicz N, Deoni SC. 2014. Pediatric neuroimaging using magnetic resonance imaging during non-sedated sleep. *Pediatr Radiol*, 44 (1):64-72.

9 Literatur- und Quellenverzeichnis

- DiMaggio C, Sun LNS, Li GH. 2011. Early Childhood Exposure to Anesthesia and Risk of Developmental and Behavioral Disorders in a Sibling Birth Cohort. *Anesthesia and Analgesia*, 113 (5):1143-1151.
- Edwards AD, Arthurs OJ. 2011. Paediatric MRI under sedation: is it necessary? What is the evidence for the alternatives? *Pediatr Radiol*, 41 (11):1353-1364.
- Eker HE, Cok OY, Cetinkaya B, Aribogan A. 2017. Oral 30% glucose provides sufficient sedation in newborns during MRI. *Journal of Anesthesia*, 31 (2):206-211.
- Ersig AL, Kleiber C, McCarthy AM, Hanrahan K. 2013. Validation of a clinically useful measure of children's state anxiety before medical procedures. *J Spec Pediatr Nurs*, 18 (4):311-319.
- Gale C, Jeffries S, Logan KM, Chappell KE, Uthaya SN, Modi N. 2013. Avoiding sedation in research MRI and spectroscopy in infants: our approach, success rate and prevalence of incidental findings. *Archives of Disease in Childhood-Fetal and Neonatal Edition*, 98 (3):F267-F268.
- Hallowell LM, Stewart SE, de Amorim ESCT, Ditchfield MR. 2008. Reviewing the process of preparing children for MRI. *Pediatr Radiol*, 38 (3):271-279.
- Harned RK, 2nd, Strain JD. 2001. MRI-compatible audio/visual system: impact on pediatric sedation. *Pediatr Radiol*, 31 (4):247-250.
- Hartmann JH, Bena J, McIntyre S, Albert NM. 2009. Does a Photo Diary Decrease Stress and Anxiety in Children Undergoing Magnetic Resonance Imaging? A Randomized, Controlled Study. *J Radiol Nurse*, 28:122-128.
- Heller BJ, Yudkowitz, Francine S., Lipson, Scott. 2017. Can we reduce anesthesia exposure? Neonatal brain MRI: Swaddling vs. sedation, a national survey. *Journal of Clinical Anesthesia*, 38:119-122.
- Heyer CM, Lemburg SP, Sterl S, Holland-Letz T, Nicolas V. 2012. [Dispensing with sedation in pediatric MR imaging of the brain: what is feasible?]. *Rofo*, 184 (11):1034-1042.
- Hogan D, DiMartino T, Liu JF, Mastro KA, Larson E, Carter E. 2018. Video-based Education to Reduce Distress and Improve Understanding among Pediatric MRI Patients: A Randomized Controlled Study. *Journal of Pediatric Nursing-Nursing Care of Children & Families*, 41:48-53.
- Horeczko T, Mahmoud MA. 2016. The sedation mindset: philosophy, science, and practice. *Current Opinion in Anesthesiology*, 29:S48-S55.

9 Literatur- und Quellenverzeichnis

- Johnson K, Page A, Williams H, Wassemer E, Whitehouse W. 2002. The use of melatonin as an alternative to sedation in uncooperative children undergoing an MRI examination. *Clinical Radiology*, 57 (6):502-506.
- Kada S, Satinovic M, Booth L, Miller PK. 2019. Managing discomfort and developing participation in non-emergency MRI: Children's coping strategies during their first procedure. *Radiography*, 25 (1):10-15.
- Kain ZN, Mayes LC, Cicchetti DV, Bagnall AL, Finley JD, Hofstadter MB. 1997. The Yale Preoperative Anxiety Scale: how does it compare with a "gold standard"? *Anesth Analg*, 85 (4):783-788.
- Kalkman CJ, Peelen L, Moons KG, Veenhuizen M, Bruens M, Sinnema G, de Jong TP. 2009. Behavior and Development in Children and Age at the Time of First Anesthetic Exposure. *Anesthesiology*, 110 (4):805-812.
- Katz RC, Wilson L, Frazer N. 1994. Anxiety and Its Determinants in Patients Undergoing Magnetic-Resonance-Imaging. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 25 (2):131-134.
- Koch BL. 2008. Avoiding sedation in pediatric radiology. *Pediatr Radiol*, 38 Suppl 2:S225-226.
- Lemaire C, Moran GR, Swan H. 2009. Impact of audio/visual systems on pediatric sedation in magnetic resonance imaging. *J Magn Reson Imaging*, 30 (3):649-655.
- Lerwick J. 2016. Minimizing pediatric healthcare-induced anxiety and trauma. *World Journal of Clinical Pediatrics*, 5:143-150.
- Loepke AW, Soriano SG. 2008. An assessment of the effects of general anesthetics on developing brain structure and neurocognitive function. *Anesthesia and Analgesia*, 106 (6):1681-1707.
- Mahmoud MA, Mason KP. 2016. A forecast of relevant pediatric sedation trends. *Current Opinion in Anesthesiology*, 29:S56-S67.
- Malviya S, Voepel-Lewis T, Prochaska G, Tait AR. 2000a. Prolonged recovery and delayed side effects of sedation for diagnostic imaging studies in children. *Pediatrics*, 105 (3).
- Malviya S, Voepel-Lewis T, Eldevik OP, Rockwell DT, Wong J, Tait A. 2000b. Sedation and general anaesthesia in children undergoing MRI and CT: adverse events and outcomes. *British journal of anaesthesia*, 84 (6):743-748.

9 Literatur- und Quellenverzeichnis

- Marshall SP, Smith MS, Weinberger E. 1995. Perceived Anxiety of Pediatric-Patients to Magnetic-Resonance. *Clinical Pediatrics*, 34 (1):59-60.
- McGee K. 2003. The role of a child life specialist in a pediatric radiology department. *Pediatric Radiology*, 33 (7):467-474.
- McGuirt D. 2016. Alternatives to Sedation and General Anesthesia in Pediatric Magnetic Resonance Imaging: A Literature Review. *Radiol Technol*, 88 (1):18-26.
- Miller S. 2000. Researching children: issues arising from a phenomenological study with children who have diabetes mellitus. *Journal of Advanced Nursing*, 31 (5):1228-1234.
- Morel B, Andersson F, Samalvide M, Binninger G, Carpentier E, Sirinelli D, Cottier JP. 2020. Impact on child and parent anxiety level of a teddy bear-scale mock magnetic resonance scanner. *Pediatr Radiol*, 50 (1):116-120.
- Nilsson S, Buchholz M, Thunberg G. 2012. Assessing Children's Anxiety Using the Modified Short State-Trait Anxiety Inventory and Talking Mats: A Pilot Study. *Nurs Res Pract*, 2012:932570.
- Nordahl CW, Simon TJ, Zierhut C, Solomon M, Rogers SJ, Amaral DG. 2008. Brief report: Methods for acquiring structural MRI data in very young children with autism without the use of sedation. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38 (8):1581-1590.
- Oerter R, Montada L, Hrsg. 2008. *Entwicklungspsychologie*. 6 Aufl. 69469 Weinheim: Beltz Verlagsgruppe.
- Parad RB. 2018. Non-sedation of the neonate for radiologic procedures. *Pediatric Radiology*, 48 (4):524-530.
- Pearce MS, Salotti JA, Little MP, McHugh K, Lee C, Kim KP, Howe NL, Ronckers CM, Rajaraman P, Craft AW, Parker L, de Gonzalez AB. 2012. Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study. *Lancet*, 380 (9840):499-505.
- Philippi-Höhne C, Becke K, Wulff B, Schmitz B, Strauß J, Reinhold P. 2010. Analgesiedierung für diagnostische und therapeutisch Maßnahmen im Kindesalter. Entschließung der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin und des Berufsverbandes Deutscher Anästhesisten. *Anästhesiologie & Intensivmedizin*, 51:e603-614.

9 Literatur- und Quellenverzeichnis

- Pressdee D, May L, Eastman E, Grier D. 1997. The use of play therapy in the preparation of children undergoing MR imaging. *Clinical Radiology*, 52 (12):945-947.
- Quirk ME, Letendre AJ, Ciottone RA, Lingley JF. 1989. Anxiety in Patients Undergoing Mr Imaging. *Radiology*, 170 (2):463-466.
- Raschle NM, Lee M, Buechler R, Christodoulou JA, Chang M, Vakil M, Stering PL, Gaab N. 2009. Making MR imaging child's play - pediatric neuroimaging protocol, guidelines and procedure. *J Vis Exp*, (29).
- Roback MG, Carlson DW, Babl FE, Kennedy RM. 2016. Update on pharmacological management of procedural sedation for children. *Current Opinion in Anesthesiology*, 29:S21-S35.
- Rosenberg DR, Sweeney JA, Gillen JS, Kim J, Varanelli MJ, O'Hearn KM, Erb PA, Davis D, Thulborn KR. 1997. Magnetic resonance imaging of children without sedation: Preparation with simulation. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 36 (6):853-859.
- Rosenkrantz AB, Won E, Doshi AM. 2016. Assessing the Content of YouTube Videos in Educating Patients Regarding Common Imaging Examinations. *Journal of the American College of Radiology*, 13 (12):1509-1513.
- Singh RK, Smith JT, Wilkinson ID, Griffiths PD. 2003. Ultrafast MR imaging in pediatric neuroradiology. *Acta Radiologica*, 44 (5):550-557.
- Sinner B, Becke K, Engelhard K. 2014. General anaesthetics and the developing brain: an overview. *Anaesthesia*, 69 (9):1009-1022.
- Smart G. 1997. Helping children relax during magnetic resonance imaging. *MCN Am J Matern Child Nurs*, 22 (5):236-241.
- Sun L. 2010. Early childhood general anaesthesia exposure and neurocognitive development. *British Journal of Anaesthesia*, 105:161-168.
- Tornqvist E, Mansson A, Hallstrom I. 2015. Children having magnetic resonance imaging: A preparatory storybook and audio/visual media are preferable to anesthesia or deep sedation. *J Child Health Care*, 19 (3):359-369.
- Tornqvist E, Mansson A, Larsson EM, Hallstrom I. 2006. It's like being in another world - patients' lived experience of magnetic resonance imaging. *Journal of Clinical Nursing*, 15 (8):954-961.

9 Literatur- und Quellenverzeichnis

- Tsiflikas I, Obermayr F, Werner S, Teufel M, Fuchs J, Schafer JF. 2019. Functional magnetic resonance urography in infants: feasibility of a feed-and-sleep technique. *Pediatr Radiol*, 49 (3):351-357.
- Tyc VL, Fairclough D, Fletcher B, Leigh L, Mulhern RK. 1995. Children's distress during magnetic resonance imaging procedures. *Child Health Care*, 24 (1):5-19.
- Ureta-Velasco N, Martinez-de Aragon A, Moral-Pumarega MT, Nunez-Enamorado N, Bergon-Sendin E, Pallas-Alonso CR. 2015. Magnetic resonance imaging without sedation in neonates. *Anales De Pediatria*, 82 (5):354-359.
- Vertinsky AT, Rubesova E, Krasnokutsky MV, Bammer S, Rosenberg J, White A, Barnes PD, Bammer R. 2009. Performance of PROPELLER relative to standard FSE T2-weighted imaging in pediatric brain MRI. *Pediatric Radiology*, 39 (10):1038-1047.
- Volle E, Park W, Kaufmann HJ. 1996. MRI examination and monitoring of pediatric patients under sedation. *Pediatric Radiology*, 26 (4):280-281.
- von Kalle T, Blank B, Fabig-Moritz C, Muller-Abt P, Zieger M, Wohlfarth K, Winkler P. 2009. Reduced artefacts and improved assessment of hyperintense brain lesions with BLADE MR imaging in patients with neurofibromatosis type 1. *Pediatric Radiology*, 39 (11):1216-1222.
- von Ungern-Sternberg BS, Boda K, Chambers NA, Rebmann C, Johnson C, Sly PD, Habre W. 2010. Risk assessment for respiratory complications in paediatric anaesthesia: a prospective cohort study. *Lancet*, 376 (9743):773-783.
- Warner DO, Zaccariello MJ, Katusic SK, Schroeder DR, Hanson AC, Schulte PJ, Buenvenida SL, Gleich SJ, Wilder RT, Sprung J, Hu DQ, Voigt RG, Paule MG, Chelonis JJ, Flick RP. 2018. Neuropsychological and Behavioral Outcomes after Exposure of Young Children to Procedures Requiring General Anesthesia The Mayo Anesthesia Safety in Kids (MASK) Study. *Anesthesiology*, 129 (1):89-105.
- Webster CS, Mason KP, Shafer SL. 2016. Threats to safety during sedation outside of the operating room and the death of Michael Jackson. *Current Opinion in Anesthesiology*, 29:S36-S47.
- Weishaupt D, Köchli VD, Marincek B. 2009. *Wie funktioniert MRI? Eine Einführung in Physik und Funktionsweise der Magnetresonanztomographie*. 6. Aufl. Heidelberg: Springer Medizin.

9 Literatur- und Quellenverzeichnis

Zaitsev M, Dold C, Sakas G, Hennig J, Speck O. 2006. Magnetic resonance imaging of freely moving objects: Prospective real-time motion correction using an external optical motion tracking system. *Neuroimage*, 31 (3):1038-1050.

10 Anhang

10.1 Psychologische Testung: Beobachtungs- und Fragebögen

10.1.1 Die *modified Yale Preoperative Anxiety Scale*

ID: _____ Datum: _____ erster Eindruck vor Scan

Aktivität

<input type="radio"/>	1. Schaut sich um, neugierig, spielt mit Spielsachen, liest (bzw. zeigt anderes altersentsprechendes Verhalten); bewegt sich im Aufenthaltsraum/ Behandlungszimmer umher, um Spielsachen zu holen oder um zu den Eltern zu gehen; geht zur Einrichtung/ Equipment des Behandlungszimmers
<input type="radio"/>	2. Erkundet oder spielt nicht, schaut nach unten, spielt mit seinen Fingern oder lutscht am Daumen (Decke); während das Kind wartet sitzt es nah bei den Eltern oder sein Spielen hat eindeutig eine manische Qualität
<input type="radio"/>	3. Bewegt sich ziellos zwischen Spielzeug und Eltern hin und her, keine zielgerichteten Bewegungen, hektische(s)/ wilde(s) Bewegungen oder Spielen, rutscht hin und her, bewegt sich auf dem Tisch; schiebt Maske weg oder klammert sich an Eltern
<input type="radio"/>	4. Versucht aktiv weg zu gehen, stößt sich mit Füßen und Händen ab, bewegt seinen ganzen Körper, im Aufenthaltsraum läuft das Kind ziellos umher, schaut sich das Spielzeug nicht an, will sich von Eltern nicht trennen, klammert sich verzweifelt an Eltern

Verbaler Ausdruck

<input type="radio"/>	1. Liest (entsprechend der Aktivität kein verbaler Ausdruck), stellt Fragen, äußert sich, plappert, lacht, evtl. insgesamt still, aber beantwortet Fragen; Kind ist zu jung, um in sozialen Situationen zu sprechen oder ist zu gefesselt vom Spielen, um zu antworten
-----------------------	--

10 Anhang

<input type="radio"/>	2. Reagiert auf Eltern, aber flüstert, „Baby-Sprache“, nur Kopfnicken
<input type="radio"/>	3. Still, reagiert weder mit Geräusch noch Erwiderung auf Eltern
<input type="radio"/>	4. Wimmern, Jammern, Stöhnen, lautloses Weinen
<input type="radio"/>	5. Weinen oder evtl. schreit das Kind „Nein“
<input type="radio"/>	6. Weinen, lautes Schreien, anhaltend (durch Maske hörbar)

Emotionaler Ausdruck

<input type="radio"/>	1. offenkundig fröhlich, lächelt oder konzentriert sich aufs Spielen
<input type="radio"/>	2. neutral, kein erkennbarer, offensichtlicher Gesichtsausdruck
<input type="radio"/>	3. besorgt (bekümmert) bis ängstlich, traurig, besorgt oder hat Tränen in den Augen
<input type="radio"/>	4. verzweifelt, weint, sehr aufgebracht, evtl. sind die Augen weit geöffnet

Offensichtlicher Erregungszustand

<input type="radio"/>	1. aufmerksam, schaut ab und zu umher, bemerkt oder sieht was Anästhesist tut (könnte entspannt sein)
<input type="radio"/>	2. zurückhaltend, sitzt ruhig und still, evtl. lutscht Kind am Daumen oder schmiegt sein Gesicht an die Eltern
<input type="radio"/>	3. wachsam, schaut sich rasch um, schreckt bei Geräuschen auf, weit geöffnete Augen, Körperspannung
<input type="radio"/>	4. panisches Wimmern, evtl. Weinen oder stößt andere weg, wendet sich ab

Einbeziehung der Eltern

<input type="radio"/>	1. ist beschäftigt mit Spielen, sitzt untätig da oder ist mit altersentsprechendem Verhalten beschäftigt und braucht Eltern nicht; evtl. Interaktion mit Eltern, wenn Eltern diese initiieren
<input type="radio"/>	2. streckt sich nach Eltern aus (nähert sich den Eltern und spricht die ansonsten ruhigen Eltern an), sucht nach Trost (Zuspruch) und nimmt diesen auch an, evtl. lehnt das Kind sich an die Eltern
<input type="radio"/>	3. blickt die Eltern ruhig an, beobachtet offensichtlich die Vorgänge, Kind sucht nicht Kontakt oder Trost (Zuspruch), nimmt ihn aber an, wenn er ihm angeboten wird oder klammert sich an Eltern
<input type="radio"/>	4. hält Eltern auf Abstand oder zieht sich aktiv von ihnen zurück, evtl. stößt das Kind die Eltern weg oder klammert sich verzweifelt an Eltern und lässt sie nicht gehen

Notizen:

10.1.2 STAIK-T Eltern

ID: _____

Datum: _____

STAIK-T Eltern

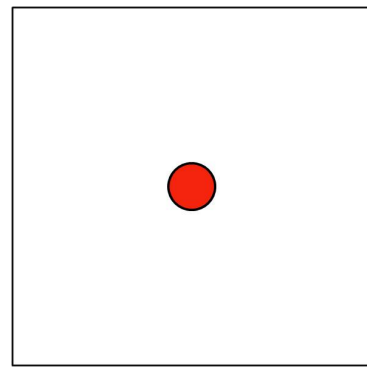
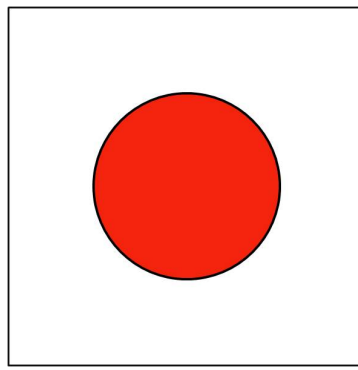
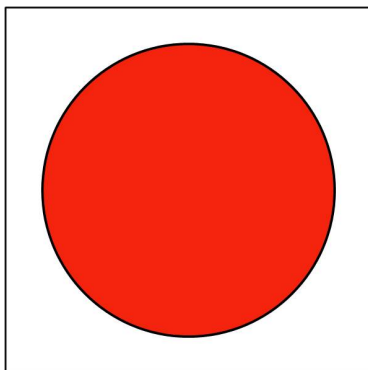
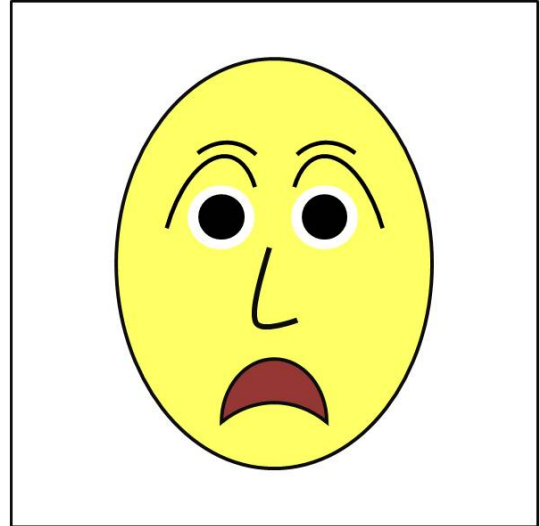
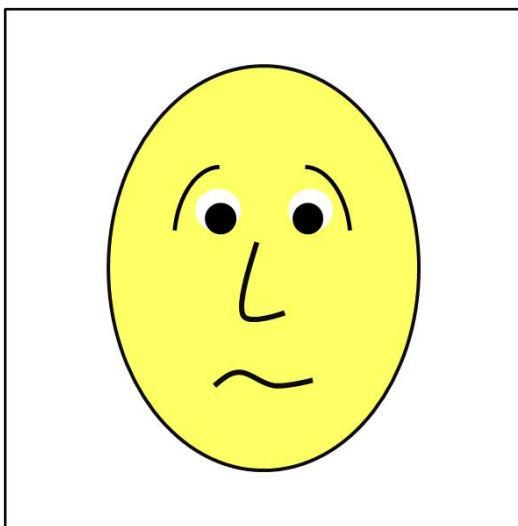
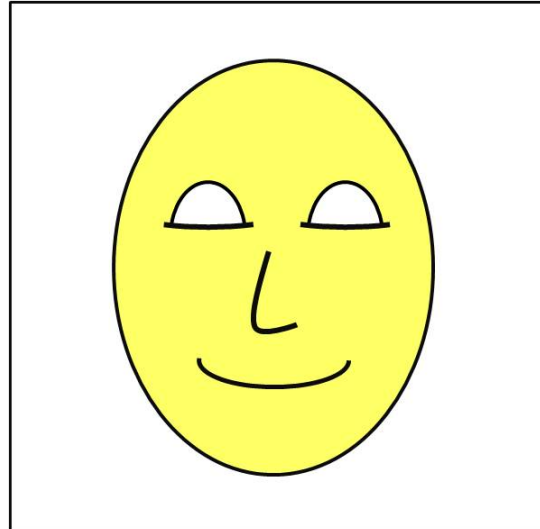
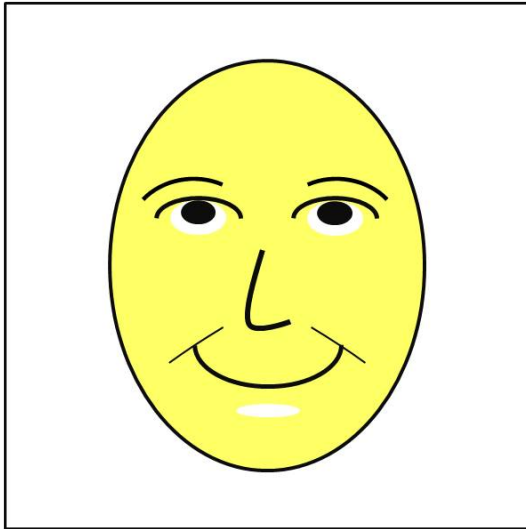
Im folgenden Fragebogen finden Sie eine Reihe von Feststellungen, die Eltern benutzen, um ihre Kinder zu beschreiben. Lesen Sie jede Feststellung durch und entscheiden Sie, ob sie *fast nie* oder *manchmal* oder *oft* für Ihr Kind zutrifft. Kreuzen Sie dann bitte für jede Feststellung das entsprechende Kästchen an. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten. Überlegen Sie bitte nicht zu lange und denken Sie daran, diejenige Antwort auszuwählen, die am besten beschreibt, wie Ihr Kind sich im Allgemeinen fühlt.

1. Mein Kind hat Angst, Fehler zu machen. fast nie manchmal oft
2. Meinem Kind ist zum Weinen zumute. fast nie manchmal oft
3. Mein Kind fühlt sich unglücklich. fast nie manchmal oft
4. Es fällt meinem Kind schwer, sich zu entscheiden. fast nie manchmal oft
5. Es fällt meinem Kind schwer, seine Probleme anzupacken. fast nie manchmal oft
6. Mein Kind macht sich zu viel Sorgen. fast nie manchmal oft
7. Zu Hause regt sich mein Kind auf. fast nie manchmal oft
8. Mein Kind ist schüchtern. fast nie manchmal oft
9. Mein Kind ist beunruhigt. fast nie manchmal oft
10. Meinem Kind gehen unwichtige Gedanken durch den Kopf und stören es. fast nie manchmal oft
11. Mein Kind macht sich Sorgen über die Schule. fast nie manchmal oft

10 Anhang

12. Mein Kind hat Schwierigkeiten, zu entscheiden, was es tun soll. fast nie manchmal oft
13. Mein Kind merkt, dass sein Herz schnell schlägt. fast nie manchmal oft
14. Mein Kind fürchtet sich heimlich. fast nie manchmal oft
15. Mein Kind macht sich Sorgen um uns Eltern. fast nie manchmal oft
16. Mein Kind bekommt feuchte Hände. fast nie manchmal oft
17. Mein Kind macht sich Sorgen über Dinge, die passieren könnten. fast nie manchmal oft
18. Es fällt meinem Kind schwer, abends einzuschlafen. fast nie manchmal oft
19. Mein Kind hat ein komisches Gefühl im Magen. fast nie manchmal oft
20. Mein Kind grübelt darüber nach, was andere Personen von ihm denken. fast nie manchmal oft

10.1.3 „Talking Mats“



10.1.4 „*Childrens Anxiety Meter*“

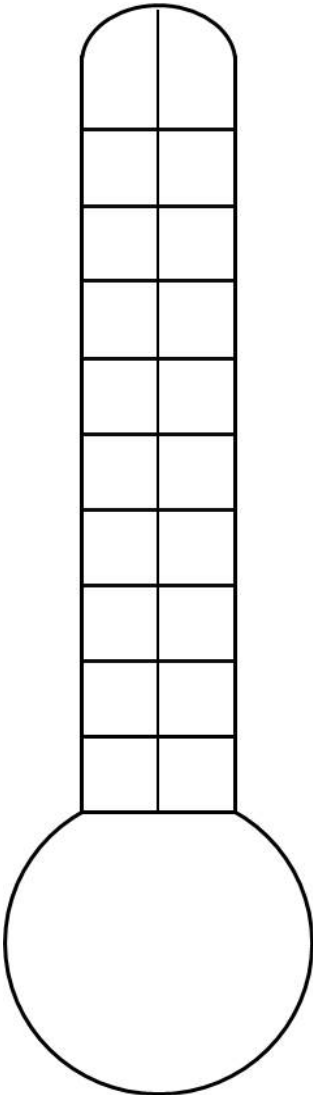
ID: _____ Datum: _____ vor Scan nach
Scan

Childrens Anxiety Meter-State

Eignungsaufgabe:

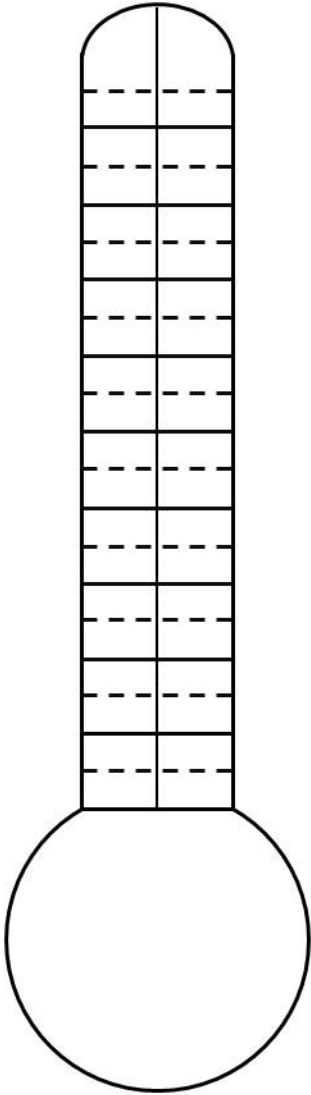
Zähle von 1 bis 10. Welche Zahl ist größer: 7 oder 4? Aufgabe geschafft

Welcher von diesen 4 Kreisen ist der kleinste? Aufgabe geschafft

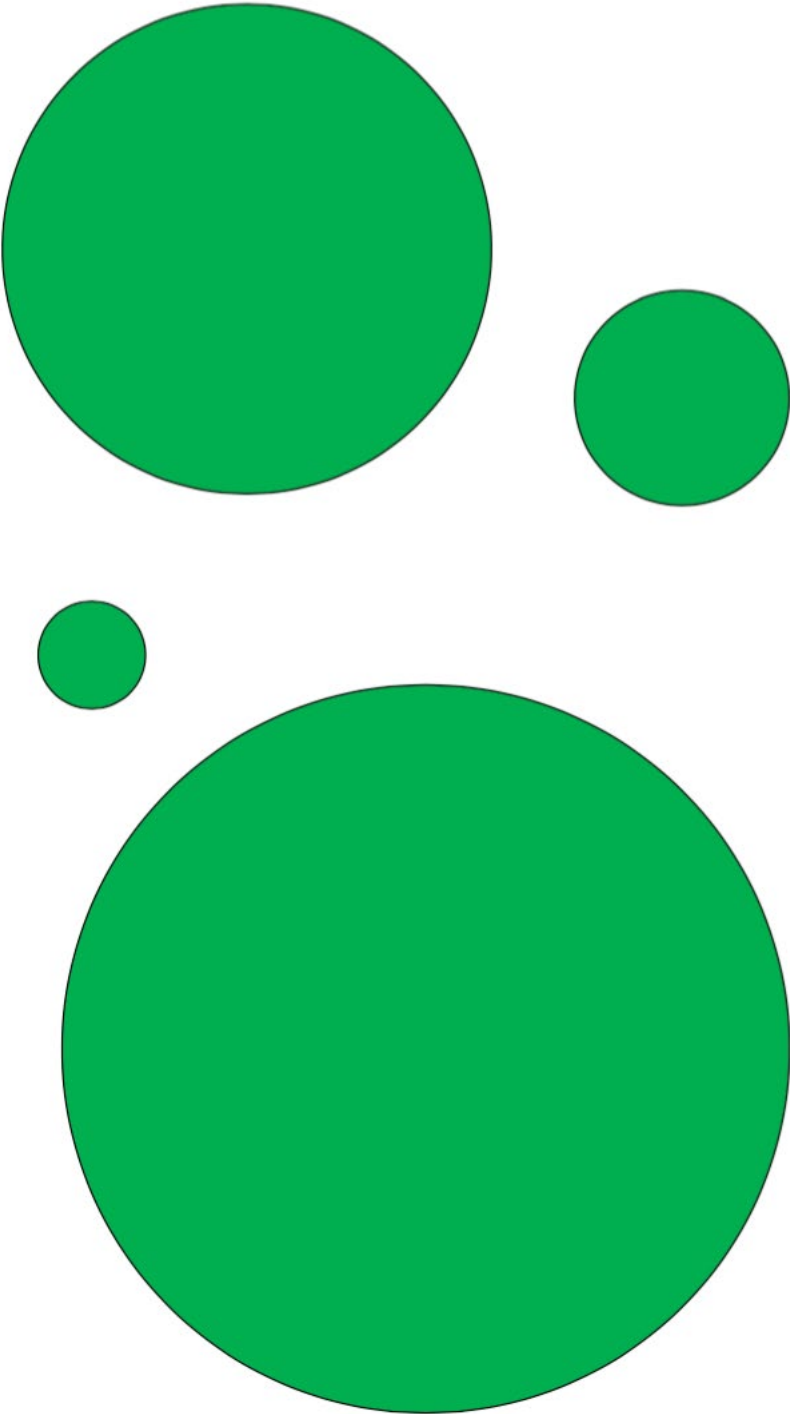


Childrens Anxiety Meter-State

Auswertung



Eignungsaufgabe:



10.2 Tabelle: Signal-Rausch-Verhältnis (SNR) für Liquor und Thalamus der jeweiligen Sequenz sowie Kontrast-Rausch-Verhältnis (CNR) je Sequenz

	SNR T2 FLAIR trans Thalamus	SNR T2 FLAIR trans Liquor	CNR T2 FLAIR trans	SNR T2 TSE sag Thalamus	SNR T2 TSE sag Liquor	CNR T2 TSE sag	SNR T1 SE trans Thalamus	SNR T1 SE trans Liquor	CNR T1 SE trans
1	68,9272	19,2337	19,2337	124,7578	232,7635	108,0057	99,8499	47,8078	52,0421
2	56,4647	14,9495	14,9495	-	-	-	80,0217	32,1429	47,8788
3	42,704	24,5921	24,5921	99,769	163,3333	63,5643	77,5856	37,0532	40,5324
4	63,3829	13,0855	13,0855	111,7816	250,8621	139,0805	124,7735	54,5645	70,209
5	35,9052	9,7845	9,7845	123,9932	289,7611	165,7679	-	-	-
6	52,8604	20,5263	20,5263	99,6347	212,1005	112,4658	101,1872	52,968	48,2192
7	79,3581	17,2973	17,2973	145,1948	319,2208	174,026	114,4022	49,1576	65,2446
8	41,8856	25,2119	25,2119	109,375	278,75	169,375	89,9821	59,8927	30,0894
9	32,0194	9,8708	9,8708	123,6364	329,0909	205,4545	108,6397	38,0515	70,5882
10	37,2478	5,8357	5,8357	150,7205	329,1066	178,3861	-	-	-
11	36,478	4,3711	4,3711	115,4128	309,1743	193,7615	104,8904	45,4469	59,4435
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	51,448	6,8552	6,8552	109,7561	273,1707	163,4146	105,6962	58,2278	47,4684
14	38,451	5,043	5,043	92,3994	235,9165	143,5171	130,5085	56,7161	73,7924
15	25,8333	4,4444	4,4444	104,8238	282,1892	177,3654	86,4035	34,2836	52,1199
16	33,4993	16,7496	16,7496	144,9749	385,6784	240,7035	118,3752	44,8936	73,4816
17	41,1539	6,1699	6,1699	225,5396	585,9712	360,4316	120,7833	50,2611	70,5222
18	39,4336	7,9883	7,9883	107,3864	269,5076	162,1212	124,4944	52,427	72,0674
19	38,9024	20,0871	20,0871	85,8006	193,9577	108,1571	93,7898	36,7994	56,9904
20	51,029	24,0369	24,0369	83,7479	226,534	142,7861	90,6865	41,4471	49,2394
21	28,6877	5,5164	5,5164	211,3636	211,3636	123,731	95,4628	38,1125	57,3503
22	25,4325	6,1153	6,1153	96,6361	208,4098	111,7737	94,1679	31,5932	62,5747
23	48,0337	7,4719	7,4719	80,0892	214,7103	134,6211	105,6017	44,4191	61,1826
24	46,8482	6,2646	6,2646	119,7044	285,7143	166,0099	114,0625	53,1696	60,8929
25	38,9866	6,7495	6,7495	124,9185	289,4022	164,4837	100,9469	39,9769	60,97
26	46,4206	11,2199	11,2199	125,4766	272,2704	146,7938	103,2143	49,2647	53,9496
27	59,1724	21,8161	21,8161	97,0149	186,2355	89,2206	-	-	-
28	35,094	9,0769	9,0769	110,453	280,662	170,209	83,2865	34,1292	49,1573
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	39,6455	8,8433	8,8433	108,4479	303,3399	194,892	93,825	40,446	53,379
31	32,3025	4,7275	4,7275	129,7571	294,7368	164,9797	104,5151	40,8361	63,679
32	31,3281	6,2891	6,2891	-	-	-	-	-	-
33	52,528	9,1052	9,1052	164,9797	267,1053	146,0527	103,744	42,8744	60,8696
34	32,2492	10,2432	10,2432	87,9234	199,1164	111,193	84,8726	35,3185	49,5541
35	40,1432	7,5869	7,5869	118,6571	255,6355	136,9784	102,751	42,2397	60,5113
36	31,5677	5,8581	5,8581	74,2615	206,6214	132,3599	93,1608	39,145	54,0158
37	28,7816	9,1828	9,1828	85,383	198,1367	112,7537	88,7853	38,872	49,9133
38	41,4051	6,5511	6,5511	127,6718	310,8779	183,2061	102,403	48,6507	53,7523
39	37,7111	17,4484	17,4484	130,1099	245,4945	115,3846	112,5843	53,9326	58,6517
40	36,9435	7,8799	7,8799	82,5569	185,8144	103,2575	87,8244	40,4962	47,3282
41	37,1525	6,0169	6,0169	130,6173	376,2963	245,679	81,0398	38,8838	42,156
42	42,3967	5,3306	5,3306	111,236	288,3895	177,1535	95,3101	38,9561	56,354
43	31,4412	7,1326	7,1326	128,6344	245,3744	116,74	-	-	-
44	49,256	11,488	11,488	131,8376	339,1026	207,265	-	-	-
45	50,1064	12,7447	12,7447	-	-	-	-	-	-
46	35,6172	9,5349	9,5349	-	-	-	-	-	-
47	46,1135	14,5852	14,5852	-	-	-	-	-	-
48	54,4146	7,5122	7,5122	129,8539	351,1482	221,2943	98,6992	42,5691	56,1301
49	35,4299	4,9774	4,9774	128,6611	333,682	205,0209	128,3163	51,1735	77,1428
50	39,6524	6,7689	6,7689	155,4348	383,6957	228,2609	97,0276	38,2283	58,7993

10.3 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verteilung des Alters im Vergleich der Gruppen, dargestellt als Boxplots	28
Abbildung 2: Geschlechterverteilung im Vergleich zwischen den Gruppen, dargestellt als Säulendiagramm	29
Abbildung 3: <i>KittenScanner</i> im Wartebereich	31
Abbildung 4: Das Buch "Paula in der Röhre"	32
Abbildung 5: Ablauf am Tag der Untersuchung und Einsatz der psychologischen Messinstrumente.....	33
Abbildung 6: Links: Beispielhafte Zuordnung der <i>Talking Mats</i> „Angst“, „Ruhe“, „Aufgeregtheit“, „Fröhlichkeit“ zu den Kreisen mit den Skalenwerten „gar nicht“, „ein bisschen“, „sehr“ (von links nach rechts); rechts: <i>Child Anxiety Meter</i> , unausgefüllt.....	37
Abbildung 7: Zeit von Betreten bis Verlassen des Scan-Raumes in Minuten je Gruppe, dargestellt als Boxplots	39
Abbildung 8: Darstellung einer kranialen MR-Aufnahme. Beispiel für Bewertung 1 (keine Bewegungsartefakte, exzellente Qualität). Links: T2 TSE sagittal, rechts: T1 SE transversal.....	40
Abbildung 9: Darstellung einer kranialen MR-Aufnahme. Beispiel für Bewertung 4 (exzessive Bewegungsartefakte, schlechte Qualität). Links: T2 TSE sagittal, rechts: T1 SE transversal.....	41
Abbildung 10: Messungen der ROIs in kranialer MR-Aufnahme, Sequenz: T2 Flair transversal	42
Abbildung 11: Messungen der ROIs in kranialer MR-Aufnahme, Sequenz: T1 SE transversal	42
Abbildung 12: Messungen der ROIs in kranialer MR-Aufnahme, Sequenz: T2 TSE sagittal.....	43

Abbildung 13: <i>CBCL</i> -Werte zum Item Hyperaktivität/Aufmerksamkeit im Vergleich zwischen den beiden Gruppen, dargestellt als Boxplots.....	47
Abbildung 14: Summe der Antworten des <i>STAIK-T</i> -Fragebogens (Fremdbeurteilung) im Vergleich zwischen den beiden Gruppen, dargestellt als Boxplots	48
Abbildung 15: Summe der Antworten des <i>m-YPAS</i> -Beobachtungsbogens zu t_0 (vor der Intervention) im Vergleich zwischen den beiden Gruppen, dargestellt als Boxplots	49
Abbildung 16: Summe der <i>Talking Mats</i> nach der Intervention (t_1) und nach der MR-Untersuchung (t_3) im Vergleich zwischen den beiden Gruppen, dargestellt als Boxplots	50
Abbildung 17: Subjektive Bewertung der MR-Serien pro Sequenz, dargestellt als Säulendiagramm.....	54
Abbildung 18: Subjektive Bewertung der Sequenz „T2 FLAIR transversal“ im Vergleich der Gruppen, dargestellt als gestapeltes Säulendiagramm.....	55
Abbildung 19: Subjektive Bewertung der Sequenz „T2 TSE sagittal“ im Vergleich der Gruppen, dargestellt als gestapeltes Säulendiagramm.....	56
Abbildung 20: Subjektive Bewertung der Sequenz „T1 SE transversal“ im Vergleich der Gruppen, dargestellt als gestapeltes Säulendiagramm.....	57
Abbildung 21: Objektive Bewertungen der Sequenz „T2 FLAIR“ im Vergleich der Gruppen, dargestellt als Boxplots	58
Abbildung 22: Objektive Bewertungen der Sequenz „T2 TSE sagittal“ im Vergleich der Gruppen, dargestellt als Boxplots	60
Abbildung 23: Objektive Bewertungen der Sequenz „T1 SE transversal“ im Vergleich der Gruppen, dargestellt als Boxplots	62

10.4 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anzahl der Kinder, die eine CD hörten, ein Kuscheltier dabei hatten oder deren Elternteil während der Untersuchung anwesend war im Vergleich der Gruppen.....	38
Tabelle 2: Compliance der Studienteilnehmer je Gruppe und insgesamt.....	46
Tabelle 3: Auflistung des Medians, Interquartilbereiches und p-Wertes der unterschiedlichen Messmethoden zur Erfassung der Ängstlichkeit im Vergleich zwischen den Gruppen.	52
Tabelle 4: Subjektive Bewertung der MR-Serien pro Sequenz und insgesamt.....	54
Tabelle 5: Ergebnisse der linearen Regressionsanalyse zur Beurteilung der objektiven Qualität der Sequenz „T2 FLAIR transversal“ im Vergleich der Gruppen.....	59
Tabelle 6: Ergebnisse der linearen Regressionsanalyse zur Beurteilung der objektiven Qualität der Sequenz „T2 TSE sagittal“ im Vergleich der Gruppen.....	61
Tabelle 7: Ergebnisse der linearen Regressionsanalyse zur Beurteilung der objektiven Qualität der Sequenz „T1 SE transversal“ im Vergleich der Gruppen.....	63
Tabelle 8: Ergebnis der linearen Regressionsanalyse zur Beurteilung des Einflusses der Anwesenheit eines Elternteils während der MR-Untersuchung auf die subjektive Bewertung der Sequenz „T2 FLAIR transversal“ im Vergleich der Gruppen.....	64

10.5 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denen bedanken, die mich bei der Anfertigung der Dissertation begleitet und unterstützt haben.

Zunächst bedanke ich mich bei dem Institutsdirektor Herrn Prof. Dr. Teichgräber für die Möglichkeit der Promotion am Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie.

Mein Dank gilt vor allem Herrn Prof. Dr. Mentzel für die freundliche Überlassung des Themas, und dafür, dass er mir stets mit Rat, konstruktiver Kritik und Lösungsansätzen zur Seite stand. Trotz meines zwischenzeitlich beendigten Studiums und meines Arbeitsbeginns in Darmstadt war er immer erreichbar und unterstützte mich bei der Verbesserung als auch schließlich dem Abschluss der vorliegenden Arbeit.

Weiterhin danke ich der Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie, Psychosomatik und Psychotherapie des Universitätsklinikums Jena für die positive Zusammenarbeit. Hervorzuheben ist Frau Dr. Ligges, die die psychologische Diagnostik auswählte, mir eine Einführung in diese gab und stets ein offenes Ohr für meine Fragen hatte.

Ich möchte auch dem gesamten Team der Sektion Kinderradiologie des Universitätsklinikums Jena, insbesondere den MTRA, für die tatkräftige Unterstützung und Frau Dr. Kirsch für ihre Expertise danken. Mein Dank richtet sich auch an die Firma Philips HealthCare, Hamburg, Deutschland für die Bereitstellung des *KittenScanners*. Ein besonderer Dank gilt weiterhin Herrn Dr. Lehmann für die Hilfe und Beratung bei der statistischen Auswertung sowie Herrn Dr. Doerfel für die fachliche Expertise auf dem Gebiet der pädiatrischen Intensivmedizin.

Ein ganz besonderer Dank gilt außerdem meiner Familie. Ich danke meinen Eltern, ohne die weder Studium noch Anfertigung der Dissertation möglich gewesen wären, sowie meinen wunderbaren Kindern, die mir Antrieb und Motivation waren. Hervorzuheben sind mein Ehemann Alexander Vielwerth und meine Freundin Lena Wucherpfennig, die mir mit Rat und Tat zur Seite standen, wann immer ich dies benötigte.

Außerdem danke ich allen Patienten und deren Eltern, die sich für die Studie zur Verfügung gestellt haben und somit den Grundstein meiner Arbeit gebildet haben.

10.6 Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität bekannt ist,

ich die Dissertation selbst angefertigt habe und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönlichen Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben sind,

mich folgende Personen bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskripts unterstützt haben: Prof. Dr. med. Mentzel, Dr. med. Kirsch (geb. Kempe), Dr. phil. Ligges, Dr. rer. pol. Lehmann

die Hilfe eines Promotionsberaters nicht in Anspruch genommen wurde und dass Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen,

dass ich die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe und

dass ich die gleiche, eine in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung nicht bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht habe.

Ort, Datum

Unterschrift der Verfasserin