

Aus dem Bereich Allgemeine Pädiatrie und Neonatologie  
der Medizinischen Fakultät  
der Universität des Saarlandes, Homburg/Saar  
Klinikdirektor: Prof. Dr. med. Michael Zemlin

**Stellenwert der zerebralen Sonografie  
im Rahmen der Vorsorgeuntersuchung U2 bei Neugeborenen  
nach assistierter vaginaler Entbindung zur Detektion intra- und  
extrakranieller Pathologien**

*Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin  
der Medizinischen Fakultät*

der UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

2019

vorgelegt von: Anika Zimmer  
geboren am: 18.10.1993 in Neunkirchen Saar

mit Genehmigung  
der medizinischen Fakultät  
der Universität des Saarlandes

Berichterstatter : Prof. Dr. Walter J. Schulz-Schaeffer

Mitberichterstatter : Prof. Dr. Sascha Meyer  
Prof. Dr. Erich-Franz Solomayer

Mitbetreuung durch  
den promovierten  
Mitarbeiter : Dr. Martin Poryo

Dekan : Prof. Dr. Michael D. Menger

Tag der  
Mündlichen Prüfung: 17.06.2020

# 1. Inhaltsverzeichnis

<b>1. INHALTSVERZEICHNIS</b> .....	<b>2</b>
<b>2. ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS</b> .....	<b>5</b>
<b>3. ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>6</b>
3.1 ZUSAMMENFASSUNG .....	6
3.2 SUMMARY.....	8
<b>4. EINLEITUNG</b> .....	<b>11</b>
4.1 VAGINAL OPERATIVE ENTBINDUNG.....	11
4.1.1 Höhenstand des Kopfes .....	12
4.1.2 Vakuumextraktion .....	13
4.1.3 Forzepsextraktion .....	15
4.1.4 Kindliche Verletzungen.....	16
4.1.5 Maternale Verletzungen.....	16
4.1.6 Sectio caesarea vs. vaginal operative Entbindung.....	17
4.2 VORSORGEUNTERSUCHUNGEN IM KINDESALTER .....	17
4.2.1 Grundlagen der Vorsorgeuntersuchungen .....	17
4.2.2 Vorsorgeuntersuchung U1.....	18
4.2.3 Vorsorgeuntersuchung U2.....	18
4.3 SCHÄDELSONOGRAFIE BEI NEUGEBORENEEN .....	19
4.3.1 Grundlagen der Schädelsonografie.....	19
4.3.2 Untersuchungstechnik.....	20
4.3.3 Schnittebenen.....	20
4.3.4 Intrakranielle Blutungen im Ultraschall.....	22
4.3.5 Stellenwert der Dopplersonografie.....	23
4.4 EXTRA- UND INTRAKRANIELLE BLUTUNGEN BEI NEUGEBORENEEN .....	24
4.4.1 Einteilung intrakranieller Blutungen bei Frühgeborenen .....	25
4.4.2 Caput succedaneum.....	25
4.4.3 Subgaleale Blutung.....	26
4.4.4 Kephalhämatom.....	26
4.4.5 Epidurale Blutungen .....	27
4.4.6 Subdurale Blutungen .....	27
4.4.7 Subarachnoidale Blutungen .....	28

4.5	FRAGESTELLUNG.....	29
<b>5.</b>	<b>MATERIAL UND METHODIK.....</b>	<b>30</b>
5.1	EIN- UND AUSSCHLUSSKRITERIEN .....	30
5.2	PARAMETER.....	31
5.3	INSTRUMENTE DER VAGINAL OPERATIVEN ENTBINDUNG.....	33
5.4	SCHÄDELSONOGRAFIE.....	33
5.5	STATISTIK .....	35
<b>6.</b>	<b>ERGEBNISSE.....</b>	<b>36</b>
6.1	MATERNALE PARAMETER.....	36
6.2	ORGANISATORISCHE PARAMETER .....	37
6.3	NEONATALE PARAMETER .....	37
6.4	BINÄR LOGISTISCHE REGRESSION – MATERNALE KOMPLIKATIONEN .....	39
6.5	BINÄR LOGISTISCHE REGRESSION – KOPFVERLETZUNGEN.....	41
6.6	BINÄR LOGISTISCHE REGRESSION – NEUROLOGISCHE AUFFÄLLIGKEITEN .....	44
6.7	MULTIVARIATE ANALYSE.....	46
<b>7.</b>	<b>DISKUSSION.....</b>	<b>47</b>
7.1	NEONATALES OUTCOME NACH VAGINAL OPERATIVER ENTBINDUNG.....	47
7.2	MATERNALES OUTCOME NACH VAGINAL OPERATIVER ENTBINDUNG.....	48
7.3	KOMPLIKATIONEN EINER VAGINAL OPERATIVEN ENTBINDUNG .....	49
7.3.1	<i>Suboptimale Instrumentenplatzierung.....</i>	<i>49</i>
7.3.2	<i>Gescheiterte vaginal operative Entbindungen.....</i>	<i>50</i>
7.3.3	<i>Kopfverletzungen.....</i>	<i>52</i>
7.3.4	<i>Instrumenten-assoziierte Komplikationen.....</i>	<i>53</i>
7.3.5	<i>Anzahl der Züge und Dauer der Vakuumextraktion .....</i>	<i>55</i>
7.4	VAKUUM-ASSISTIERTER SECTIO CAESAREA .....	56
7.5	INTRAKRANIELLE BLUTUNGEN .....	57
7.6	SCHÄDELSONOGRAFIE ZUR DIAGNOSTIK DER INTRAKRANIELLEN BLUTUNGEN.....	59
7.7	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK.....	62
<b>8.</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>64</b>
<b>9.</b>	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>75</b>
<b>10.</b>	<b>TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>76</b>
<b>11.</b>	<b>PUBLIKATIONEN UND DANKSAGUNGEN.....</b>	<b>77</b>
11.1	PUBLIKATIONEN.....	77

# Inhaltsverzeichnis

---

11.1.1	<i>Kongressbeiträge</i> .....	77
11.2	DANKSAGUNGEN .....	78
<b>12.</b>	<b>ANHANG</b> .....	<b>80</b>
12.1	PATIENTENINFORMATION UND EINWILLIGUNGSERKLÄRUNG .....	80
12.2	FOTODOKUMENTATION.....	83
<b>13.</b>	<b>LEBENS LAUF</b> .....	FEHLER! TEXTMARKE NICHT DEFINIERT.

## 2. Abkürzungsverzeichnis

<b>A.</b>	-	Arterie
<b>Aa.</b>	-	Arterien
<b>BM</b>	-	Beckenmitte
<b>BMI</b>	-	Body Mass Index
<b>cm</b>	-	Zentimeter
<b>CR</b>	-	Cervixriss
<b>CT</b>	-	Computertomografie
<b>CTG</b>	-	Kardiotokogramm
<b>CUS</b>	-	Schädelultraschall
<b>DEGUM</b>	-	Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin
<b>FE</b>	-	Forzepsextraktion
<b>GBA</b>	-	Gemeinsamer Bundesausschuss
<b>gr.</b>	-	Gramm
<b>HII</b>	-	Hypoxisch ischämische Verletzung
<b>ICB</b>	-	Intrakranielle Blutungen
<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>	-	Kilogramm/Quadratcentimeter (Einheit)
<b>Kiwi</b>	-	Handvakuum Kiwi OmniCup
<b>Kp/cm<sup>2</sup></b>	-	Kilopascal/Quadratcentimeter (Einheit)
<b>M.</b>	-	Musculus
<b>MRT</b>	-	Magnetresonanztomografie
<b>MW</b>	-	Mittelwert
<b>N.</b>	-	Nervus
<b>ÖGUM</b>	-	Österreichische Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin
<b>OR</b>	-	Odds ratio
<b>PDA</b>	-	Peridurale Anästhesie
<b>s.</b>	-	Siehe
<b>SC</b>	-	Sectio caesarea
<b>SD</b>	-	Standardabweichung
<b>SSW</b>	-	Schwangerschaftswoche
<b>VOE</b>	-	Vaginal operative Entbindung
<b>VE</b>	-	Vakuumextraktion
<b>vs.</b>	-	Versus
<b>95%-CI</b>	-	95%-Konfidenzintervall

## 3. Zusammenfassung

### 3.1 Zusammenfassung

#### Einleitung

Weltweit beträgt die Rate an vaginal operativen Entbindungen (VOE) 12-15 % aller Geburten. Da mütterliches und kindliches Outcome bei eingetretenem Geburtsstillstand stark von der zügigen Beendigung der Geburt abhängig sind, werden VOE primär zur Beschleunigung der Austreibungsphase angewandt.

Das primäre Ziel dieser Studie war die Beurteilung des Stellenwertes der zerebralen Sonografie in der Detektion von intrazerebralen Blutungen (ICB) bei Neugeborenen nach VOE im Rahmen der Vorsorgeuntersuchung U2. Weiterhin analysierten wir mögliche Risikofaktoren für das Auftreten von kindlichen Kopfverletzungen, neurologischen Auffälligkeiten des Neugeborenen sowie maternalen geburtshilflichen Komplikationen.

#### Material und Methodik

Diese prospektive, „single-center“ Studie wurde an der Kinderklinik des Universitätsklinikums Homburg/Saar, Deutschland, im Zeitraum 11/2017 bis 11/2018 durchgeführt. Eingeschlossen wurden alle Neugeborenen  $\geq 36+0$  Schwangerschaftswochen (SSW), die mittels VOE, eines solchen Versuches im Rahmen der Geburt oder auch in Kombination mit einer Sectio caesarea (SC) zur Welt kamen. Eine standardisierte zerebrale Ultraschalluntersuchung (CUS) wurde innerhalb der ersten 3 Lebenstage in der Regel im Rahmen der routinemäßigen Vorsorgeuntersuchung U2 durchgeführt.

#### Ergebnisse

200 Neugeborene (43,0 % weiblich, 57,0 % männlich) wurden in die Studie eingeschlossen (Körpergewicht:  $3345,6 \pm 450,6$  g, Körperlänge  $51,7 \pm 2,5$  cm, Kopfumfang  $35,0 \pm 1,5$  cm). 148 (74,0 %) Neugeborene wurden mittels des Kiwi Handvakuums entbunden, 28 (14,0 %) durch eine Vakuumextraktion (VE) und bei 11 (5,5 %)

Geburten kam das Neugeborene durch eine Kiwi – assistierte SC zur Welt. In 13 (6,5 %) Fällen scheiterte der Versuch einer VOE und die Geburt wurde durch eine notfallmäßig eingeleitete SC beendet.

Insgesamt zeigten 67 (33,5 %) Neugeborene klinische Auffälligkeiten am Kopf. 27 (13,5 %) wiesen eine Kopfgeschwulst - und 14 (7,0 %) ein Kephahämatom auf. 8 Neugeborene (4,0 %) zeigten klinisch neurologische Auffälligkeiten wie Krampfanfälle, intermittierendes Fäusteln sowie Beuge- und Strecktendenzen. Bei 34 (17,0 %) Neugeborenen fanden sich Auffälligkeiten im CUS, wovon allerdings keine auf die VOE zurückzuführen war. Folgende Auffälligkeiten konnten hierbei im CUS festgestellt werden: verschiedene Zysten (Plexus, Septum pellucidum, subependymale Zysten) (n = 17, 8,5 %), erhöhte Blutflussgeschwindigkeit in der anterioren Zerebralarterie (n = 4, 2,0 %), abnorme Asymmetrie der Seitenventrikel (n = 3, 1,5 %), erhöhte periventrikuläre Echogenität (n = 2, 1,0 %), Parenchyminhomogenitäten (n = 1, 0,5 %), septierte Seitenventrikel (n = 1, 0,5 %), abnormal erweiterte Seitenventrikel (n = 1, 0,5 %), prominente Zisterna magna (n = 1, 0,5 %) sowie andere Auffälligkeiten (n = 4, 2,0 %). Es fanden sich allerdings weder intrakranielle Pathologien wie Blutungen oder Ischämien noch Schädelpathologien wie Frakturen im CUS.

Die univariat logistische Regression zeigte einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen neurologischen Auffälligkeiten und einem niedrigen Nabelschnurarterien-pH (OR 10,0 95 %-CI 2,0 – 50,0), Kopfverletzungen (OR 6,8, 95 %-CI 1,3 – 34,5), Ultraschallpathologien (OR 5,4, 95 %-CI 1,3 – 22,6), mediolaterale Episiotomien (OR 0,2, 95 %-CI 0,1 – 0,9) sowie Verlegungen auf die neonatologische Intensivstation (OR 17,2, 95 %-CI 3,8 - 78,1).

In der multivariaten logistischen Regression blieben folgende Parameter statistisch signifikant: Kopfverletzungen (OR 14,8, 95 %-CI 1,4 -156,6), mediolaterale Episiotomien (OR 0,06, 95 %-CI 0,004 – 0,9) und Verlegungen auf die Intensivstation (OR 56,8, 95 %-CI 3,4 – 942,03).

### **Fazit und Diskussion**

In einigen Studien konnte bereits ein Zusammenhang zwischen extra- und intrakraniellen Blutungen und VOE gezeigt werden, was die Relevanz unserer Fragestellung unterstreicht. Zusammenfassend ist allerdings die generelle sonografische Untersuchung nach VOE hinsichtlich ihres Nutzens zu hinterfragen. Es ist davon auszugehen, dass die klinische Symptomatik der Neugeborenen den größten Informationsgehalt zum Erkennen relevanter Pathologien nach VOE aufweist. Hiernach sollte sich dann auch die weitergehende Diagnostik richten. Ein unkritischer Einsatz der CUS führt zudem zu zahlreichen Zufallsbefunden, die oftmals ohne klinische Bedeutung sind und zudem zur Beunruhigung der Eltern führen können.

### **3.2 Summary**

#### **The role of cerebral ultrasonography in neonates following assisted vaginal delivery in detecting intra- and extracranial pathologies**

##### **Introduction**

The world-wide rate of assisted vaginal deliveries ranges between 12 and 15 % of all deliveries. Since maternal as well as neonatal outcome depends on rapid termination of the delivery, assisted vaginal delivery is used to accelerate the second stage of labor, and results in a successful delivery in about 90 %. Serious complications like skull fractures or intracranial bleedings are rare when the procedure is performed correctly.

##### **Study purpose**

The primary aim of this study was to evaluate the role and limitations of routine cerebral ultrasonography in detecting intra- and extracranial pathologies in neonates born by assisted vaginal delivery. Moreover, we assessed potential risk factors as-

sociated with pathological clinical findings of the newborn's head, neonatal neurologic pathologies as well as maternal obstetric complications.

### **Material and Methods**

This prospective, single center study was performed at the University Children's Hospital of Saarland, Homburg/Saar, Germany, between 11/2017 – 11/2018 after institutional review board approval (204/17) from the ethics committee of Saarland, Saarbrücken, Germany.

Inclusion criteria were all neonates with a gestational age  $\geq 36+0$  weeks of gestation born by assisted vaginal deliveries, attempted assisted vaginal delivery as well as vacuum - assisted cesarean section. Potential contributing risk factors for clinical pathologies of the newborn's head, presence of neonatal neurologic pathologies as well as maternal complications were analyzed. A standardized in-hospital cranial ultrasound was performed within the first 3 days of life by a neonatologist with extensive experience in CUS.

### **Results**

200 neonates (43.0 % female, 57.0 % male) with gestational age  $\geq 36+0$  gestation weeks were included to this study. Bodyweight was  $3345.63 \pm 450.6$  g, length  $51.7 \pm 2.5$  cm and head circumference  $34.96 \pm 1.5$  cm.

148 (74.0 %) neonates were born by Kiwi, 28 (14.0 %) by vacuum extraction and 11 (5.5 %) by vacuum - assisted cesarean section. In 13 (6.5 %) cases attempted vaginal operative delivery failed and birth was given by emergency cesarean section.

67 (33.5 %) neonates showed injuries at the head. Swelling of the scalp was seen in 27 (13.5 %) cases. Cephalhematoma was seen in 14 (7.0 %) neonates and 8 (4.0 %) neonates showed neurologic abnormalities like seizures and intermittent fisting.

In 34 (17.0 %) patients cerebral ultrasonography pathologies could be found, whereby these pathologies were not related to the delivery mode. Cerebral ultrasonography pathologies were as followed: presence of cysts (plexus, septum pellucidum, subependymal cyst) (n = 17, 8.5 %), abnormal asymmetry of the lateral ventricles (n = 5, 2.5 %), increased blood flow velocity in the anterior cerebral artery (n = 4, 2.0 %), increased periventricular echogenicity (n = 2, 1.0 %), inhomogeneity of the brain parenchyma (n = 1, 0.5 %), septate lateral ventricle (n = 1, 0.5 %), abnor-

mal extension of lateral ventricles (n = 1, 0.5 %), prominent cisterna magna (n = 1, 0.5 %), and others (n = 4, 2.0 %). However, neither intracerebral pathologies (hemorrhages, ischemia) nor cranial abnormalities (skull fractures) were seen on cerebral ultrasonography.

The following parameters were significantly associated with presence of neurologic abnormalities: lower umbilical cord pH (OR 10, 95 %-CI 2.0 – 50.0), presence of neonatal head injury (OR 6.8, 95 %-CI 1.33 - 34.50), cerebral ultrasonography pathologies (OR 5.4, 95 %-CI 1.27 - 22.64), transferal to neonatal intensive care unit (OR 17.2, 95 %-CI 3.77 - 78.09) and mediolateral episiotomy (OR 0.2, 95 %-CI 0.05 - 0.92).

Using multivariate logistic regression analysis, the following parameters remained significant: presence of neonatal head injuries (OR 14.8, 95 %-CI 1.39 - 156.60), transferal to neonatal intensive care unit (OR 56.8, 95 %-CI 3.43 - 942.03) and mediolateral episiotomy (OR 0.06, 95 %-CI 0.004 - 0.92).

### **Conclusion and discussion**

In recent studies, an association between extracranial bleedings and assisted vaginal deliveries could be shown.

Nevertheless, intracranial bleedings following assisted vaginal deliveries are rare.

Based on the findings of our prospective study, there is no role of routine cranial ultrasound in newborns after assisted vaginal delivery since cranial ultrasound yields a substantial number of incidental, non-contributory findings of unknown significance. Most likely, a detailed history taking and clinical examination are the best way to identify complications after assisted vaginal delivery.

## 4. Einleitung

### 4.1 Vaginal operative Entbindung

Zu den vaginal operativen Entbindungen (VOE) zählen in erster Linie die Vakuumextraktion (VE) und die Forzepsextraktion (FE), wobei die Voraussetzungen zur Durchführung einer VOE in den geburtshilflichen Leitlinien der Fachgesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe festgelegt sind [1]. Sie umfassen neben Aufklärung, Information und mündlichem Einverständnis der Mutter unter anderem auch eine vollständige Eröffnung des Muttermundes, Höhenstand des Kopfes in Beckenmitte (BM) / auf Beckenboden sowie eine adäquate Analgesie/Anästhesie [1]. Darüber hinaus ist eine VOE nur durch erfahrene und geschulte Ärzte vorzunehmen [1]. Die Wahl des Instrumentes ist dabei von den klinischen Umständen sowie der Expertise des jeweiligen behandelnden Arztes abhängig [2][3]. Sowohl die VE als auch die FE sind als sicher in der Beendigung des Geburtsvorganges einzustufen [1] und führen bei fetaler Schädelage in 90 % zur erfolgreichen Geburt [4]. Derzeit beträgt die Rate an assistierten vaginalen Entbindungen in Deutschland 6 % [1], weltweit 12-15 % [5][6][7].

Das Ziel der VOE besteht darin, die Austreibungsphase bei Geburtsstillstand, maternaler Erschöpfung sowie bei fetaler Gefährdung zu beschleunigen [8], da bei eintretendem Geburtsstillstand in der Austreibungsperiode maternales und kindliches Outcome stark von der zügigen Beendigung des Geburtsvorgangs abhängig sind [9].

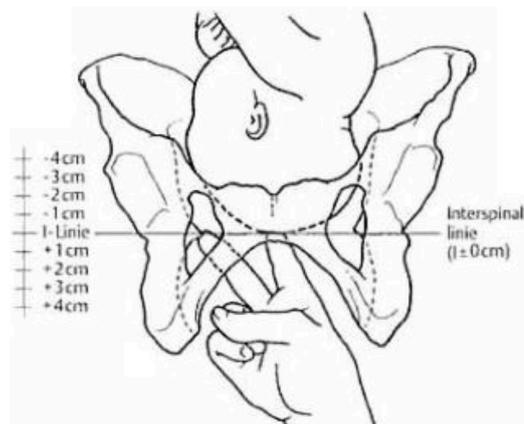
Doch nicht bei jeder Schwangerschaft ist eine VOE möglich. Unterhalb der 34. Schwangerschaftswoche (SSW) wird aufgrund der steigenden Gefahr für Kephalhämatome (KH), intrakranielle Blutungen (ICB) und Neugeborenenikterus von einer VE abgeraten; zwischen der 34. und 36. SSW gibt es aufgrund unklarer Sicherheit keine Empfehlungen [2][9]. Als relative Kontraindikationen werden bekannte fetale

Koagulopathien und Mineralisationsstörungen angesehen [1], während virale, über das Blut übertragbare Infektionen der Mutter keine Kontraindikation für eine VOE darstellen [2].

### 4.1.1 Höhenstand des Kopfes

Für den Erfolg und die Sicherheit einer VOE sind die Bestimmung des Höhenstandes des Kopfes, sowie des Durchtrittsplanums im Verhältnis zu den Beckenebenen von wesentlicher Bedeutung [1]. Der Untersuchende erfasst palpatorisch die Leitstelle des kindlichen Kopfes und diese wird mittels der Einteilung nach *de Lee* einheitlich dokumentiert [1].

Die Interspinalenebene, der Abstand zwischen beiden Spinae ischiadicae der Mutter, entspricht dabei definitionsgemäß der 0 Ebene. Die Entfernung der Leitstelle und des Durchtrittsplanums wird in Zentimetern (cm) oberhalb (-) beziehungsweise unterhalb (+) der Interspinalenebene angegeben (**Abbildung 1**) [1]. Mit Hilfe dieser Einteilung lässt sich das Risiko sowie der Erfolg der VOE abschätzen [1].



- 4 cm = oberer Schoßfugenrand
- 3 cm = Mitte Symphyse
- 2 cm = unterer Schoßfugenrand
- 1 cm = zwischen Symphysenunterkante und Interspinalenebene
- 0 cm = Interspinalenebene
- +1 cm = 1 cm unterhalb der Interspinalenebene
- +2 cm = zwischen Interspinalenebene und Beckenboden
- +3 cm = 1 Querfinger vom Beckenboden entfernt
- +4 cm = Beckenboden

**Abbildung 1 : Höhenstandbestimmung nach de Lee [10]**

Tabelle 1 zeigt - basierend auf der oben genannten Risikostratifizierung in Abhängigkeit des Höhenstands des kindlichen Kopfes - zusammenfassend die Empfehlungen zur Durchführung einer VOE.

Höhenstand	Leitstelle	Empfehlung
<b>Beckeneingang</b>	Leitstelle -4 bis 0	Kontraindikation für vaginal operative Entbindung
<b>Beckenmitte</b>	Leitstelle 0 bis < +2	Vaginal operative Entbindung indiziert bei : Vorderer Hinterhauptshaltung
<b>Beckenmitte</b>	Leitstelle +2 bis < +4	Vaginal operative Entbindung indiziert bei : Vorderer oder hinterer Hinterhauptshaltung, Deflexionshaltung
<b>Beckenboden/ Beckenausgang</b>	Leitstelle +4 oder sichtbar	Vaginal operative Entbindung indiziert bei : Vorderer oder hinterer Hinterhauptshaltung, Deflexionshaltung, tiefem Querstand

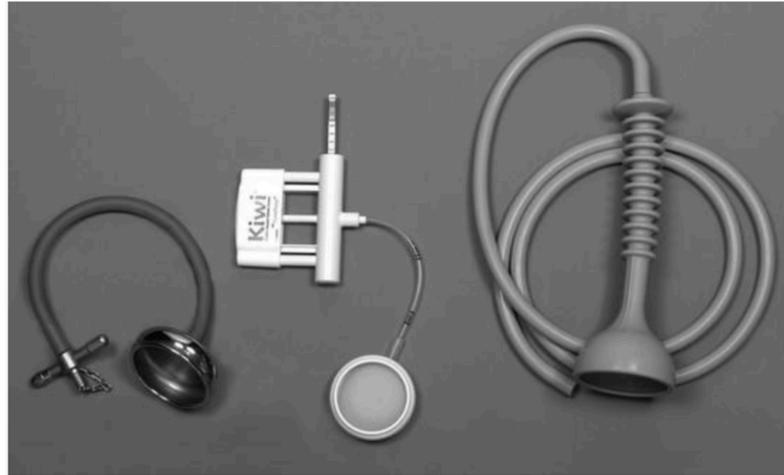
Tabelle 1: Klassifikation der vaginal operativen Entbindungen [1].

Additive Risikofaktoren bei vaginal operativer Entbindung mit erschwerter Entwicklung des Kopfes sind: Höhenstand über +2, okzipito-posteriore Einstellung, Abweichung der Pfeilnaht von der okzipito-anterioren Position um > 45°

#### 4.1.2 Vakuumextraktion

Bei der Vakuumextraktion (VE) wird die Geburt durch Zug am kindlichen Kopf mithilfe einer Saugglocke beendet. Die Saugglocke ist dabei durch ein Schlauchsystem mit der Vakuumflasche und der Vakuumpumpe verbunden (**Abbildung 2**). Der Glockenansatz sollte im Bereich der Leitstelle in der Führungslinie des kindlichen Kopfes angebracht werden. Nach stufenweisem Unterdruckaufbau von zumeist 0,8 kg/

cm<sup>2</sup>, einem manuellen Nachstasten und einem Probezug am Kopf, kann die Entbindung durch wehen-synchrone Züge beendet werden [11].



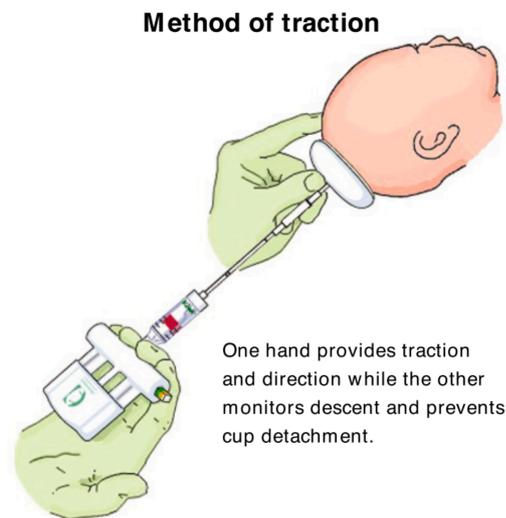
**Abbildung 2 : Vakuimglocken von links nach rechts: Metallglocke mit Kette und Kreuzgriff, Kiwi OmniCup und Silikongummiglocke (mod. nach Hopp 2006) [11]**

Aufgrund der Ergebnisse einer Cochrane-Metaanalyse wird für VOE bei fehlenden, klaren Indikationen für ein bestimmtes Instrument, die VE als Goldstandard empfohlen [12]. In der Praxis spiegelt sich dies in der steigenden Tendenz zur Wahl der VE und der simultan fallenden Tendenz zur FE wider [1].

Die Dauer der VE sollte 20 Minuten nicht überschreiten und die Anzahl der Züge auf 3 beschränkt werden, da ansonsten mit einer erhöhten Rate an neonatalen Trauma und der Notwendigkeit der Verlegung auf eine neonatologische Intensivstation zu rechnen ist [8][13][14][15]. Jeder einzelne Zug am kindlichen Kopf sollte möglichst kurz und mit möglichst wenig Kraft durchgeführt werden [16]. Während der VOE besteht die Gefahr des Abreißens des Instrumentes, was zu kurzfristigen intrakraniellen Druckschwankungen beim Kind führen kann und somit mit der Gefahr der Ausbildung zerebraler Blutungen einhergeht [1].

Eine Alternative zur herkömmlichen VE durch die Metall- und Silikongummiglocke bietet das Handvakuum (Kiwi). Es zeichnet sich durch eine, im System integrierte, Handpumpe zum Unterdruckaufbau aus (Abbildung 2).

Abbildung 3 zeigt schematisch eine solche Extraktion. Im Vergleich zur herkömmlichen VE zeigen sich bei dem Handvakuum niedrigere postnatale Raten an Hyperbilirubinämien bei gleichzeitig gering erhöhter Rate an nicht erfolgreich beendeten Geburten [1][17][18].



**Abbildung 3: Verfahren des Kiwi Handvakuums [16]**

### 4.1.3 Forzepsextraktion

Der Aufbau des Zangeninstruments besteht aus zwei Blättern, die entweder im Schloss gekreuzt oder parallel zusammengefügt sind. Dabei bestehen die Blätter jeweils aus einem Löffel, einem Halsteil und einem Zangengriff. Mithilfe der gekrümmten Löffelteile wird der kindliche Kopf umfasst. Auch hier wird nach zunächst erfolgtem Nachtasten und Probezug die Entbindung durch wehen-synchrone Züge beendet [11].

Die Anwendung der FE fokussiert sich hauptsächlich auf die schnelle Geburtsbeendigung [1]. In Deutschland findet sie in weniger als 1 % aller VOE Anwendung [11]. Bei noch nicht erfolgter Rotation des Kindes zeigt sich jedoch eine Präferenz des Operateurs zur FE [1]. Ihr großer Nachteil hingegen besteht in den häufiger auftretenden Geburtsverletzungen [1].

Zu beobachten ist zudem ein Trend zu einer höheren Rate an SC nach erfolglosem Forzepsversuch und an kindlichen fazialen Verletzungen [1][17]. Außerdem resultieren häufiger dritt- und viertgradige maternale Dammverletzungen durch die Anwendung einer FE [17].

### **4.1.4 Kindliche Verletzungen**

Die Inzidenz von kindlichen Geburtsverletzungen ist in den letzten beiden Jahrzehnten gesunken und liegt bei 0,2 - 2 pro 1000 Geburten [19][20]. Schwerwiegende Komplikationen wie Schädelfrakturen sowie intrakranielle Blutungen (ICB) im Rahmen einer VOE sollten laut Leitlinie der Fachgesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe bei richtiger Operationstechnik weder bei der FE noch bei der VE vorkommen [1].

Bei der FE stehen Hautabschürfungen, Hämatome und vorübergehende Paresen des N. facialis im Vordergrund [21][22]. Im Rahmen einer VOE mittels Saugglocke dominieren Kopfhautverletzungen und Kephalhämatome [23][24].

ICB bei Neugeborenen nach VE treten insgesamt selten auf; mit einer Rate von 19 pro 10.000 Geburten. Allerdings treten ICB bei Neugeborenen nach VE mehr als 6 mal so häufig auf, verglichen mit einer Spontangeburt und mehr als doppelt so häufig verglichen mit einer SC [25].

### **4.1.5 Maternale Verletzungen**

Analog zu den kindlichen Komplikationen sind auch mütterliche Komplikationen von der Wahl des Instrumentes und der Qualifikation des Operateurs abhängig [1]. Zu

den maternalen Verletzungen zählen insbesondere die Damm-, Scheiden-, und Zervixrisse [1]. Besonders bei FE von Beckenmitte zeigt sich eine höhere Rate an Dammrissen dritten und vierten Grades [1]. Die VE hingegen verzeichnet geringere Risikorate an dritt- und viertgradigen Dammrissen [26].

### **4.1.6 Sectio caesarea vs. vaginal operative Entbindung**

Die Idee der VOE besteht darin, eine vaginale Geburt auch trotz auftretender Komplikationen zu ermöglichen, um die Geburt zu beschleunigen [2]. Liegt eine akute fetale Bedrohung während der Geburt vor, wird die VOE gegenüber der SC bevorzugt; dies hauptsächlich aufgrund der schnelleren Entwicklung des Kindes bei VOE [1]. Bei schwer beurteilbaren Geburten beziehungsweise bei eingeschränkten Reserven des Kindes sollte eine VOE jedoch unbedingt unterlassen werden und eine SC als beendigender Geburtsmodus erfolgen [1].

Zuletzt bleibt noch die Variante einer SC mit Verwendung der Kiwi Saugglocke zur Kindesentwicklung zu erwähnen, die immer häufiger Einzug sowohl in der aktuellen Forschung als auch in der klinischen Praxis findet [27].

## **4.2 Vorsorgeuntersuchungen im Kindesalter**

### **4.2.1 Grundlagen der Vorsorgeuntersuchungen**

Rechtlich gesehen haben Kinder „bis zur Vollendung des 18. Lebensjahres Anspruch auf Untersuchungen zur Früherkennung von Krankheiten, die ihre körperliche, geistige oder psychosoziale Entwicklung in nicht geringfügigem Maße gefährden könnten“ (nach §1 der Richtlinien des Gemeinsamen Bundesausschusses (GBA) [28]). Das Ziel der Vorsorgeuntersuchungen besteht darin, durch geeignete Maß-

nahmen, mögliche Gefahren für die Gesundheit des Kindes durch rechtzeitige Diagnostik und Therapie abzuwenden (nach §1 der Richtlinien des GBA [28]).

### **4.2.2 Vorsorgeuntersuchung U1**

Die erste Vorsorgeuntersuchung U1 wird innerhalb der ersten 30 Minuten nach der Geburt des Kindes durchgeführt. Ziel der Untersuchung ist das Erkennen von lebensbedrohlichen Komplikationen, Geburtstraumata, sofort behandlungsbedürftigen Erkrankungen und Fehlbildungen sowie die Erfassung von Risikofaktoren und das Entscheiden über das weitere Vorgehen bei der Versorgung des Neugeborenen (nach §3 der Richtlinien des GBA [28]).

Wichtig ist die Erhebung der Apgar-Werte zum Zeitpunkt Minute 1, 5 und 10 post partum sowie die Bestimmung von Körperlänge, Geburtsgewicht und der Reifezeichen [28].

### **4.2.3 Vorsorgeuntersuchung U2**

Die Vorsorgeuntersuchung U2 wird im Zeitraum vom 3. bis zum 10. Lebensjahr durchgeführt. Mehrere Ziele und Schwerpunkte werden mit der U2 abgedeckt. Neben dem Erkennen von Erkrankungen und Fehlbildungen sowie frühen lebensbedrohlichen Komplikationen, spielen auch die Durchführung des Neugeborenen-screenings inklusive des Screenings auf Mukoviszidose, die Erkennung angeborener Herzfehler mittels Pulsoxymetrie und die Detektion von Hörstörungen mittels Hörscreening eine wichtige Rolle [28].

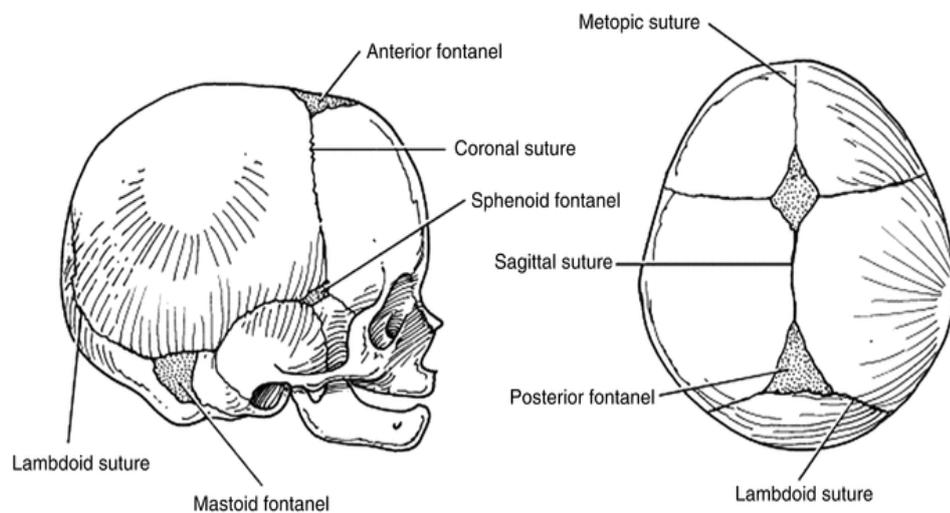
Die körperliche Untersuchung beinhaltet zunächst die Erfassung von Körpergewicht, Körperlänge und Kopfumfang, die in entsprechenden Perzentilenkurven eingetragen werden. Es folgt die Inspektion der Haut und die Untersuchung von Thorax, Lunge und Herz-Kreislaufsystem mittels Inspektion, Auskultation und Palpation der Pulse (nach §4 der Richtlinien des GBA [28]). Abdomen, Genitale und der Bewegungsap-

parat werden ebenso gründlich inspiziert. Bei der Beurteilung des Kopfes wird auf eventuell bestehende Fehlhaltungen, Dysmorphiezeichen oder auch Kephalhämatome geachtet. Zuletzt schaut sich der Untersucher noch die Mundhöhle, Kiefer und Nase sowie Ohren und Augen an. (nach §4 der Richtlinien des GBA [28]).

## 4.3 Schädelsonografie bei Neugeborenen

### 4.3.1 Grundlagen der Schädelsonografie

Die Ultraschalluntersuchung des Zerebrums (CUS) beim Neugeborenen ist aufgrund unterschiedlicher anatomischer Gegebenheiten im Gegensatz zum Erwachsenen möglich. Dabei macht sich der Untersuchende die noch offenen Schädelnähte und Fontanellen als akustische Fenster zunutze ( **Abbildung 4**). Als Ultraschallfenster dienen hierbei die vordere und hintere Fontanelle sowie die vordere und hintere Seitenfontanelle [29]. Die dadurch entstehende Variabilität der Untersuchung hat sowohl die Spezifität, als auch die Sensitivität der Ultraschalluntersuchung beträchtlich verbessert [30].



**Abbildung 4: Fontanellen beim Neugeborenen [29]**

Im Allgemeinen bietet die Sonografie die Vorzüge der schnellen bettseitigen Verfügbarkeit, der Wiederholbarkeit, des Verzichts auf eine Sedierung, den niedrigen Kosten sowie der fehlenden Strahlenbelastung [29][31]. Neben den anatomischen Strukturen kann mithilfe der Dopplersonografie auch eine Aussage über die intrakraniellen Gefäße beziehungsweise die intrakraniellen Flussgeschwindigkeiten getroffen werden [29].

Vor allem im Hinblick auf das Erkennen von Krankheitsbildern, wie ICB, Kalzifikationen, Ischämien und Hirnabszessen bietet die Ultraschalldiagnostik eine wichtige Grundlage [31].

### **4.3.2 Untersuchungstechnik**

Im Gegensatz zur abdominellen Sonografie bietet der CUS nur kleine Schallfenster. Aus diesem Grund kommen überwiegend Sektorschallköpfe zum Einsatz. Sie gewährleisten dem Untersuchenden trotz kleiner Ankopplungsfläche einen relativ großen Bildausschnitt in der Tiefe [29].

### **4.3.3 Schnittebenen**

Abhängig vom Lebensalter werden routinemäßig unterschiedliche Standardebenen gewählt. Sind die Fontanellen noch offen, wird häufig eine Bildgebung in Koronar- und Sagittalschnitten durchgeführt (Abbildungen 5 und 6). Bei bereits verschlossenen Fontanellen gehören die axialen und koronaren Schnitte durch die temporale Schädelkalotte zu den Standardschnitten [29].

Durch die vordere Fontanelle lassen sich durch Kippen des Schallkopfes nach rechts und links die Hemisphären im Sagittalschnitt beurteilen. Durch Kippen von frontal nach okzipital können das Frontal-, Parietal- und Okzipitalhirn und die hintere Schädelgrube im Koronarschnitt eingesehen werden [29].

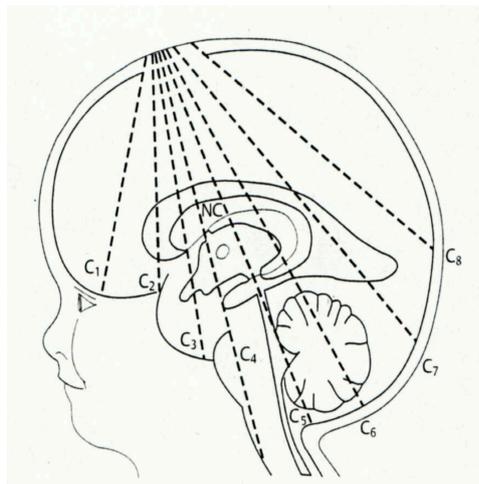
Der Sagittalschnitt durch die hintere Fontanelle lässt neben der Beurteilung der Hemisphären außerdem eine Einschätzung der angrenzenden Ventrikel und der

Basalganglien zu. Des Weiteren ist hier ein Axialschnitt durch Kippen des Schallkopfes nach kranial und kaudal möglich [29].

Der CUS durch die hintere Seitenfontanelle dient der Einschätzung der hinteren Schädelgrube. Ein besonderes Augenmerk wird hierbei auf das Kleinhirn, den vierten Ventrikel und das Aquädukt gelegt [29].

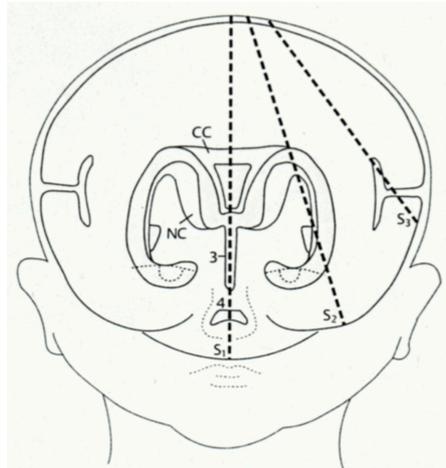
Im Rahmen einer CUS durch die temporale Schädelkalotte können Axialschnitte ähnlich der Horizontalschnitte der kranialen CT dargestellt werden. Dies erreicht man durch Kippen des Schallkopfes entlang der Koronarnaht [29].

Im Rahmen einer CUS ist es wichtig immer mindestens vier Schnittebenen zu dokumentieren. Dazu zählen ein medianer Sagittalschnitt, je ein Sagittalschnitt durch den rechten und linken Seitenventrikel und ein mittlerer Koronarschnitt in Höhe des dritten Ventrikels [29]. Pathologische Strukturen können dabei fakultativ auf weiteren Schnittebenen dargestellt werden und sollten immer auf zwei senkrecht aufeinander stehenden Ebenen dokumentiert werden [29].



- C 1 = Vorderer Koronarschnitt vor den Seitenventrikelvorderhörnern
- C 2 = Vorderer Koronarschnitt durch die Seitenventrikelvorderhörner
- C 3 = Mittlerer Koronarschnitt durch die Seitenventrikelvorderhörner und den III. Ventrikel
- C 4 = Hinterer Koronarschnitt durch die Cisterna quadrigemina und durch die Pedunculi cerebri
- C 5 = Hinterer Koronarschnitt durch den IV. Ventrikel
- C 6 = Hinterer Koronarschnitt durch das Kleinhirn
- C 7 = Hinterer Koronarschnitt durch die Seitenventrikelhinterhörner
- C 8 = Hinterer Koronarschnitt oberhalb der Seitenventrikel
- NC = Nucleus caudatus

**Abbildung 5: Schematische Darstellung der Koronarschnitte [29]**



- S 1 = Mittlerer Sagittalschnitt durch den III. und IV. Ventrikel
- S 2 = Parasagittalschnitt durch den Seitenventrikel
- S 3 = Parasagittalschnitt durch die Inselregion
- CC = Corpus callosum
- NC = Nucleus caudatus

Abbildung 6: Schematische Darstellung der Sagittalschnitte [29]

### 4.3.4 Intrakranielle Blutungen im Ultraschall

Im Ultraschallbild stellen sich frische ICB echoreich dar und lassen sich leicht vom echoarmen Hirngewebe und den echofreien Liquorräumen differenzieren (Abbildung 7) [29]. Nach einigen Tagen stellt sich die ICB im Zentrum echoärmer dar, bis sie schließlich zuletzt ganz echofrei erscheint (Abbildung 8) [29].

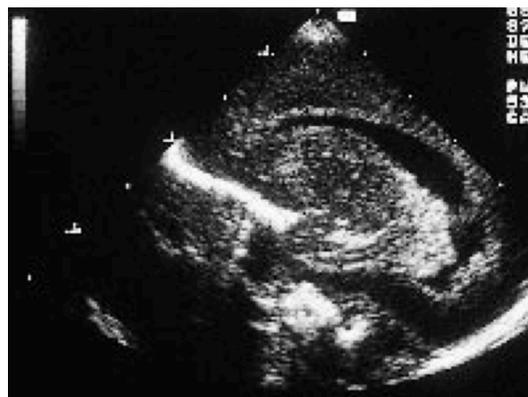
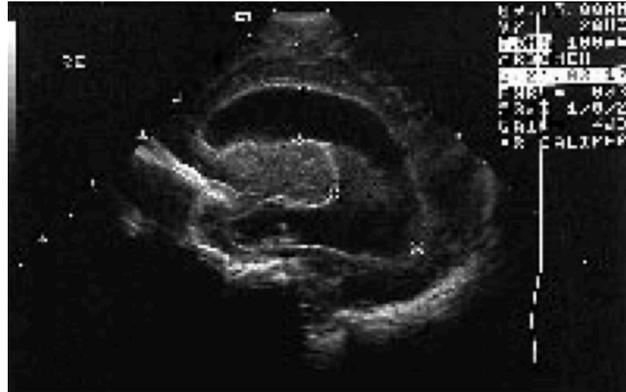


Abbildung 7: Parasagittalschnitt durch den Seitenventrikel mit Blutkoageln. Echogenitätsvermehrung im Bereich des Seitenventrikelkorpus' und Seitenventrikelhinterhorns. [32]



**Abbildung 8: Parasagittalschnitt durch den erweiterten Seitenventrikel. Alte Blutkoagel im Seitenventrikel-Trigonum und am Boden des Temporalhorns. [32]**

### **4.3.5 Stellenwert der Dopplersonografie**

Die Dopplersonografie kann bei traumatisch bedingten epiduralen, subduralen und subarachnoidalen Blutungen wichtige Informationen über das Flussprofil und damit die Prognose und eventuelle Komplikationen wie der Einklemmung bieten [29].

Je nach Größe der Blutung kann es zu einer Abnahme des zirkulierenden Blutvolumens und des Auswurfvolumens sowie zu einem Abfall des Blutdrucks kommen. Als Folge dessen kommt es zu einem Abfall der diastolischen Flussgeschwindigkeiten. Ebenso können aufgrund eines erhöhten intrakraniellen Druckes die diastolischen Flussgeschwindigkeiten in den intrakraniellen Arterien abfallen, was zu einer Verminderung der ICB vor allem bei aufgehobener Autoregulation führt [29]. Als Faustregel gilt hier, dass die Höhe der diastolischen Amplitude und der enddiastolischen Flussgeschwindigkeit umgekehrt proportional zum Anstieg des intrakraniellen Druckes ist [29]. Im Falle eines kaum nachweisbaren diastolischen Flusses oder einer retrograden Flussrichtung droht im Verlauf eine Einklemmung [29]. Bei solchen foudroyanten Verläufen sollte möglichst zeitnah eine neurochirurgische Intervention durchgeführt werden, um schwere Hirnschädigungen, wie beispielsweise sekundäre ischämische Parenchymläsionen, zu vermeiden [29].

## 4.4 Extra- und intrakranielle Blutungen bei Neugeborenen

Als Komplikation einer VOE können extra- und intrakranielle Hämatome und Blutungen entstehen [19][33]. Zu den extrakraniellen Blutungen zählen das Caput succedaneum, das subgaleale Hämatom und das Kephalthämatom (Abbildung 9). Extrazerebrale Hämatome lassen sich gut mit hoch auflösenden Linear- oder Curved-Schallköpfen darstellen [29]. Oft sind die Blutungen so ausgedehnt, dass sie sich gut durch konventionelle Koronar- und Sagittalschnitte nachweisen lassen [29].

ICB umfassen vor allem epidurale-, subdurale-, subarachnoidale- und intraventrikuläre Blutungen [20]. Am häufigsten finden sich ICB bei Frühgeborenen aufgrund einer hypoxisch-ischämischen Genese im Bereich der periventrikulären germinalen Matrix [33]. Bei Reifgeborenen sind sie oft traumatischer Genese oder durch Gerinnungsstörungen bedingt [33].

Im Zweifelsfall sollte bei unsicheren Befunden immer eine MRT oder gegebenenfalls auch eine CT zur Bestätigung beziehungsweise Ausschluss der Verdachtsdiagnose durchgeführt werden [33].

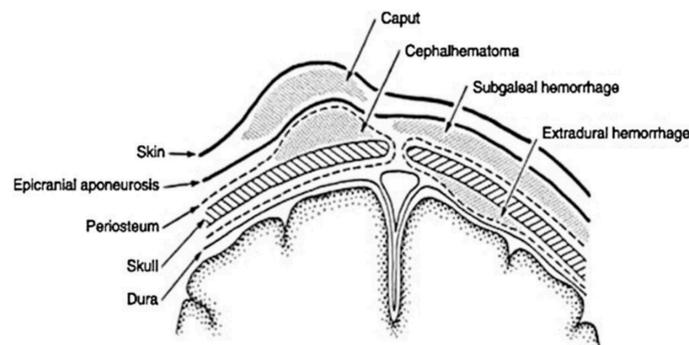


Abbildung 9: Extradurale Flüssigkeitsansammlungen [20]

### **4.4.1 Einteilung intrakranieller Blutungen bei Frühgeborenen**

1978 nahmen Papile et. al eine Einteilung der Hirnblutungen bei Frühgeborenen vor [34]. Sie unterschieden zwischen subependymalen Blutungen (Grad 1), intraventrikulären Blutungen ohne Ventrikelerweiterung (Grad 2) beziehungsweise mit Ventrikelerweiterung (Grad 3) sowie intraventrikulären Blutungen in Kombination mit einer Parenchymblutung (Grad 4) [34].

Basierend auf dieser Einteilung von Papile et. al modifizierte 1999 die pädiatrische Sektion der DEGUM die Einteilung der Hirnblutungen weiter [32]. Von einer Grad 1 Blutung spricht man somit bei subependymalen Blutungen, die von der Germinalmatrix ausgehen und lediglich die periventrikulären Keimlager betreffen. Grad 2 Blutungen entsprechen leichten Ventrikeleinbruchblutungen mit weniger als 50 % Lumenausfüllung. Bei Grad 3 Blutungen handelt es sich um schwere Ventrikeleinblutungen mit mehr als 50 % Lumenausfüllung [29]. Hämorrhagische Infarzierungen als Komplikation werden als eigene Entität aufgefasst und auch Blutungen in Regionen wie dem Kleinhirn, Basalganglien oder Stammhirn werden separat behandelt. Die posthämorrhagische Ventrikelerweiterung wird als Folge der Blutung angesehen und findet sich somit nicht in der Klassifikation wieder [29].

### **4.4.2 Caput succedaneum**

Die Pathogenese des Caput succedaneum besteht in einem erhöhten Druck auf den fetalen Schädel während der Geburt, was zu einer Blutansammlung zwischen Haut und Schädelaponeurose führt und klinisch in einer ödematösen Schwellung imponiert [20]. Aufgrund seiner Lage außerhalb des Periosts breitet sich die Blutung über die Schädelnähte hinaus aus [20][35][36]. Klinisch führt das Caput succedaneum zu Erythemen, Petechien und Ekchymosen [20]. Im Regelfall bildet sich die Blutung innerhalb von vier bis sechs Tagen zurück und bedarf keiner weiteren Therapie [20][36].

### 4.4.3 Subgaleale Blutung

Die subgaleale Blutung präsentiert sich klinisch als eine fluktuierende Schwellung über den gesamten Schädel mit Überschreiten der Schädelnähte. Im Extremfall kann sie sich bis zu den Augen, der temporalen Faszie und zum Nacken ausdehnen [20]. Ein größerer Blutverlust bis zu 40 % des gesamten Blutvolumens kann als Folge der Blutung resultieren, was sich klinisch in Tachykardien, einem fallenden Hämatokrit und bis hin zum hämorrhagischen Schock äußern und ein intensives Monitoring sowie Bluttransfusionen erforderlich machen kann [20].

Lokalisiert ist die subgaleale Blutung zwischen Galea und der Schädelkalotte, bedingt durch eine Verletzung der abführenden, in den Sinus drainierenden Venen [20].

Die Inzidenz von 64 in 10.000 Vakuum-assoziierten Geburten im Vergleich zu 4 in 10.000 Spontangeburt zeigt eine Assoziation zu VOE [20]. Teilweise wird eine Aspiration der Blutmasse als therapeutische Maßnahme vorgeschlagen, die man bei Bedarf auch mehrfach wiederholen kann [36][37].

### 4.4.4 Kephalhämatom

Im Gegensatz zu den vorherig genannten Hämatomen ist das Kephalhämatom dadurch charakterisiert, dass es sich aufgrund seiner Lage zwischen dem äußeren Periost und dem Schädelknochen nie über die Schädelnähte hinaus ausdehnt [20]). Die Ursache findet sich in einer Ruptur kleiner Venen [20].

Statistisch gesehen tritt diese Blutung bei 1 bis 2 % aller Geburten auf [20]. Nach *Demisse et al.* erhöht sich das Risiko von Kephalhämatomen, verglichen mit einer Spontangeburt, bei FE um den Faktor 4-5, bei VE um den Faktor 8-9 und bei Kombination beider Instrumente um den Faktor 11-12 [26].

Klinisch präsentiert sich das Kephalhämatom häufig unilateral mit einer an Größe zunehmender, palpabler Schwellung, deren Maximum sich am dritten postnatalen Tag manifestiert [20]. Zumeist liegt keine Therapiebedürftigkeit vor, da es sich einerseits um eine sich langsam entwickelnde Blutung handelt und sich andererseits

die Blutung in der Mehrzahl der Fälle innerhalb von Wochen bis Monaten spontan zurückbildet.

### **4.4.5 Epidurale Blutungen**

Epidurale Blutungen treten insgesamt selten auf [20]. Sie sind Folge einer Ruptur der A. meningea media und äußern sich klinisch in Krampfanfällen, gespannten Fontanellen und Bewusstseinsveränderungen [20]. Ein gemeinsames Auftreten mit einer linearen Kopffraktur ist möglich. Ebenso kann die Blutung durch ein entstehendes Hirnödem zu erhöhtem Hirndruck führen, was schnellstmöglich die Durchführung einer Schnittbilddiagnostik – meist eine kranielle CT Untersuchung erforderlich macht; alternativ auch eine Sonografie des Zerebrums [29][38][39]. Therapeutisch ist ein enges Monitoring sowie ein chirurgisches Verfahren bei drohender Herniation indiziert [20].

Sonografisch imponieren epidurale Blutungen als echogene Raumforderungen zwischen der echogenen Schädelkalotte und dem echoarmen Gehirn [29]. Oftmals stellen sie sich linsenförmig oder bikonvex dar und können somit von den eher halbmondförmigen subduralen Blutungen abgegrenzt werden [29].

### **4.4.6 Subdurale Blutungen**

Die Inzidenz von subduralen Blutungen verdoppelt sich im Vergleich zu Spontangeburt bei VOE [20]. Beim Einsatz beider Verfahren gemeinsam verzehnfacht sich das Risiko einer subduralen Blutung [20]. Verglichen mit der SC als Geburtsmodus zeigen die VOE eine höhere Inzidenz an subduralen Blutungen [21].

Pathogenetisch ist ein Abriss der Brückenvenen ursächlich für eine subdurale Blutung, die sich zwischen Dura mater und Arachnoidea ausdehnt, und häufig im Bereich des Tentoriums und zwischen den Hemisphären lokalisiert ist [20]. In schweren Fällen kann es zum Einreißen des Tentoriums mit letaler Blutung aus den großen Blutleitern oder zur Ansammlung von Blut in der hinteren Schädelgrube kom-

men, was eine tödlich verlaufende Kompression des Atemzentrums zur Folge haben kann [20].

Klinisch präsentiert sich die subdurale Blutung in den ersten 24-48 Stunden nach der Geburt mit respiratorischer Problematik, Krampfanfällen sowie neurologischen Ausfällen [20].

Diagnostisch bietet die CUS durch einen erfahrenen Untersucher eine gute Möglichkeit zur Detektion von ICB [20]. Zusätzlich kann auf weitere radiologische Untersuchungen mittels CT und MRT zurückgegriffen werden [20]. Sonografisch imponieren subdurale Blutungen als konkave, echogene Raumforderungen, die potenziell zu Verlagerungen von Mittellinienstrukturen und des Ventrikelsystems führen können [29]. Die Gyri erscheinen durch die Komprimierung eher abgeflacht und die Sulci treten prominent hervor [29]. In der Dopplersonografie kann als Zeichen einer intrakraniellen Druckerhöhung eine Erniedrigung der diastolischen Amplitude auffällig sein [29].

### **4.4.7 Subarachnoidale Blutungen**

Die Pathogenese der subarachnoidalen Blutungen besteht in einer Ruptur von Brückenvenen im Subarachnoidalraum [20]. Klinisch auffällige Kinder zeigen Apnoephasen und Krampfanfälle als typische Manifestation der Blutung 24-48 Stunden postpartum [20]. Oft kann die klinische Symptomatik jedoch auch fehlen oder sich unspezifisch manifestieren [33]. Ein intensives Monitoring und eine gegebenenfalls notwendige chirurgische Intervention sind in der Therapie essenziell [20].

Subarachnoidalblutungen sind häufig sehr weit peripher lokalisiert und stellen sich als diskrete Blutansammlungen dar, weshalb sich der sonografische Nachweis als schwierig erweisen kann [33]. Die Hirnoberfläche stellt sich im CUS reflexreich dar und eine Differenzierung zu den ebenfalls echoreichen Blutkoageln kann sich schwierig gestalten [29].

Typisch ist eine Aufweitung der Fissura Sylvii parieto-temporal, die unregelmäßig begrenzt ist und im Seitenvergleich echogener erscheint. Weiterhin stellen sich die Gyri und Sulci der betroffenen Hemisphäre verwaschener und unklarer als auf der Gegenseite dar.

Bei Verdacht auf eine Subarachnoidalblutung empfiehlt sich in der CUS vor allem der Einsatz von Koronarschnitten, die durch den Vorteil des Seitenvergleiches einen Hinweis auf eine Blutung geben können [29].

Es ist allerdings festzuhalten, dass bei Verdacht auf, beziehungsweise bei Vorliegen einer Subarachnoidalblutung die kranielle CT und MRT dem CUS überlegen sind; auch wenn mit diesen Verfahren die Gefahr diskrete Blutungen ebenfalls zu übersehen nicht ausgeschlossen ist [29].

### **4.5 Fragestellung**

Die Diagnostik mittels CUS ist eine weitverbreitete, leicht verfügbare und nicht invasive Methode zur Detektion intrakranieller Pathologien, insbesondere auch von ICB, bei Neugeborenen.

Das primäre Ziel der Studie bestand dahingehend darin, die Rolle des CUS bei Neugeborenen nach VOE zu untersuchen und zu evaluieren, ob ein routinemäßiger CUS im Rahmen der Vorsorgeuntersuchung U2 nach VOE im Hinblick auf die Detektion intrakranieller Blutungen sowie extrakranieller Pathologien wie beispielsweise Kephalhämatome sinnvoll ist. Weiterhin analysierten wir mögliche Risikofaktoren für das Auftreten von kindlichen Kopfverletzungen, neurologischen Auffälligkeiten des Neugeborenen sowie maternalen geburtshilflichen Komplikationen.

## **5. Material und Methodik**

Diese prospektive Studie wurde am Universitätsklinikum des Saarlandes in Homburg/Saar, Deutschland auf der Wöchnerinnenstation FR03 und FR04 der Frauenklinik sowie der neonatologischen Intensivstation der Kinderklinik im Zeitraum vom 01.11.2017 bis zum 20.11.2018 durchgeführt.

Die Ethikkommission des Saarlandes, Saarbrücken, Deutschland erteilte am 05. Oktober 2017 die Genehmigung zur Durchführung der Studie (Kennnummer 204/17).

### **5.1 Ein- und Ausschlusskriterien**

Es wurden ausschließlich Neugeborene eingeschlossen, die mittels VOE, beziehungsweise eines solchen Versuches oder einer vakuumassistierten SC zur Welt kamen. Bei der VOE handelte es sich entweder um eine VE, eine Entbindung mittels des Kiwi OmniCups, eine Geburt mithilfe der Forzepsextraktion oder deren kombinierter Einsatz. Weiterhin beinhalteten die Einschlusskriterien die Durchführung des CUS im Rahmen der Vorsorgeuntersuchung U2 und das Einverständnis der Erziehungsberechtigten.

Als Ausschlusskriterien galten lediglich Totgeburten, Geburten vor der 36 + 0 SSW, fehlendes Einverständnis und fehlender CUS.

## 5.2 Parameter

Die Erfassung der Daten erfolgte nach einem Aufklärungsgespräch und schriftlicher Einwilligung der Erziehungsberechtigten mittels Anamnese, Patientenakten und Informationen aus dem Krankenhausinformationssystem SAP des Universitätsklinikums des Saarlandes (SAP, Walldorf, Deutschland). Die körperliche und sonografische Untersuchung erfolgte durch die Ärzte der Kinderklinik des Universitätsklinikums. In wenigen zufällig ausgewählten, repräsentativen Fällen erfolgte zusätzlich eine Fotodokumentation von äußerlich sichtbaren neonatalen Kopfverletzungen, die durch den Geburtsmodus zustande kamen (s. Anhang).

Folgende Parameter wurden erhoben:

- **Kindliche Parameter:** Geschlecht, Geburtsgewicht, Körperlänge/, Kopfumfang, Gestationsalter, Apgar-Werte Minute 1/5/10, Nabelarterien-pH, Kopfverletzungen, neurologische Auffälligkeiten, Ultraschallpathologien, Verlegung auf die neonatologische Intensivstation
- **Maternale Parameter:** Alter, Gewicht bei Entbindung, Körperlänge, Body Mass Index (BMI), Graviddität und Parität, Lage des Fetus, Durchführung einer Episiotomie, Vorliegen eines Scheidenrisses, Cervixrisses, Dammrisses sowie Verletzungen des M. sphincter ani
- **Organisatorische Parameter:** Qualifikation des Operateurs (Ober-, Fach-, Assistenzarzt), Wochentag, Uhrzeit (8 - 17 Uhr bzw. 17 - 8 Uhr), Erfassung der Beckenebene, Sog der Saugglocke ( $\text{kp}/\text{cm}^2$ ), Anzahl der Züge am kindlichen Kopf, Komplikationen der VOE (Abreißen der Saugglocke, Sonstige)

Die pathologischen Befunde in der Schädelsonografie wurden unterteilt in die Kategorien „keine pathologischen Befunde in der Schädelsonografie“ und „pathologische Befunde in der Schädelsonografie“, wobei jegliche Auffälligkeiten des kindlichen Gehirns zu der Kategorie „pathologische Befunde in der Schädelsonografie“ gezählt wurden.

Zu den neurologischen Auffälligkeiten zählten unter anderem Krampfanfälle, intermittierendes Fäusteln sowie Beuge-/Strecktendenzen.

Die Variable „kindliche Kopfverletzungen“ beinhaltete die Kategorie „keine Kopfverletzungen“ und die Kategorie „Kopfverletzungen“. Zu der Kategorie „keine Kopfverletzungen“ zählten:

- keine klinischen Auffälligkeiten
- Hautabschürfungen
- Saugglockenmarken
- Zangenmarken
- verformter Kopf

Zu der Kategorie „Kopfverletzungen“ zählten:

- Kephalhämatoome
- Kopfgeschwulst
- subgaleales Hämatom
- Caput succedaneum
- Retinale Verletzungen/Einblutungen
- Vorliegen einer Kombination aus den oben genannten Pathologien

Auch die Variable „maternale Komplikationen“ wurde in die Kategorien „keine maternalen Komplikationen“ und „maternale Komplikationen“ eingeteilt. Dabei zählten die geburtsbedingten Komplikationen Scheidenriss, Cervixriss, Dammriss und Verletzungen des M. sphincter ani zu den „maternalen Komplikationen“. Lag keine geburtsbedingten Komplikationen vor oder wurde geburtshilflich lediglich eine Episiotomie durchgeführt, wurden diese Fälle zu der Kategorie „keine maternalen Komplikationen“ gezählt.

Bei der Variable „Wochentag“ wurde zwischen „Werktag“ und „Wochenende“ unterschieden. Montag bis Freitag zählte zu „Wochentag“ und Samstag, Sonntag sowie Feiertage zählten zum „Wochenende“.

Die Variable Beckenebene wurde unterteilt in Beckenmitte und Beckenboden. Entbindungen aus „Beckenmitte“ beinhalteten die Stationen +1, +2 und +3 nach *de Lee*. Entbindungen vom Beckenboden entsprachen der Station +4. Als zusätzliche Kategorie wurde eine Entwicklung des Kindes mittels Kiwi im Rahmen einer SC aufgenommen.

### **5.3 Instrumente der vaginal operativen Entbindung**

Die verwendeten Instrumente waren die Metallsaugglocke bei der herkömmlichen VE, das Handvakuum Kiwi OmniCup (Kiwi OmniCup VAC-6000ME, Clinical Innovations, LLC, South Murry, USA) und die Zange vom Kjelland-, Bamberger- sowie Kieland- Typ.

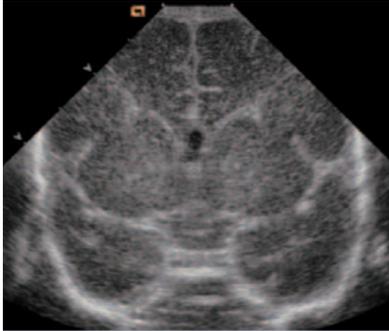
### **5.4 Schädelsonografie**

Im Anschluss an die regulären Untersuchungen der Vorsorgeuntersuchung U2 führte der/die untersuchende Oberarzt/Oberärztin der neonatologischen Intensivstation einen CUS durch und dokumentierte dies in einem Befundbogen oder der kindlichen Akte. Im Falle einer stationären Aufnahme des Neugeborenen auf die neonatologische Intensivstation des Universitätsklinikums fand der CUS zeitlich unabhängig von der Vorsorgeuntersuchung U2 statt. Für die Durchführung der CUS wurde entweder das Ultraschallgerät GE Vivid S70 oder GE Vivid S5 (GE, Healthcare, Solingen, Deutschland) verwendet.

Die Dokumentation des CUS erfolgte gemäß der Dokumentationsleitlinien der ÖGUM und DEGUM [40].

Dabei wurden 3 Koronarschnitte durch die Vorderhörner der Seitenventrikel, durch die Seiten- und den dritten Ventrikel und durch die Hinterhörner- und Trigona der Seitenventrikel durchgeführt und dokumentiert. Des Weiteren waren ein medianer Sagittalschnitt durch den Vermis cerebelli sowie 2 Parasagittalschnitte durch die

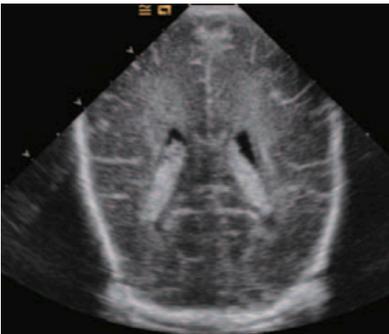
Seitenventrikel und periventrikulär gefordert (Abbildungen 10-15). Bei Auffälligkeiten konnte die bis dato ausgeführte Minimaldokumentation noch durch gezielte Zusatzschnitte ergänzt werden.



**Abbildung 10: Koronarschnitt durch die Vorderhörner der Seitenventrikel [40]**



**Abbildung 11: Koronarschnitt durch die Seiten- und den dritten Ventrikel [40]**



**Abbildung 12: Koronarschnitt durch die Hinterhörner und Trigona der Seitenventrikel [40]**



**Abbildung 13: Medianer Sagittalschnitt durch den Vermis cerebelli [40]**



**Abbildung 14: Parasagittalschnitt links und rechts durch die Seitenventrikel [40]**



**Abbildung 15: Parasagittalschnitt periventrikulär [40]**

## 5.5 Statistik

Die erhobenen Daten wurden pseudonymisiert mittels des Programms IBM SPSS Statistics Version 24.0 (IBM Corporation, Released 2015. IBM SPSS Statistics for OS X, Version 24.0. Armonk, NY, USA) erfasst und statistisch ausgewertet.

Die deskriptive Statistik lieferte Datensätze zu Häufigkeiten und Verteilungswerten. Dabei wurden absolute und relative Häufigkeiten sowie Minimum, Maximum, Mittelwert (MW) und die Standardabweichung (SD) angegeben.

Zum Vergleich von Variablen wurde der *t-Test für unabhängige Stichproben* oder der *Chi<sup>2</sup>-Test* angewandt. Bei einer erwarteten Zelhäufigkeit <5 wurde statt des *Chi<sup>2</sup>-Tests* der *Fisher Exakt Test* durchgeführt. Ein p-Wert kleiner 0,05 galt als statistisch signifikant.

Die binär logistische Regression mit den Methoden Vorwärts und Rückwärts nach Wald wurde durchgeführt. Bei Unstimmigkeiten der beiden genannten Methoden wurde jeweils die Rückwärtsmethode nach Wald angewandt. Angegeben wurde das Odds ratio (OR), das 95 %- Konfidenzintervall (95 %-CI) und der p-Wert.

Alle signifikanten Variablen wurden weiterhin mit einer multivariaten logistischen Regression analysiert.

## 6. Ergebnisse

Im Zeitraum vom 01. November 2017 bis zum 20. November 2018 kamen insgesamt 2005 Kinder im Universitätsklinikum des Saarlandes zur Welt; 236 (11,7 %) durch VOE. 29 Kinder konnten aufgrund eines fehlenden Einverständnisses der Eltern oder Nichterfüllen des Einschlusskriteriums  $\geq 36+0$  SSW nicht in die Studie aufgenommen werden. Insgesamt wurden die Daten von 207 Neugeborenen und ihren Müttern erfasst. Nachdem 7 Neugeborene aufgrund eines fehlenden CUS nachträglich ausgeschlossen werden mussten, erfüllten 200 Neugeborene die Einschlusskriterien.

### 6.1 Maternale Parameter

Das Alter der Mutter variierte zwischen 17 und 45 Jahren (J) (*MW: 29,7 J, SD: 5,4 J*) und der Body Mass Index (BMI) lag zwischen 21,8 kg/m<sup>2</sup> und 53,0 kg/m<sup>2</sup> (*MW: 29,9 kg/m<sup>2</sup>, SD: 5,4 kg/m<sup>2</sup>*)

In der Mehrzahl der Fälle (n=131, 65,5 %) waren die Mütter Erstgravida. Lediglich 69 (34,5 %) Frauen waren Multigravida. 155 (77,5 %) waren Erstpara und 45 (22,5 %) Multipara. Unter den Multipara sahen die früheren Geburtsmodi wie folgt aus: 26 (57,8 %) SC, 11 (25,6 %) Spontanpartus und 8 (17,8 %) VOE. In 7 (3,5 %) Fällen entstand die Schwangerschaft durch eine in vitro Fertilisation oder intrazytoplasmatische Spermieninjektion.

30 (15,0 %) Mütter litten unter einem Gestationsdiabetes.

Weheneinleitungen wurden in 65 (32,5 %) Fällen durchgeführt und 77 (38,5 %) Frauen erhielten eine PDA.

## 6.2 Organisatorische Parameter

Insgesamt wurden 134 (67,0 %) Geburten durch einen Oberarzt durchgeführt, 34 (17,0 %) durch einen Facharzt und 32 (16,0 %) durch einen Assistenzarzt. Die meisten Geburten erfolgten an einem Wochentag ( $n = 133$ , 66,5 %) und außerhalb der üblichen Arbeitszeiten zwischen 17.00 und 8.00 Uhr ( $n = 120$ , 60,0 %). Hinsichtlich dieser Parameter gab es keinen signifikanten Zusammenhang zu Kopfverletzungen, neurologischen Auffälligkeiten oder maternalen Komplikationen (Tabelle 4-6).

Entbindungen ab Beckenmitte (Stationen +1, +2, +3 nach de Lee) gab es in 178 (78,0 %) Fällen; 11 (5,5 %) ab Beckenboden (Station +4 nach de Lee) und in 11 (5,5 %) Geburten wurde das Kind durch eine Kiwi im Rahmen einer SC geboren.

Der Unterdruck der Saugglocke variierte zwischen 60 bis 80  $\text{kp/cm}^2$  ( $MW: 78,8 \text{ kp/cm}^2$ ,  $SD: 4,8 \text{ kp/cm}^2$ ) und die Anzahl der Züge reichte von 1 bis 5 ( $MW: 1,9$ ,  $SD: 0,6$ ).

87,5 % ( $n = 175$ ) der Geburten verliefen ohne Komplikationen. Die wichtigste Komplikationen, das Abreißen der Saugglocke vom kindlichen Kopf, geschah in 4,5 % der Fälle ( $n = 9$ ).

## 6.3 Neonatale Parameter

Von den 200 eingeschlossenen Neugeborenen waren 86 (43 %) weiblich und 114 (57 %) männlich.

182 Neugeborene (91,0 %) kamen zwischen der 37+0 und der 41+0 SSW zur Welt. 16 (8,0 %) Neugeborene kamen als Frühgeborene mit einem Gestationsalter von 36 +0 - 36+6 SSW zur Welt und 2 (1,0 %) nach der 41+0 SSW ( $MW: 276,88 \text{ Tage}$ ,  $SD: 8,79 \text{ Tage}$ ). Die meisten Schwangerschaften waren Einlingsschwangerschaften ( $n=193$ , 96,5 %). In 7 (3,5 %) Fällen lagen Zwillingsschwangerschaften vor, wovon 3 Zwillingspärchen und ein Zwilling allein durch VOE zur Welt kamen.

Die somatischen Parameter stellten sich wie folgt dar: Das Geburtsgewicht betrug 3345,6 g +/- 450,6 g und die Spanne lag zwischen 2090 bis 4760 Gramm. Die Körperlänge betrug 51,7 cm +/- 4,3 cm mit einer Spanne von 43,0 cm - 58,0 cm.

Der Kopfumfang lag im Mittel bei 34,96 cm +/- 1,5 cm mit einer Spanne zwischen 31,0 cm und 39,0 cm.

Es gab keinen signifikanten Unterschied zwischen Geburtsgewicht und Kopfumfang zwischen den Neugeborenen mit Kopfverletzungen und denen ohne Kopfverletzung (Tabelle 2). Allerdings zeigte sich ein signifikanter Unterschied bezüglich der Variable Körperlänge zwischen den Neugeborenen mit Kopfverletzungen und denen ohne Kopfverletzungen (Tabelle 2),

Somatische Parameter	Kopfverletzungen	Keine Kopfverletzungen	p-Wert (2-seitig)*
Geburtsgewicht [g]	3415,9 ± 434,7	3311,8 ± 455,7	0,13
Körperlänge [cm]	52,4 ± 2,3	51,4 ± 2,5	<b>0,003</b>
Kopfumfang [cm]	34,9 ± 1,5	35,0 ± 1,5	0,70

**Tabelle 2: Somatische Parameter der Neugeborenen in Bezug auf Kopfverletzungen. Die Daten sind als MW und SD angegeben. P-Werte kleiner 0.05 werden als statistisch signifikant angesehen. \*t-test für unabhängige Stichproben.**

Am häufigsten (n=103, 51,5 %) lag eine erste vordere Hinterhauptslage vor, gefolgt von der zweiten vorderen Hinterhauptslage (n=51, 25,5 %) und der hinteren Hinterhauptslage (n=12, 6,0 %). In 34 (17,0 %) Fällen wurde die Schädellage nicht genauer definiert.

In den meisten Fällen war die postnatale Adaption sehr gut (Tabelle 2). Kein Neugeborenes hatte Apgar-Werte kleiner 4 zu den Zeitpunkten Minute 5 und 10. Der Nabelschnurarterien-pH variierte von 6,7 bis 7,5 (MW: 7,24, SD: 0,1).

Apgar	Apgar Wert Minute 1	Apgar Wert Minute 5	Apgar Wert Minute 10
0 - 3	9 (4,5 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)
4 - 7	18 (9,0 %)	12 (6,0 %)	3 (1,5 %)
8 - 10	172 (86,0 %)	187 (93,5 %)	196 (98,0 %)

Tabelle 3: Apgar-Werte bei Minute 1, 5 und 10, dargestellt als absolute- und relative (in Klammern) Häufigkeiten. Die relativen Häufigkeitsangaben beziehen sich auf die absoluten Häufigkeitsangaben in derselben Gruppe.

## 6.4 Binär logistische Regression – maternale Komplikationen

Bei 176 (88,0 %) Frauen wurde als geburtshilfliche Maßnahme eine mediolaterale Episiotomie durchgeführt. Unter den geburtsbedingten maternalen Verletzungen dominierten die Scheidenrisse (n = 74, 37,0 %), gefolgt von Dammrissen (n = 26, 13,0 %), Cervixrissen (n = 8, 4,0 %) und Analsphinkterverletzungen (n = 7, 3,5 %). Die univariate logistische Regression zeigte einen signifikanten Zusammenhang zwischen maternalen Komplikationen und der Beckenebene (Tabelle 4).

## Ergebnisse

Parameter	Maternale Komplikationen	Keine maternalen Komplikationen	Odds ratio	95%-Konfidenzintervall	p-Wert (2-seitig)
<b>Nabelschnurarterien-pH</b> < 7,2 ≥7,2	24 (25,8 %) 69 (74,2 %)	26 (24,3 %) 81 (75,7 %)	0,9	0,5 - 1,8	0,81
<b>Kopfverletzungen</b> Ja Nein	31 (33,3 %) 62 (66,7 %)	34 (31,8 %) 73 (68,2 %)	1,1	0,6 - 1,9	0,82
<b>Neurologische Auffälligkeiten</b> Ja Nein	4 (4,3 %) 89 (95,7 %)	4 (3,7 %) 103 (96,3 %)	1,2	0,3 - 4,8	0,84
<b>Verlegung auf Intensivstation</b> Ja Nein	10 (10,8 %) 83 (89,2 %)	12 (11,2 %) 95 (88,8 %)	1,0	0,4 - 2,3	0,92
<b>Alter der Mutter [Jahre]</b> <18 18-35 >35	1 (1,1 %) 74 (79,6 %) 18 (19,4 %)	0 (0,0 %) 83 (77,6 %) 24 (22,4 %)			*0,50
<b>BMI [kg/m<sup>2</sup>]</b> <25 25-30 >30	14 (15,1 %) 46 (49,5 %) 32 (34,4 %)	12 (11,2 %) 50 (46,7 %) 42 (39,3 %)			*0,63
<b>Operateur</b> Oberarzt Facharzt Assistenzarzt	60 (64,5 %) 14 (15,1 %) 19 (20,4 %)	74 (69,2 %) 20 (18,7 %) 13 (12,1 %)			*0,26
<b>Wochentag</b> Werktag Wochenende	64 (68,8 %) 29 (31,2 %)	69 (64,5 %) 38 (35,5 %)	0,8	0,5 - 1,5	0,52
<b>Uhrzeit</b> 08.00-17.00 Uhr 17.00-08.00 Uhr	34 (36,6 %) 59 (63,4 %)	46 (43,0 %) 61 (57,0 %)	1,3	0,7 - 2,3	0,36
<b>Beckenebene</b> Beckenmitte Beckenboden Sectio caesarea	90 (96,8 %) 3 (3,2 %) 0 (0,0 %)	88 (82,2 %) 8 (7,5 %) 11 (10,3 %)			*0,002

**Tabelle 4 : Zusammenhang zwischen maternalen Komplikationen und kindlichen, maternalen und organisatorischen Parametern.**

Die Daten sind als absolute und relative (in Klammern) Häufigkeiten dargestellt. Die Prozentangaben beziehen sich auf die absoluten Häufigkeitsangaben in derselben Gruppe.

Die binär logistische Regression wurde mit der Vorwärts- und Rückwärtsmethode nach Wald durchgeführt. Bei nicht übereinstimmenden Ergebnissen wurde immer die Rückwärtsmethode nach Wald angewandt.

\*Der Chi<sup>2</sup>-Test wurde verwendet, wenn die erwartete Häufigkeit >5 war; Fisher's exakt-Test, wenn die erwartete Häufigkeit <5 war.

p-Werte kleiner 0,05 werden als statistisch signifikant gewertet.

### 6.5 Binär logistische Regression – Kopfverletzungen

Insgesamt zeigten 176 (88,0 %) der Neugeborenen klinische Auffälligkeiten am Kopf. Davon waren 107 (53,5 %) Saugglockenmarken, 27 (13,5 %) Kopfgeschwulste, 14 (7,0 %) Kephalhämatome, 2 (1,0 %) Zangenmarken, 2 (1,0 %) Caput succedaneum, 1 (0,5 %) subgaleales Hämatom und 23 (11,5 %) andersartige Auffälligkeiten wie Hautabschürfungen und verformte Kopfform.

Es fand sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen Kopfverletzungen und neurologischen Auffälligkeiten (OR 6,8, 95 %-CI 1,33 - 34,50) (Tabelle 5).

Ultraschallpathologien fanden sich bei 34 (17,0 %) Neugeborenen, wobei diese keinen Zusammenhang zur erfolgten VOE aufwiesen.

Zu den „pathologischen Befunden in der Schädelsonografie“ zählten:

- Plexuszysten (n= 9, 4,5 %)
- leichte Ventrikelasymmetrien (n= 5, 2,5 %)
- erhöhte Flussgeschwindigkeiten (n= 4, 2,0 %)
- subependymale Zysten (n=3, 1,5 %)
- erhöhte periventrikuläre Echogenität (n= 3, 1,5 %)
- Septum pellucidum Zysten (n=2, 1,0 %)
- prominente Cisterna magna (n=2, 1,0 %)
- erweiterte Seitenventrikel (n=2, 1,0 %)
- plump erscheinender Plexus choroideus (n=2, 1,0 %)
- septierte Seitenventrikel (n=1, 0,5 %)
- Inhomogenität des Gehirns. (n= 1, 0,5 %)

22 (11,0 %) Neugeborene mussten auf die Intensivstation verlegt werden. Folgende Indikationen führten dazu:

- Respiratorische Anpassungsstörung (n=11, 5,5 %)

- Asphyxie (n=6, 3,0 %)
- Ventrikelseptumdefekt (n=2, 1,0 %)
- Supraventrikuläre Extrasystolen (n=1, 0,5 %)
- Reanimationspflichtigkeit (n=1, 0,5 %)
- V.a Amnioninfektionssyndrom (n=1, 0,5 %)

## Ergebnisse

Parameter	Kopfverletzungen	keine Kopfverletzungen	Odds ratio	95%-Konfidenzintervall	p-Wert (2-seitig)
<b>Nabelschnurarterien-pH</b> < 7,2 ≥7,2	16 (24,6 %) 49 (75,4 %)	34 (25,2 %) 101 (74,8 %)	1,0	0,5 - 2,1	0,93
<b>Ultraschallpathologien</b> Ja Nein	11 (16,9 %) 54 (83,1 %)	23 (17,0 %) 112 (83,0 %)	1,0	0,5 - 2,2	0,98
<b>Neurologische Auffälligkeiten</b> Ja Nein	6 (9,2 %) 59 (90,8 %)	2 (1,5 %) 133 (98,5 %)	<b>6,8</b>	<b>1,3 - 34,5</b>	<b>0,02</b>
<b>Verlegung auf Intensivstation</b> Ja Nein	6 (9,2 %) 59 (90,8 %)	16 (11,9 %) 119 (88,1 %)	0,8	0,3 - 2,0	0,58
<b>Geschlecht</b> männlich weiblich	33 (50,8 %) 32 (49,2 %)	81 (60,0 %) 54 (40,0 %)	1,5	0,8 - 2,6	0,22
<b>Alter der Mutter [Jahre]</b> <18 18-35 >35	0 (0,0 %) 49 (75,4 %) 16 (24,6 %)	1 (0,7 %) 108 (80,0 %) 26 (19,3 %)			*0,55
<b>BMI [kg/m<sup>2</sup>]</b> <25 25-30 >30	6 (9,2 %) 33 (50,8 %) 24 (36,9 %)	20 (14,8 %) 63 (46,7 %) 50 (37,0 %)			*0,55
<b>mediolaterale Episiotomie</b> Ja Nein	56 (86,2 %) 9 (13,8 %)	120 (88,9 %) 15 (11,1 %)	0,8	0,3 - 1,9	0,58
<b>Maternale Komplikationen</b> Ja Nein	31 (47,7 %) 34 (52,3 %)	62 (45,9 %) 73 (54,1 %)	1,1	0,6 - 1,9	0,82
<b>Operateur</b> Oberarzt Facharzt Assistenzarzt	39 (60,0 %) 16 (24,6 %) 10 (15,4 %)	95 (70,4 %) 18 (13,3 %) 22 (16,3 %)			*0,14
<b>Wochentag</b> Werktag Wochenende	47 (72,3 %) 18 (27,7 %)	86 (63,7 %) 49 (36,3 %)	0,7	0,4 - 1,3	0,23
<b>Uhrzeit</b> 08.00 - 17.00 Uhr 17.00 - 08.00 Uhr	28 (43,1 %) 37 (56,9 %)	52 (38,5 %) 83 (61,5 %)	0,8	0,5 - 1,5	0,54

Parameter	Kopfverletzungen	keine Kopfverletzungen	Odds ratio	95%-Konfidenzintervall	p-Wert (2-seitig)
<b>Beckenebene</b>					
Beckenmitte	57 (87,7 %)	121 (89,6 %)			
Beckenboden	5 (7,7 %)	6 (4,4 %)			*0,61
Sectio caesarea	3 (4,6 %)	8 (5,9 %)			

Tabelle 5: Zusammenhang zwischen neonatalen Kopfverletzungen und kindlichen, maternalen und organisatorischen Parametern.

Die Daten sind als absolute und relative (in Klammern) Häufigkeiten dargestellt. Die Prozentangaben beziehen sich auf die absoluten Häufigkeitsangaben in derselben Gruppe.

Die binär logistische Regression wurde mit der Vorwärts- und Rückwärtsmethode nach Wald durchgeführt. Bei nicht übereinstimmenden Ergebnissen wurde immer die Rückwärtsmethode nach Wald angewandt.

\*Der Chi<sup>2</sup>-Test wurde verwendet, wenn die erwartete Häufigkeit >5 war; Fisher's exakt-Test, wenn die erwartete Häufigkeit <5 war. p-Werte kleiner 0,05 wurden als statistisch signifikant gewertet.

## 6.6 Binär logistische Regression – Neurologische Auffälligkeiten

Insgesamt zeigten 8 (4,0 %) Neugeborene neurologische Auffälligkeiten. Dazu zählten Krampfanfälle, intermittierendes Fäusteln sowie Beuge- und Strecktendenzen. In der univariaten logistischen Regression stellte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen neurologischen Auffälligkeiten und einem niedrigen Nabelschnurarterien-pH < 7,2, kindlichen Kopfverletzungen, Ultraschallpathologien, und der mediolateralen Episiotomie dar (Tabelle 6). Dies war wiederum signifikant assoziiert mit Verlegungen auf die Intensivstation.

## Ergebnisse

Parameter	Neurologische Auffälligkeiten	Keine neurologischen Auffälligkeiten	Odds ratio	95%-Konfidenzintervall	p-Wert (2-seitig)
<b>Nabelschnurarterien-pH</b> <7,2 ≥7,2	6 (75,0 %) 2 (25,0 %)	44 (22,9 %) 148 (77,1 %)	<b>0,1</b>	<b>0,02 - 0,5</b>	<b>0,006</b>
<b>Kopfverletzungen</b> Ja Nein	6 (75,0 %) 2 (25,0 %)	59 (30,7 %) 133 (69,3 %)	<b>6,8</b>	<b>1,3 - 34,5</b>	<b>0,02</b>
<b>Ultraschallpathologie</b> Ja Nein	4 (50,0 %) 4 (50,0 %)	30 (15,6 %) 162 (84,4 %)	<b>5,4</b>	<b>1,3 - 22,6</b>	<b>0,02</b>
<b>Verlegung auf Intensivstation</b> Ja Nein	5 (62,5 %) 3 (37,5 %)	17 (8,9 %) 175 (91,1 %)	<b>17,2</b>	<b>3,8 - 78,1</b>	<b>0,00</b>
<b>Geschlecht</b> männlich weiblich	5 (62,5 %) 3 (37,5 %)	109 (56,8 %) 83 (43,2 %)	0,8	0,2 - 3,4	0,75
<b>Alter der Mutter [Jahre]</b> <18 18-35 >35	0 (0,0 %) 6 (75,0 %) 2 (25,0 %)	1 (0,5 %) 151 (78,6 %) 40 (20,8 %)			*0,94
<b>BMI [kg/m<sup>2</sup>]</b> <25 25-30 >30	0 (0,0 %) 1 (12,5 %) 5 (62,5 %)	26 (13,5 %) 95 (49,5 %) 69 (35,9 %)			*0,06
<b>mediolaterale Episiotomie</b> Ja Nein	5 (62,5 %) 3 (37,5 %)	171 (89,1 %) 21 (10,9 %)	<b>0,2</b>	<b>0,1 - 0,9</b>	<b>0,04</b>
<b>Maternale Komplikationen</b> Ja Nein	4 (50,0 %) 4 (50,0 %)	89 (46,4 %) 103 (53,6 %)	1,2	0,3 - 4,8	0,84
<b>Operateur</b> Oberarzt Facharzt Assistenzarzt	4 (50,0 %) 1 (12,5 %) 3 (37,5 %)	130 (67,7 %) 33 (17,2 %) 29 (15,1 %)			*0,24
<b>Wochentag</b> Werktag Wochenende	5 (62,5 %) 3 (37,5 %)	128 (66,7 %) 64 (33,3 %)	1,2	0,3 - 5,2	0,81
<b>Uhrzeit</b> 08.00 - 17.00 Uhr 17.00 - 08.00 Uhr	5 (62,5 %) 3 (37,5 %)	75 (39,1 %) 117 (60,9 %)	0,4	0,1 - 1,7	0,20

## Ergebnisse

Parameter	Neurologische Auffälligkeiten	Keine neurologischen Auffälligkeiten	Odds ratio	95%-Konfidenzintervall	p-Wert (2-seitig)
<b>Beckenebene</b>					
Beckenmitte	8 (100 %)	170 (88,5 %)			
Beckenboden	0 (0,0 %)	11 (5,7 %)			*0,60
Sectio caesarea	0 (0,0 %)	11 (5,7 %)			

**Tabelle 6: Zusammenhang zwischen neonatalen neurologischen Auffälligkeiten und kindlichen, maternalen sowie medizinischen Parametern.**

Die Daten sind als absolute und relative (in Klammern) Häufigkeiten dargestellt. Die Prozentangaben beziehen sich auf die absoluten Häufigkeitsangaben in derselben Gruppe.

Die binär logistische Regression wurde mit der Vorwärts- und Rückwärtsmethode nach Wald durchgeführt. Bei nicht übereinstimmenden Ergebnissen wurde immer die Rückwärtsmethode nach Wald angewandt.

\*Der Chi<sup>2</sup>-Test wurde verwendet, wenn die erwartete Häufigkeit >5 war; Fisher's exakt-Test, wenn die erwartete Häufigkeit <5 war.

p-Werte kleiner 0,05 wurden als statistisch signifikant gewertet.

## 6.7 Multivariate Analyse

Nach Durchführung der multivariaten logistischen Regression blieben folgende Parameter statistisch signifikant: Kopfverletzungen (OR 14,8, 95 %-CI 1,39 - 156,60), mediolaterale Episiotomie (OR 16,6, 95 %-CI 1,08 - 250,00) und Verlegungen auf die neonatologische Intensivstation (OR 56,8, 95 %-CI 3,43 - 942,03).

## 7. Diskussion

Ultraschallpathologien fanden sich bei 34 (17,0 %) Neugeborenen, wobei diese keinen Zusammenhang zur erfolgten VOE aufwiesen. In keinem Fall traten ICB auf.

Eine Assoziation der neonatalen somatischen Parameter Geburtsgewicht, Körperlänge und Kopfumfang zu den Kopfverletzungen konnte nicht nachgewiesen werden (Tabelle 2).

Allerdings fand sich unter anderem ein signifikanter Zusammenhang zwischen Kopfverletzungen und neurologischen Auffälligkeiten (OR 6,8, 95 %-CI 1,33 - 34,50, p-Wert 0,02) (Tabelle 5). Kopfverletzungen gingen dabei signifikant häufiger mit neurologischen Auffälligkeiten des Neugeborenen einher.

### 7.1 Neonatales Outcome nach vaginal operativer Entbindung

Schwerwiegende Komplikationen wie Schädelfrakturen oder ICB im Rahmen einer VOE sind sehr selten [1], wobei sich das Risiko beim kombinierten Einsatz der Instrumente erhöht [22]. Im direkten Vergleich der VOE mit der SC zeigen sich in der Literatur uneinheitliche Angaben hinsichtlich des perinatalen und maternalen Outcomes [22][23][41][42][43][44][45][46][47][48]. Als mögliche Ursache hierfür wird unter anderem vermutet, dass oftmals die Beckenebene als Schlüsselpunkt nicht berücksichtigt wurde [49][50].

Unsere Studie schloss die Beckenebene mit in die Analyse ein, konnte allerdings keine signifikanten Zusammenhänge zu neonatalen Kopfverletzungen ( $p = 0,61$ ) oder neurologischen Auffälligkeiten ( $p = 0,60$ ) feststellen.

Muraca et al. untersuchten in einer Studie in Kanada zwischen 2003 und 2013 alle Geburten mit Einlingsschwangerschaften  $>36+0$  SSW, die entweder mittels einer VOE ab Beckenmitte oder einer SC entbanden [49]. Sie beobachteten eine höhere Rate an schwerwiegenden perinatalen Outcomes, vor allem an Geburtstraumata, in der Gruppe der VOE ab Beckenmitte, verglichen mit der SC [49]. Hinsichtlich der

verwendeten Instrumente zeigte sich eine ähnlich hohe Rate an schweren Geburtstraumata, sowohl für die VE als auch für die FE, wobei die Rate durch den kombinierten Einsatz beider Instrumente noch weiter anstieg [49]. Zu den schwerwiegenden neonatalen Outcomes zählten vorrangig respiratorischer Stress des Neugeborenen, Arrhythmien und schwerwiegende zerebrale Schäden [49]. In der Gruppe der VOE ab Beckenmitte ohne protrahierte Austreibungsphase zeigten sich die genannten Zusammenhänge noch stärker ausgeprägt, wobei die VE ab Beckenmitte mit höheren Raten an Asphyxien, ICB und Mekoniumaspirationen einherging [49].

Eine Studie von Halscott et al. demonstrierte einen Zusammenhang der VOE mit einer geringeren Rate an Verlegungen auf die neonatologische Intensivstation [42]. In unserer Arbeit mussten 11 % der Kinder auf die Intensivstation verlegt werden. Aufgrund einer fehlenden Kontrollgruppe lassen sich allerdings keine Aussagen über eventuelle Zusammenhänge mit der VOE treffen.

### **7.2 Maternales Outcome nach vaginal operativer Entbindung**

Hinsichtlich der Dammrissse als wichtige Komplikation der VOE finden sich besonders bei FE aus Beckenmitte höhere Raten an Dammrissen dritten und vierten Grades [1], wohingegen die VE im Vergleich geringere Raten verzeichnet [26][51]. Außerdem konnte teilweise eine höhere Rate an Scheidenrissen bei FE beobachtet werden [52]. Somit weisen FE ein schlechteres maternales Outcome, verglichen mit der VE, auf [52].

Muraca et al. fanden in der oben beschriebenen Studie hohe Raten an Dammrissen der Mutter variierend zwischen 13 und 18 % [49]. Analog zu den perinatalen Outcomes präsentierte sich dieser Zusammenhang in der Gruppe der Geburten ohne protrahierte Austreibungsphase noch stärker [49]. Ähnlich wie Muraca et al. [49] fanden auch Gurol et al. erhöhte Raten an Dammrissen im Rahmen einer VOE, die aber hier zwischen 1,8 - 5,9 % lagen [53].

In unserer Studie fand sich mit 46,5 % eine sehr hohe Rate an maternalen Komplikationen. Allerdings liegt dies wahrscheinlich in der unterschiedlichen Definition der mütterlichen Komplikationen begründet. Wir zählten beispielsweise sowohl alle Grade an Dammrissen als auch Scheiden- und Cervixrisse zu den maternalen Komplikationen. Muraca et al. und auch Gurol et al. schlossen hingegen lediglich dritt- und viertgradige Dammrisse ein [49][53], was die niedrigere Rate an maternalen Komplikationen im Vergleich zu unserer Arbeit erklären könnte.

Bezogen auf die Beckenebene konnten wir einen statistisch signifikanten Zusammenhang hinsichtlich der maternalen Komplikationen ( $p = 0,002$ ) finden mit einer höheren Rate bei mittlerer Beckenebene.

Halscott et al. untersuchten in einer retrospektiven Studie maternales und neonatales Outcome nach einer VOE oder einer SC in der Austreibungsphase ab Beckenboden [42]. Es zeigte sich eine Assoziation der FE mit einer erhöhten Rate an Episiotomien und Scheiden- sowie Cervixrisse, wobei auch die VE ein erhöhtes Risiko für Episiotomien aufwies [42]. Insgesamt fanden sie eine Rate an Episiotomien bei VOE von 69 %, was sich annähernd mit der Inzidenz von 88 % an Episiotomien bei VOE deckt, die in der Literatur zu finden ist [42][54].

In unserer Studie fanden wir ebenfalls eine Episiotomierate von 88 %. Unsere Daten zeigten statistisch signifikant weniger neurologische Auffälligkeiten ( $p = 0,04$ ), wenn eine mediolaterale Episiotomie als geburtshilfliche Maßnahme durchgeführt wurde.

### **7.3 Komplikationen einer vaginal operativen Entbindung**

#### **7.3.1 Suboptimale Instrumentenplatzierung**

Ramphul et al. untersuchten in einer Studie die Folgen eines suboptimal angebrachten Instruments im Rahmen einer VOE [55]. Es zeigte sich ein signifikant häufigeres Vorkommen verlängerter Krankenhausaufenthalte, neonataler Traumata, kombinier-

ter Einsätze der Instrumente sowie einer nachfolgenden SC bei suboptimal angebrachtem Instrument [55]. Als Risikofaktoren für ein suboptimales Anbringen fanden sich dabei unter anderem eine VOE ab Beckenmitte und FE als Primärversuch [55]. In unserer Studie lag der Fokus nicht auf dem operativen Teil, sodass die genaue Instrumentenplatzierung nicht erfasst wurde. Somit konnten wir keine weiteren Analysen im Hinblick auf neonatale Traumata wie Kopfverletzungen im Zusammenhang mit der Instrumentenplatzierung durchführen.

Da die Rate an suboptimal platzierten Instrumenten in der Studie von Rahmphul et al. bei 28,8 % lag, ist dieser Faktor allerdings nicht zu vernachlässigen [55]. Von wissenschaftlichem Interesse wäre eine Studie, die den Faktor Anbringen des Instruments im Hinblick auf neonatale Kopfverletzungen und zusätzlich Pathologien im CUS untersucht.

Weitergehend stellt sich die Frage nach einer möglichen Prävention eines solchen suboptimalen Anbringens, mit dem Ziel Folgeschäden zu minimieren. Murphy et al. untersuchten dazu in einer multizentrischen randomisiert kontrollierten Studie die Rolle des abdominellen Ultraschalls vor Beginn einer VOE [56]. Sie betonten dabei die Wichtigkeit einer zusätzlichen abdominellen Sonografie neben der klinischen Untersuchungstechnik zum Feststellen der kindlichen Kopfposition und zur Vermeidung eines suboptimalen Anbringens des Instruments [56]. Allerdings bleibt die Frage offen, ob durch die zusätzliche abdominelle Sonografie und korrekte Positionierung des Instruments auch die postnatalen kindlichen Verletzungen minimiert werden können.

### **7.3.2 Gescheiterte vaginal operative Entbindungen**

In Zusammenhang mit der suboptimalen Instrumentenplatzierung spielen ebenso gescheiterte VOE eine Rolle. In unserer Studie lag die Rate an gescheiterten VOE bei 6,0 %, was auch den Angaben aus anderen Studien entspricht [6][24][57][58]. Generell resultieren solche kompliziert verlaufenden Entbindungen, verglichen mit einer erfolgreichen VOE im Erstversuch, in schlechteren neonatalen und maternalen Outcomes [26].

Folgt beispielsweise eine FE nach versuchter VE, geht dieses Vorgehen mit einem erhöhten Risiko an neonatalen Beatmungen sowie an ICB und retinalen Blutungen einher [59]. Allerdings kann eine solche Entbindung unter Umständen auch gerechtfertigt sein, wenn es sich um eine Entbindung ab Beckenboden handelt [59].

Die Risiken einer anschließenden SC nach erfolgloser VOE beinhalten große Blutungen und erhöhte Raten an Verlegungen auf die Kinderintensivstation sowie an mechanischer Beatmung [26][41].

Ahlberg et al. evaluierten in einer populationsbasierten Studie von Einlingsschwangerschaften die Risikofaktoren für eine nicht erfolgreich beendete VOE [60]. Sie konnten die fetale okzipito-posteriore Position, Entbindungen aus Beckenmitte, hohes Geburtsgewicht, eine PDA und Weheneinleitungen als Risikofaktoren definieren [60]. Verglichen mit Neugeborenen nach einer erfolgreich beendeten VOE hatten Neugeborene nach misslungener VOE ein erhöhtes Risiko für subgaleale Blutungen, Krampfanfälle und niedrige Apgar Werte, nicht aber für ICB [60].

Weitergehend konnten auch Benedetti et al. einen Zusammenhang zwischen einer gescheiterten VOE und einem erhöhten Risiko für Verletzungen, unabhängig vom Instrument, feststellen [61].

Ghidini et al. konnten hingegen keinen Zusammenhang zwischen einem gescheiterten vaginal operativen Entbindungsversuch und der Auftretenswahrscheinlichkeit von Kopfverletzungen nachweisen, was auch in der Literatur allgemein so beschrieben wird [24][62].

Der Faktor des gescheiterten vaginal operativen Entbindungsversuches scheint im Hinblick auf neonatales Outcome allgemein nicht unerheblich zu sein; in Bezug auf Kopfverletzungen aber eher eine untergeordnete Rolle zu spielen. Hinsichtlich einer möglichen Prävention kamen Ahlberg et al. in ihrer Studie zu dem Schluss, dass die fetale Kopfposition sowie die Beckenebene vor der Extraktion evaluiert werden sollten, um das Risiko für neonatale Verletzungen zu reduzieren [60].

### 7.3.3 Kopfverletzungen

In unserer Arbeit konnten wir nachweisen, dass ein signifikanter Zusammenhang zwischen Kopfverletzungen nach VOE und neurologischen Auffälligkeiten (OR 6,8, 95 %-CI 1,33 - 34,50) besteht. Ebenso zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen neurologischen Auffälligkeiten und einem erniedrigten Nabelarterien-pH unter 7,2 (OR 0,1, 95 %-CI 0,02 - 0,51), häufigerer Verlegungen auf die neonatologische Intensivstation (OR 17,2, 95 %-CI 3,77 - 78,09) und der mediolateralen Episiotomie (OR 0,2, 95 %-CI 0,05 - 0,92) (Tabelle 5). Hierbei ist allerdings festzuhalten, dass es sich bei den neurologischen Auffälligkeiten unserer Studienkohorte um transiente und meist weniger schwerwiegende Störungen handelte. Bezüglich der somatischen Parameter Geburtsgewicht, Körperlänge und Kopfumfang konnten wir keine Assoziation zu neonatalen Kopfverletzungen finden (Tabelle 2).

In diesem Kontext ist die Studie von Ghidini et al. von Bedeutung, die den Zusammenhang zwischen neonatalen Kopfverletzungen und Komplikationen der VOE untersucht hat [24]. Die retrospektive Kohortenstudie verzeichnete eine nicht erfolgreich beendete Geburt in 7,2 % der Fälle; Kopfverletzungen zeigten sich in 6,2 % der Fälle [24]. Diese konnten Ghidini et al. in Zusammenhang mit der Dauer der VE und dem kindlichen Geburtsgewicht bringen [24].

In der Literatur finden sich Angaben zwischen 3 und 30 % an Kopfverletzungen im Rahmen einer VOE [24][63][64], was auch den Ergebnissen von Ghidini et al. entspricht.

Unsere Studie verzeichnete bei Kopfverletzungen eine Rate von 32,5 %. Allerdings ist die gewählte Studiengröße von 200 Neonaten auch als eher klein einzuschätzen und die Datenerhebung fand an nur einem Klinikum statt. Eine größere Bandbreite an verschiedenen Kliniken würde ein zuverlässigeres Ergebnis liefern. Ebenso spielt auch hier die Definition der Variable „Kopfverletzungen“ eine Rolle. Ghidini et al. konzentrierten sich auf schwerwiegendere Kopfverletzungen [24], wohingegen beispielsweise Simonson et al. in ihrer Studie weniger schwerwiegende Verletzungen wie Kopfhauthämatome mit einschlossen [64]. In unserer Studie zählten zu den Kopfhautverletzungen Kephalthämatome, Kopfgeschwulste, retinale Verletzungen, subgaleale Hämatome, Caput succedaneum und Kombinationen mehrerer vorliegender Verletzungen. Die Bandbreite an verschiedenen Kopfverletzungsmustern

könnte zu der relativ hohen Rate von 32,5 % an Kopfverletzungen geführt haben, die wir im Verlauf der Studie nachweisen konnten.

Zusätzlich spielt auch die Häufigkeit der jeweils verwendeten Instrumente eine Rolle. 79,5 % der Geburten unserer Studie wurden mithilfe des Handvakuums Kiwi ausgeführt. In 14 % wurde die VOE durch die Metallglocke beendet. Diese, im Vergleich zu Ghidini et al. (Kiwi Handvakuum in 96 % der Fälle), relativ hohe Rate an Metallglockengeburt und die damit assoziierte erhöhte Rate an Kephalhämatomen [17] könnte ebenso eine Erklärungsmöglichkeit für die hohe Rate von 32,5 % an Kopfverletzungen liefern.

### **7.3.4 Instrumenten–assoziierte Komplikationen**

Abhängig von der Wahl des Instrumentes dominieren unterschiedliche Verletzungsmuster. Nach FE stehen Hautabschürfungen, Hämatome und vorübergehende Paresen des N. facialis im Vordergrund [21][22]. Schwerwiegende neurologische Komplikationen resultieren allerdings bei der FE seltener, verglichen mit VE und SC [21]. Bei der VE hingegen spielen eher Kephalhämatome mit einer Frequenz von 12 % eine Rolle [1][51][52]. Des Weiteren kann bei einer VOE durch die Saugglocke eine höhere Rate an Kopfhautverletzungen und Schädelfrakturen beobachtet werden, verglichen mit der FE oder der SC [21]. Generell gehen VE mit weniger Geburtsverletzungen und neonatalen Krampfanfällen einher, verglichen mit FE [26]. Bezüglich der ICB finden sich allerdings keine signifikanten Unterschiede zwischen VE und FE [26].

In diesem Zusammenhang ist es wichtig, den Gebrauch einer Silikongummi-Glocke im Vergleich zu einer Metallglocke zu unterscheiden. Aus der Geburtsbeendigung mittels Metallglocke resultieren im Vergleich zur FE zwar weniger Geburtsverletzungen allgemein, allerdings steigt die Rate an neonatalen Skalpverletzungen und Kephalhämatomen, verglichen mit der Silikongummiglocke [1][17].

Die Silikongummi-Glocke bietet im Gegensatz dazu eine niedrigere Rate an kindlichen Verletzungen in Form von Kopfhautverletzungen und Kephalhämatomen, al-

lerdings mit einer höheren Rate an erfolglosen operativen vaginalen Entbindungsversuchen, vor allem bei okzipito-posteriorer Einstellung, wie der hinteren Hinterhauptsstellung und bei Deflexionshaltungen [1][17]. Folglich wird bei solchen Einstellungen und Haltungen des Kindes bevorzugt die Metallglocke eingesetzt [1][17]. Im Hinblick auf perineale Verletzungen zeigt die Metallglocke eine höhere Rate an dritt- und viertgradigen Dammrissen, verglichen mit einer Einmal-Saugglocke [65]. Eine Option zur herkömmlichen VE durch die Metall- oder Silikongummiglocke bietet das Handvakuum Kiwi. Hierbei zeigen sich niedrigere postnatale Raten an Hyperbilirubinämien bei gleichzeitig gering ansteigender Rate nicht erfolgreich beendeter Geburten [1][17][18].

Attilakos et al. beobachteten beispielsweise in der Gruppe der Geburten durch das Handvakuum Kiwi eine höhere Rate an nicht erfolgreich beendeten Geburten als in der Gruppe der Geburten durch Standard-Saugglocken. Analog dazu zeigte die Kiwi-Gruppe mehr darauffolgende FE, als die Saugglockengruppe [18]. Aufgrund der damit einhergehenden höheren Rate an schlechten neonatalen Outcomes, wie beispielsweise ICB [26][30] spielt dieser Faktor eine wesentliche Rolle hinsichtlich der Nachversorgung von Neugeborenen.

Muraca et al. konnten in ihrer Studie eine höhere Rate an neurologischen Verletzungen einer FE ab Beckenmitte und einem kombinierten Einsatz der Instrumente feststellen [49]. Zu den neurologischen Verletzungen in ihrer Studie zählten hypoxisch ischämische Enzephalopathien, zerebrale Ischämien, zerebrale Überempfindlichkeiten und zerebrale Depressionen. In der Literatur finden sich allerdings kontroverse Angaben hinsichtlich der neurologischen Verletzungsrate [22][23][41][47]. Gründe dafür könnten beispielsweise in einer eher geringen Anzahl an Probanden liegen [22][47]. In unserer Studie präsentierten sich unter 200 eingeschlossenen Neugeborenen lediglich 8 neurologisch auffällig. Allerdings fanden sich in Abhängigkeit der neurologischen Auffälligkeiten statistisch signifikante Zusammenhänge. Neurologisch auffällige Neugeborene zeigten dabei unter anderem signifikant häufiger Kopfverletzungen. Dennoch ist zu beachten, dass es sich bei den neurologischen Auffälligkeiten unserer Studienkohorte um weniger schwerwiegende Pathologien handelte. Muraca et al. weisen auch hierbei wieder auf die wichtige Einflussgröße der Beckenebene hin [49]. Der Faktor der neurologischen Auffälligkeiten scheint also nicht unerheblich zu sein und sollte in Zukunft näher betrachtet werden,

gegebenenfalls unter Berücksichtigung der Beckenebene, der Wahl des Instruments und mithilfe einer Kontrollgruppe.

### **7.3.5 Anzahl der Züge und Dauer der Vakuumextraktion**

Bisherige Studien empfahlen eine Begrenzung der VE auf maximal 20 Minuten und 3 Züge, da eine Überschreitung dieser Richtwerte signifikant häufiger mit Kephalhämatomen, neonatalen Skalpverletzungen und Verlegungen auf die Intensivstation einhergeht [13][14][15][16]. Die Gefahr des Abreißen des Instrumentes erhöht sich zudem bei länger andauernder VE, was zu kurzfristigen intrakraniellen Druckschwankungen führen und in der Ausbildung einer ICB resultieren kann [1]. Solche Komplikationen beobachtet man häufiger bei unerfahrenen Operateuren, was die Bedeutung der Qualifikationen des auszuführenden Arztes noch einmal hervorhebt [2]. In unserer Arbeit konnte jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen Ober-, Fach- und Assistenzärzten hinsichtlich des Auftretens von Kopfverletzungen, neurologischen Auffälligkeiten oder maternalen Komplikationen gefunden werden.

Eine Studie von Aberg et al. untersuchte die Rolle einer protrahierten VE bezüglich neonataler ICB bei Reifgeborenen [66]. Dazu führten sie eine nationale Fall-Kontrollstudie in Schweden im Zeitraum von 1999 bis 2013 durch. Sie inkludierten alle Reifgeborenen mit ICB nach einer VOE. Die Kontrollgruppe beinhaltete Kinder nach VOE ohne ICB. In 33 % der Fälle überstieg die Dauer der Züge am kindlichen Kopf während der VE 15 Minuten (5 % in der Kontrollgruppe). Mehr als 6 Züge am kindlichen Kopf wurden in 25 % der Fälle verzeichnet (vs. 4 % in der Kontrollgruppe) und mehr als zweimaliges Abreißen der Saugglocke vom kindlichen Kopf trat in 3,6 % der Fälle (0,6 % in der Kontrollgruppe) auf [66]. Nach der statistischen Analyse konnten Aberg et al. einen starken Zusammenhang zwischen einer verlängerten VE und dem Auftreten ICB finden [66].

Auch Ekeus et al. schlussfolgerten aus ihrer Studie, dass eine Extraktionsdauer von mehr als 15 Minuten und einer Anzahl der Züge von mehr als 6 sowie mehr als

einmaliges Abreißen der Saugglocke mit einem erhöhten Risiko für neonatale Komplikationen einhergeht [67].

Ebenso konnten Kripsin et al. ein Abreißen der Saugglocke in Zusammenhang mit einer erhöhten Rate an schwerwiegenden Outcomes bringen [68].

Unsere Studie verzeichnete keinen Fall von ICB. Daher war es schwierig Risikofaktoren auszumachen. Außerdem legten wir unser Augenmerk nicht auf die Dauer oder die Anzahl der Züge, weswegen wir in dieser Hinsicht keine validen Aussagen treffen können.

### **7.4 Vakuum-assistierte Sectio caesarea**

Von immer größerer Bedeutung sowohl in der Praxis als auch in der aktuellen Forschung ist die Variante einer SC mit Verwendung der Kiwi Saugglocke zur Kindesentwicklung [69]. Bei einer steigenden Rate an SC von 30 % in den USA wird die Frage nach einer sicheren Entwicklung des Kindskopfes während der Geburt immer wichtiger. Die Möglichkeit der vakuumassistierten Kindskopfentwicklung gewinnt dabei kontinuierlich an Präsenz [27]. Neben der sicheren Technik zur Kindsentwicklung spielen außerdem noch Faktoren wie reduzierte Erweiterungen der Uterotomie mit entsprechender Komplikation des größeren Blutverlustes eine Rolle. Ebenso wird dieses Verfahren subjektiv vonseiten der Mutter aufgrund des reduzierten manuellen Drucks durch den Operateur als angenehmer empfunden [27].

Erstmals beschrieben wurde eine vakuumassistierte SC in einer Studie von Solomons, der von 20 Fällen berichtete, die mittels der Metallglocke Malmström zur Welt gebracht wurden [70]. Schon damals traten weniger Caput succedanea auf, was Solomons auf die verkürzte Zeitdauer und die verminderte Kraft, mit der am Kopf gezogen wurde, zurückführte [70].

In folgenden Studien wurde das neonatale Outcome einer vakuumassistierten SC verglichen mit einer manuellen Kindsentwicklung im Rahmen einer SC. Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in den Apgar-Werten, dem Geburtsgewicht

und Nabelschnurarterien-pH [71][72][73][74][75]. Teilweise berichteten die Mütter aber über weniger Schmerzen im Falle der vakuumassistierten Entbindung [73].

Sritipayawan et al. verglichen in einer randomisiert kontrollierten Studie die manuelle Entbindung einer elektiven SC mit der vakuumassistierten Entbindung [75]. Auch hier zeigten sich keine Unterschiede bezüglich der Apgar-Werte. Allerdings war die Dauer der Entbindung in der Gruppe der vakuumassistierten Entbindungen signifikant kürzer [75]. Die Autoren beurteilten schlussfolgernd das Verfahren der vakuumassistierten Entbindungen als sicher, schnell und nicht traumatisch [75].

Auch mit dem Kiwi Handvakuum als Instrument konnten ähnliche Ergebnisse erzielt werden [27]. Der Vorteil des Kiwi OmniCup ist vor allem die Verwendung in allen fetalen Kopfpositionen und im Rahmen einer SC [27].

In unserer Studie gab es nur wenige Fälle einer SC mit Kindsentwicklung durch das Kiwi Handvakuum. Weitergehend wäre zu untersuchen, wie sich die Kinder der VOE im Hinblick auf neonatales Outcome und Kopfverletzungen von den Kindern der vakuumassistierten SC unterscheiden.

### **7.5 Intrakranielle Blutungen**

Bei reifen Neugeborenen sind postnatale ICB meist geburtstraumatisch oder hypoxisch bedingt [29]. Im Gegensatz dazu treten ICB bei Frühgeborenen, vor allem bei einem Gestationsalter von kleiner als 28 Wochen und einem Geburtsgewicht von weniger als 1000 Gramm, wesentlich häufiger auf und sind durch eine Unreife des Gehirns bedingt [29].

Interessanterweise liegt die Prävalenz der ICB bei asymptomatischen Reifgeborenen allgemein bei 8 - 45,5 % [76][77][78][79], wobei aufgrund verbesserter Bildgebung ICB immer häufiger diagnostiziert werden [80]. Generell verlaufen ICB klinisch oft still [81]. Bei symptomatischen Kindern dominieren Apnoen, Bradykardien und Krampfanfälle [81][82][83]. Risikofaktoren für klinisch auffällige ICB beinhalten dabei unter anderem VOE, Primipara und extremes Geburtsgewicht [59][61][81][84].

Sowohl extrakranielle als auch intrakranielle Blutungen konnten bereits in Zusammenhang mit der VOE gebracht werden [17][22][41][51][52][63][85][86][87][88][89][90].

Reifgeborene zeigen seltener intraparenchymatöse Blutungen als subdurale- oder subarachnoidale Blutungen [83]. Epidurale Blutungen können als Folge einer FE im Rahmen einer VOE resultieren [81] und subdurale Blutungen lassen sich ebenfalls auf Geburtsverletzungen zurückführen [91].

Hyun et al. untersuchten in einer retrospektiven Studie im Zeitraum von 2004 bis 2015 42 Reifgeborene mit ICB [80]. Alle erhielten eine MRT im Zeitraum von Tag 2 bis 22 postnatal. Sie evaluierten Risikofaktoren für eine ICB und differenzierten die unterschiedlichen Blutungstypen näher mithilfe der MRT [80]. Sie beobachteten eine Häufung der klinischen Symptome in den ersten 24 Lebensstunden. Darunter fanden sich vor allem Krampfanfälle mit einer Prävalenz von 40,5 % als führendes klinisches Symptom [80]. Mit 95,2 % war die subdurale Blutung mit Abstand die häufigste Form der ICB [80]. Hinsichtlich des klinischen Outcomes zeigten sich niedrige Apgar-Werte bei Minute 5 und eine perinatale Asphyxie in der Vorgeschichte als stärkste Prädiktoren [80]. In 47,6 % der Fälle beobachteten sie eine traumatische Geburt [80].

Diese beispielhafte Studie von Hyun et al. und auch weitere Studien konnten einen Zusammenhang zwischen den beschriebenen Risikofaktoren und dem Auftreten von ICB finden [78][82][83][91][92][93][94][95]. Towner et al. fanden in ihrer Studie heraus, dass FE, VE und SC generell mit einem erhöhten Risiko an ICB einhergehen [84]. Allerdings betonten sie auch, dass eine erfolgreich durchgeführte VOE mit keinem zusätzlichen Risiko für ICB verbunden ist [84].

Whitby et al. stützen diese Beobachtung, indem sie ein erhöhtes Risiko für eine subdurale Blutungen bei den Kindern beobachteten, die nach gescheiterter VE durch eine FE geboren wurden [76].

Weiterhin wiesen Kinder von Erstgravida, die mittels VE oder FE entbanden, ein erhöhtes Risiko für ICB auf [76][77]. In unserer Studie lag die Häufigkeit von Erstgebärenden mit VOE bei 77,5 %. Aber wie bereits oben erwähnt traten bei uns keine ICB auf.

Ekéus et al. versuchten in einer populationsbasierten Kohortenstudie in Schweden von 1999 bis 2010 Risikofaktoren für ICB zu bestimmen [96]. Die Rate an neonatalen ICB war bei den Kinder, die mittels VE zur Welt kamen, mehr als 6 mal höher als bei Kindern mit Spontanpartus [96]. Zusätzlich konnten sie eine 6 bis 7-fach höhere Rate an Krampfanfällen oder Enzephalopathien in der Gruppe der VE verglichen mit den Spontangeburt beobachtet [96]. Diese Rate stieg mit höherem BMI und zunehmender Größe der Mutter [96]. Ein höheres Geburtsgewicht der Neugeborenen war ebenso mit neonatalen Krampfanfällen und einer höheren Rate an zerebralen Komplikationen assoziiert [96].

Unsere Studie wies keinen signifikanten Zusammenhang zwischen BMI und Größe der Mutter und neurologischen neonatalen Auffälligkeiten auf ( $p = 0,09$ ). Allerdings fanden sich bei den neurologisch auffälligen Kindern signifikant weniger Episiotomien während der Geburt ( $p = 0,04$ ).

Ekéus et al. fanden in der Gruppe der VE ein 10-fach höheres Risiko für traumatische ICB und ein mehr als doppelt so hohes Risiko für nichttraumatische ICB, verglichen mit der SC und Spontangeburt [96].

Diesen Zusammenhang konnten Pollina et al. auch beobachten [97]. Schlussfolgernd konnten auch sie VOE als Risikofaktor für neonatale ICB ausmachen [97]. Dabei waren vor allem ein hohes neonatales Geburtsgewicht und eine niedrige Größe der Mutter ausschlaggebende Risikofaktoren für ICB [97].

## **7.6 Schädelsonografie zur Diagnostik der intrakraniellen Blutungen**

Generell ist es wichtig das Muster der zerebralen Schädigung zu bestimmen, um eine optimale Versorgung zu gewährleisten und wichtige Hinweise auf die Schwere und die Dauer der Verletzung zu erhalten sowie auf die Prognose schließen zu können [98]. Bezüglich der Differenzialdiagnostik zwischen Krankheitsbildern ist der CUS ebenfalls sinnvoll [98].

Im Allgemeinen bietet der Ultraschall die Vorzüge der weiten Verbreitung und schnellen Verfügbarkeit (auch neben dem Patientenbett), der risikoarmen Wieder-

holbarkeit, des Verzichts auf eine Sedierung, die Strahlenfreiheit sowie den niedrigen Kosten [98][99]. Durch die Schnelle der Untersuchung ist es möglich eine adäquate Therapie zeitnah durchzuführen [100].

Im Vergleich ist die MRT als diagnostisches Mittel kostspieliger, zeitaufwändiger und nicht so leicht verfügbar. Auch bei immobilen Patienten ist die MRT eher weniger geeignet [98].

Mittlerweile konnte eine hohe Detailauflösung mittels des CUS erreicht werden [98]. Dies hat vor allem im Hinblick auf subdurale Hämatoome Fortschritte bezüglich der Diagnostik geliefert [101]. Der Vorteil der verschiedenen akustischen Fenster des kindlichen Schädels und auch der variablen Frequenzeinstellung hat die Sensitivität und Spezifität der Ultraschalluntersuchung erheblich verbessert [30][99].

In einer retrospektiven Studie von Intrapromkul et al. wies der CUS bei Frühgeborenen eine Sensitivität von 100 % und Spezifität von 93,3 % bei der Detektion von Grad 3 Blutungen der gerinalen Matrix auf [102]. Auch wenn die Sensitivität im Erkennen von intraventrikulären Blutungen Grad 2 und zerebellären Blutungen wesentlich geringer war und sich unsere Fragestellung auf Reifgeborene bezieht, zeigt dieses Ergebnis das Potential der CUS bei Neugeborenen.

Vor allem im Hinblick auf das Erkennen von Krankheitsbildern, wie ICB, Kalzifikationen, Ischämien und Hirnabszessen bietet die Ultraschalldiagnostik eine wichtige Grundlage [103]. Zusätzlich lassen sich auch beispielsweise angeborene Fehlbildungen wie die Chiari-Malformation oder die Balkenagenese, sowie eine Ventrikelvergrößerung und Pathologien der Fossa posterior erkennen [103][104][105].

Neben den anatomischen Strukturen kann mithilfe der Dopplersonografie sowohl eine Aussage über die intrakraniellen Gefäße [29] als auch über die Prognose getroffen werden [106]. Beispielsweise korreliert ein abnormer Widerstandswert in den ersten 72 Stunden nach der Geburt mit einer schlechten Prognose [107][108][109]. Weiterhin kann bei traumatisch bedingten epiduralen, subduralen und subarachnoidalen Blutungen mithilfe der Dopplersonografie wichtige Aussagen über das Flussprofil und damit die Prognose und eventuelle Komplikationen wie der Einklemmung getroffen werden [29]. Normale Flussgeschwindigkeiten gehen dabei mit einer guten Prognose einher; wohingegen eine erniedrigte oder retrograde diastolische Blutströmung auf eine lebensbedrohliche Minderversorgung des Gehirns hindeutet und eine schlechte Prognose aufweist. Je länger das Flussprofil dabei von der Norm

abweicht und je länger die Pathologie nachgewiesen werden kann, desto schlechter wird die Prognose eingeschätzt [29].

Des Weiteren können fluktuierende Flussmuster in der Dopplersonografie ein Indiz für eine ICB sein [29]. Eine prospektive Studie von Perlman zeigte, dass fluktuierende Flussmuster signifikant häufiger mit dem Auftreten von schweren ICB vergesellschaftet sind [29]. Blutdruckschwankungen werden dabei aufgrund der noch fehlenden Autoregulation an das Gehirn weitergegeben und korrelieren mit der Flusskurve [29].

Salas et al. untersuchten die Rolle des CUS im Hinblick auf hypoxisch-ischämische Verletzungen (HII) des Gehirns und die Folge der hypoxisch-ischämischen Enzephalopathie [98]. Ultraschallbefunde entwickeln sich wie die Verletzung über die Zeit [110]. Im Fall der HII finden sich erst nach 24 - 48 Stunden typische Befunde im CUS [108][110][111]. Sollte vor dieser Zeitspanne doch eine Auffälligkeit im CUS erhoben werden, dann geht dies mit einer schlechten Prognose einher [106]. Aufgrund der genannten Zeitspanne erscheint die MRT in der Diagnostik besser als der CUS [112][113]. Allerdings sind normale Befunde sowohl in der CUS als auch in der MRT keine starken prognostischen Faktoren für ein gutes Outcome [106]. Dies unterstreicht den Stellenwert der frühen Diagnostik im Hinblick auf schlechte Prognosen und Outcomes [98].

Limitierend im CUS ist, dass die Ventrikel in den ersten 36 Lebensstunden auch ohne Verletzung, aber auch mit einem Ödem schmal imponieren können, worauf bei der Interpretation geachtet werden sollte [114]. Außerdem sind im Vergleich zur MRT Läsionen im Bereich des Kortex durch den CUS schwieriger zu detektieren [115].

Zusammenfassend beurteilten Salas et al. den CUS als eine wertvolle Diagnostik im Hinblick auf Neugeborene mit Enzephalopathie [98]. Vor allem die Möglichkeit der Wiederholbarkeit der Ultraschalluntersuchung erlaubt die Diagnosestellung der zugrundeliegenden Pathologie und des Schweregrades [98].

Steggerda et al. untersuchten in einer retrospektiven Kohortenstudie von 113 kritisch kranken Neugeborenen von 2008 bis 2012 den Stellenwert des CUS im Vergleich zur MRT [105]. Primär legten sie ihren Fokus auf Pathologien der Fossa

posterior und die Rolle der anterioren- und Mastoidfontanelle als akustische Fenster [105].

Abgesehen von den bildgebenden Verfahren zur Detektion von intrakraniellen Verletzungen gibt es auch noch die Möglichkeit der Laboruntersuchung. Dabei stellt die Thrombozytopenie den am häufigsten beobachteten Marker für eine ICB dar [82][93]. Jhawar et al. postulieren, dass die Thrombozytopenie der wichtigste Indikator für eine ICB- und mit schweren Blutungen assoziiert sei [93].

In unserer Studie fokussierten wir uns auf den CUS als bildgebende Diagnostik. Es könnte allerdings sinnvoll sein hinsichtlich der Detektion von ICB Labor und Ultraschall im Zusammenspiel zu betrachten.

### **7.7 Zusammenfassung und Ausblick**

Die Stärke unserer Studie lag darin, dass wir die Neugeborenen prospektiv untersucht haben. Des Weiteren war bei der VOE stets ein Pädiater (Fach-/Oberarzt) anwesend, der die Neugeborenen auf extrakranielle Kopfverletzungen und klinische Auffälligkeiten untersuchen konnte. Somit wurde die Diagnose einer extrakraniellen Kopfverletzung immer zeitgleich und valide gestellt und dokumentiert.

Schwächen fanden sich vor allem in dem Prozess der VOE an sich. Sowohl die Indikationsstellung als auch die Instrumentenwahl unterlagen subjektiv dem Operateur und konnten somit nicht studiengerecht objektiviert und vergleichbar gemacht werden. Auch die fetale Kopfposition und das Anbringen des Instrumentes ließen wir unberücksichtigt, weshalb wir keine Aussagen zu Zusammenhängen solcher Parameter mit extra- und intrakraniellen Verletzungen treffen konnten. Zuletzt zeigt sich außerdem noch eine Schwäche unserer Studie darin, dass wir keine Kontrollgruppe zum Beispiel in Form von Spontangeburt hatten und somit viele Vergleiche nicht ziehen konnten.

Bei insgesamt 200 eingeschlossenen Neonaten fand sich in keinem Fall eine Ultraschallpathologie, die auf eine VOE zurückzuführen war. Der Stellenwert des CUS im Rahmen der Vorsorgeuntersuchung U2 konnte in unserer Studie somit als wenig sinnvoll beurteilt werden.

Dennoch zeigen einige Studien einen Zusammenhang zwischen VOE und ICB [22][41][51][89][90], welcher zukünftig mittels eines größeren Patientenkollektivs/Studienkohorte untersucht werden sollte, um einen eventuellen Nutzen des CUS eingehender betrachten zu können.

Bezüglich extrakranieller Kopfverletzungen und neurologischer Auffälligkeiten nach VOE konnten wir signifikante Zusammenhänge beobachten, die sich mit weiteren Studien in der Literatur decken [85][63][86][87][17][88][52].

Zusammenfassend ist die generelle sonografische Untersuchung nach VOE hinsichtlich ihres Nutzens zu hinterfragen. Ein unkritischer Einsatz der CUS führt zu zahlreichen Zufallsbefunden, die oftmals ohne klinische Bedeutung sind, aber zur Beunruhigung der Eltern führen können.

Es ist davon auszugehen, dass die klinische Symptomatik der Neugeborenen den größten Informationsgehalt zum Erkennen relevanter Pathologien nach VOE aufweist. Hiernach sollte sich dann auch die weitergehende Diagnostik richten.

## 8. Literaturverzeichnis

- [1] H. Hopp, F. J. Dudenhausen, I. Hösli, F. Kainer, K. Ulsenheimer, and K. Vetter, "S1-Leitlinie: Vaginal-operative Entbindungen," *AWMF online*, pp. 1–17, 2012.
- [2] G. G. No, "Operative vaginal delivery Operative vaginal delivery," *Obstet. Norm. Probl. Pregnancies*, vol. 115, no. 26, pp. 311–329, 2011.
- [3] M. Mangin *et al.*, "[Operative delivery data in France for 2007: results of a national survey within teaching hospitals].," *J. Gynecol. Obstet. Biol. Reprod. (Paris)*, vol. 39, no. 2, pp. 121–32, Apr. 2010.
- [4] A. F. Gei, "Prevention of the First Cesarean Delivery: The Role of Operative Vaginal Delivery," *Semin. Perinatol.*, vol. 36, no. 5, pp. 365–373, 2012.
- [5] F. Vidal, C. Simon, C. Cristini, C. Arnaud, and O. Parant, "Instrumental Rotation for Persistent Fetal Occiput Posterior Position: A Way to Decrease Maternal and Neonatal Injury?," *PLoS One*, vol. 8, no. 10, pp. 1–6, 2013.
- [6] C. E. Aiken, A. R. Aiken, J. C. Brockelsby, and J. G. Scott, "Factors influencing the likelihood of instrumental delivery success.," *Obstet. Gynecol.*, vol. 123, no. 4, pp. 796–803, Apr. 2014.
- [7] F. Majoko and G. Gardener, "Trial of instrumental delivery in theatre versus immediate caesarean section for anticipated difficult assisted births.," *Cochrane database Syst. Rev.*, vol. 10, p. CD005545, Oct. 2012.
- [8] R. W. McQuivey, "Vacuum-assisted delivery: a review.," *J. Matern. Fetal. Neonatal Med.*, vol. 16, no. 3, pp. 171–80, Sep. 2004.
- [9] Committee on Practice Bulletins—Obstetrics, "ACOG Practice Bulletin No. 154: Operative Vaginal Delivery.," *Obstet. Gynecol.*, vol. 126, no. 5, pp. e56-65, Nov. 2015.
- [10] A. Stiefel, C. Geist, and U. Harder, *Hebammenkunde Lehrbuch für Schwangerschaft, Geburt, Wochenbett und Beruf*, 5. überarb. Hippokrates, 2012.
- [11] H. Hopp and K. Kalache, "Pathologische Geburt und vaginaloperative Entbindung," in *Die Geburtshilfe*, H. Schneider, P. Husslein, and K. Schneider, Eds. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2016, pp. 783–838.
- [12] D. Devane, "Choice of instruments for assisted vaginal delivery," *Pract.*

*Midwife*, vol. 14, no. 2, pp. 33–35, 2011.

[13] C. Vayssière *et al.*, “Instrumental delivery: clinical practice guidelines from the French College of Gynaecologists and Obstetricians.,” *Eur. J. Obstet. Gynecol. Reprod. Biol.*, vol. 159, no. 1, pp. 43–8, Nov. 2011.

[14] J. A. Bofill, O. A. Rust, M. Devidas, W. E. Roberts, J. C. Morrison, and J. N. Martin, “Neonatal cephalohematoma from vacuum extraction.,” *J. Reprod. Med.*, vol. 42, no. 9, pp. 565–9, Sep. 1997.

[15] D. J. Murphy, R. E. Liebling, R. Patel, L. Verity, and R. Swingler, “Cohort study of operative delivery in the second stage of labour and standard of obstetric care,” *BJOG An Int. J. Obstet. Gynaecol.*, vol. 110, no. 6, pp. 610–615, 2003.

[16] A. Vacca, “Vacuum assisted Vaginal Delivery improving patient safety and protecting your self,” *Suppl. to OBG Manag.*, no. February, pp. 1–12, 2004.

[17] F. O’Mahony, G. J. Hofmeyr, and V. Menon, “Choice of instruments for assisted vaginal delivery.,” *Cochrane database Syst. Rev.*, no. 11, p. CD005455, Nov. 2010.

[18] G. Attilakos, T. Sibanda, C. Winter, N. Johnson, and T. Draycott, “A randomised controlled trial of a new handheld vacuum extraction device,” *BJOG An Int. J. Obstet. Gynaecol.*, vol. 112, no. 11, pp. 1510–1515, 2005.

[19] N. N. Rabelo, H. Matushita, and D. D. Cardeal, “Traumatic brain lesions in newborns,” *Arq. Neuropsiquiatr.*, vol. 75, no. 3, pp. 180–188, 2017.

[20] G. Akangire and B. Carter, “Birth Injuries in Neonates,” *Pediatr. Rev.*, vol. 37, no. 11, pp. 451–462, 2016.

[21] E. F. Werner, T. M. Janevic, J. Illuzzi, E. F. Funai, D. A. Savitz, and H. S. Lipkind, “Mode of delivery in nulliparous women and neonatal intracranial injury.,” *Obstet. Gynecol.*, vol. 118, no. 6, pp. 1239–46, Dec. 2011.

[22] D. Towner, M. A. Castro, E. Eby-Wilkens, and W. M. Gilbert, “Effect of Mode of Delivery in Nulliparous Women on Neonatal Intracranial Injury,” *N. Engl. J. Med.*, vol. 341, no. 23, pp. 1709–1714, Dec. 1999.

[23] M. D. Erika F. Werner, MD, MS, Teresa M. Janevic, PhD, Jessica Illuzzi, MD, MS, Edmund F. Funai, MD, David A. Savitz, PhD, and Heather S. Lipkind, MD, “Mode of Delivery in Nulliparous Women and Neonatal Intracranial Injury Erika,” vol. 118, no. 6, pp. 1239–1246, 2000.

[24] A. Ghidini, D. Stewart, J. C. Pezzullo, and A. Locatelli, “Neonatal complications in vacuum-assisted vaginal delivery: are they associated with number

of pulls, cup detachments, and duration of vacuum application?," *Arch. Gynecol. Obstet.*, vol. 295, no. 1, pp. 67–73, 2017.

[25] C. Ekéus, U. Högberg, M. Norman, C. Ekeus, U. Hogberg, and M. Norman, "Vacuum assisted birth and risk for cerebral complications in term newborn infants: A population-based cohort study," *BMC Pregnancy Childbirth*, vol. 14, no. 1, p. 36, 2014.

[26] K. Demissie *et al.*, "Operative vaginal delivery and neonatal and infant adverse outcomes: Population-based retrospective analysis," *Obstet. Gynecol. Surv.*, vol. 60, no. 2, pp. 86–87, 2005.

[27] published by Dove Press, "Vacuum-assisted-cesarean-section," *Int. J. Women's Heal.*, vol. 9, pp. 151–155, 2017.

[28] G. Bundesausschusses, "Richtlinie," 2018.

[29] K.-H. Deeg, V. Hofmann, and P. F. Hoyer, *Ultraschalldiagnostik in Pädiatrie und Kinderchirurgie*, 3. überarb. Thieme Verlag, 2014.

[30] A. Daneman, M. Epelman, S. Blaser, and J. R. Jarrin, "Imaging of the brain in full-term neonates: does sonography still play a role?," *Pediatr. Radiol.*, vol. 36, no. 7, pp. 636–46, Jul. 2006.

[31] J. Salas, A. Tekes, M. Hwang, F. J. Northington, and T. A. G. M. Huisman, "Head Ultrasound in Neonatal Hypoxic-Ischemic Injury and Its Mimickers for Clinicians: A Review of the Patterns of Injury and the Evolution of Findings over Time," *Neonatology*, vol. 114, no. 3, pp. 185–197, 2018.

[32] K. H. Deeg, F. Staudt, and L. v. Rohden, "Klassifikation der intrakraniellen Blutungen des Frühgeborenen," *Ultraschall Med.* 20, 1999.

[33] C. P. Speer and M. Gahr, *Pädiatrie*, 3., vollst. Springer Berlin Heidelberg, 2009.

[34] L. Papile, J. Burstein, R. Burstein, and H. Koffler, "Incidence and evolution of subependymal and intraventricular hemorrhage : A study of infants with birth weights less than 1 , 500 gm ea l o a , IOea l," vol. 92, no. 4, pp. 529–534, 1978.

[35] J. Volpe, *Neurology of the Newborn*. © Saunders, 2008.

[36] L. Nicholson, "Caput succedaneum and cephalohematoma: the cs that leave bumps on the head.," *Neonatal Netw.*, vol. 26, no. 5, pp. 277–81.

[37] H. T. Harcke, R. L. Naeye, A. Storch, and W. A. Blanc, "Perinatal cerebral intraventricular hemorrhage.," *J. Pediatr.*, vol. 80, no. 1, pp. 37–42, Jan. 1972.

[38] Z. Habibi, A. T. Meybodi, S. M. Haji Mirsadeghi, and S. M. Miri, "Burr-hole

drainage for the treatment of acute epidural hematoma in coagulopathic patients: a report of eight cases.," *J. Neurotrauma*, vol. 29, no. 11, pp. 2103–7, Jul. 2012.

[39] E. J. Weiner, M. S. McIntosh, M. M. Joseph, N. Maraqa, and P. G. Davis, "Neonatal scalp abscess: is it a benign disease?," *J. Emerg. Med.*, vol. 40, no. 5, pp. e97-101, May 2011.

[40] M. Riccabona *et al.*, *Dokumentationsleitlinie Standarddokumentation der Sonografie des kindlichen Neurokraniums.* .

[41] D. J. Murphy, R. E. Liebling, L. Verity, R. Swingler, and R. Patel, "Early maternal and neonatal morbidity associated with operative delivery in second stage of labour: a cohort study.," *Lancet (London, England)*, vol. 358, no. 9289, pp. 1203–7, Oct. 2001.

[42] T. L. Halscott *et al.*, "Maternal and neonatal outcomes by attempted mode of operative delivery from a low station in the second stage of labor," *Obstet. Gynecol.*, vol. 126, no. 6, pp. 1265–1272, 2015.

[43] P. A. Robertson, R. K. Laros, and R. L. Zhao, "Neonatal and maternal outcome in low-pelvic and midpelvic operative deliveries.," *Am. J. Obstet. Gynecol.*, vol. 162, no. 6, pp. 1436–42; discussion 1442-4, Jun. 1990.

[44] R. A. Bashore, W. H. Phillips, and C. R. Brinkman, "A comparison of the morbidity of midforceps and cesarean delivery.," *Am. J. Obstet. Gynecol.*, vol. 162, no. 6, pp. 1428–34; discussion 1434-5, Jun. 1990.

[45] L. J. Dierker, M. G. Rosen, K. Thompson, S. Debanne, and P. Linn, "The midforceps: maternal and neonatal outcomes.," *Am. J. Obstet. Gynecol.*, vol. 152, no. 2, pp. 176–83, May 1985.

[46] G. Ducarme, J. F. Hamel, P. E. Bouet, G. Legendre, L. Vandenbroucke, and L. Sentilhes, "Maternal and neonatal morbidity after attempted operative vaginal delivery according to fetal head station," *Obstet. Gynecol.*, vol. 126, no. 3, pp. 521–529, 2015.

[47] C. A. Walsh, M. Robson, and F. M. McAuliffe, "Mode of delivery at term and adverse neonatal outcomes.," *Obstet. Gynecol.*, vol. 121, no. 1, pp. 122–8, Jan. 2013.

[48] J. L. Bailit *et al.*, "Evaluation of delivery options for second-stage events.," *Am. J. Obstet. Gynecol.*, vol. 214, no. 5, pp. 638.e1-638.e10, May 2016.

[49] G. M. Muraca *et al.*, "Perinatal and maternal morbidity and mortality after attempted operative vaginal delivery at midpelvic station," *Cmaj*, vol. 189, no. 22,

pp. E764–E772, 2017.

[50] A. S. Hagadorn-Freathy, E. R. Yeomans, and G. D. Hankins, “Validation of the 1988 ACOG forceps classification system.,” *Obstet. Gynecol.*, vol. 77, no. 3, pp. 356–60, Mar. 1991.

[51] A. B. Caughey, P. L. Sandberg, M. G. Zlatnik, M.-P. Thiet, J. T. Parer, and R. K. Laros, “Forceps compared with vacuum: rates of neonatal and maternal morbidity.,” *Obstet. Gynecol.*, vol. 106, no. 5 Pt 1, pp. 908–12, Nov. 2005.

[52] J. H. Johnson, R. Figueroa, D. Garry, A. Elimian, and D. Maulik, “Immediate maternal and neonatal effects of forceps and vacuum-assisted deliveries.,” *Obstet. Gynecol.*, vol. 103, no. 3, pp. 513–8, Mar. 2004.

[53] I. Gurol-Urganci *et al.*, “Third- and fourth-degree perineal tears among primiparous women in England between 2000 and 2012: time trends and risk factors.,” *BJOG*, vol. 120, no. 12, pp. 1516–25, Nov. 2013.

[54] E. A. Frankman, L. Wang, C. H. Bunker, and J. L. Lowder, “Episiotomy in the United States: has anything changed?,” *Am. J. Obstet. Gynecol.*, vol. 200, no. 5, pp. 573.e1–7, May 2009.

[55] M. Ramphul, M. M. Kennelly, G. Burke, and D. J. Murphy, “Risk factors and morbidity associated with suboptimal instrument placement at instrumental delivery: Observational study nested within the Instrumental Delivery & Ultrasound randomised controlled trial ISRCTN 72230496,” *BJOG An Int. J. Obstet. Gynaecol.*, vol. 122, no. 4, pp. 558–563, 2015.

[56] A. A. Montgomery, G. Burke, M. Ramphul, and D. J. Murphy, “Study Protocol. IDUS – Instrumental delivery & ultrasound. A multi-centre randomised controlled trial of ultrasound assessment of the fetal head position versus standard care as an approach to prevent morbidity at instrumental delivery,” *BMC Pregnancy Childbirth*, vol. 12, no. 1, p. 1, 2012.

[57] A. Vacca, “Vacuum-assisted delivery: an analysis of traction force and maternal and neonatal outcomes.,” *Aust. N. Z. J. Obstet. Gynaecol.*, vol. 46, no. 2, pp. 124–7, Apr. 2006.

[58] E. Schiff *et al.*, “A matched controlled study of Kielland’s forceps for transverse arrest of the fetal vertex.,” *J. Obstet. Gynaecol.*, vol. 21, no. 6, pp. 576–9, Nov. 2001.

[59] C. Gardella, M. Taylor, T. Benedetti, J. Hitti, and C. Critchlow, “The effect of sequential use of vacuum and forceps for assisted vaginal delivery on neonatal and

maternal outcomes,” *Am. J. Obstet. Gynecol.*, vol. 185, no. 4, pp. 896–902, Oct. 2001.

[60] M. Ahlberg, M. Norman, A. Hjelmstedt, and C. Ekéus, “Risk factors for failed vacuum extraction and associated complications in term newborn infants: a population-based cohort study,” *J. Matern. Fetal. Neonatal Med.*, vol. 29, no. 10, pp. 1646–51, 2016.

[61] T. J. Benedetti, “Birth injury and method of delivery,” *N. Engl. J. Med.*, vol. 341, no. 23, pp. 1758–9, Dec. 1999.

[62] S. Z. Wanyonyi, B. Achila, and N. Gudu, “Factors contributing to failure of vacuum delivery and associated maternal/neonatal morbidity,” *Int. J. Gynaecol. Obstet.*, vol. 115, no. 2, pp. 157–60, Nov. 2011.

[63] S. K. Doumouchtsis and S. Arulkumaran, “Head injuries after instrumental vaginal deliveries,” *Curr. Opin. Obstet. Gynecol.*, vol. 18, no. 2, pp. 129–34, Apr. 2006.

[64] C. Simonson *et al.*, “Neonatal complications of vacuum-assisted delivery,” *Obstet. Gynecol.*, vol. 109, no. 3, pp. 626–33, Mar. 2007.

[65] V. Equy *et al.*, “Clinical impact of the disposable ventouse iCup® versus a metallic vacuum cup: A multicenter randomized controlled trial,” *BMC Pregnancy Childbirth*, vol. 15, no. 1, pp. 1–9, 2015.

[66] K. Åberg, M. Norman, K. Pettersson, H. Järnbert-Pettersson, and C. Ekéus, “Protracted vacuum extraction and neonatal intracranial hemorrhage among infants born at term: a nationwide case-control study,” *Acta Obstet. Gynecol. Scand.*, Dec. 2018.

[67] C. Ekéus, K. Wrangsell, S. Penttinen, and K. Åberg, “Neonatal complications among 596 infants delivered by vacuum extraction (in relation to characteristics of the extraction),” *J. Matern. Fetal. Neonatal Med.*, vol. 31, no. 18, pp. 2402–2408, Sep. 2018.

[68] E. Krispin, A. Aviram, L. Salman, R. Chen, A. Wiznitzer, and R. Gabbay-Benziv, “Cup detachment during vacuum-assisted vaginal delivery and birth outcome,” *Arch. Gynecol. Obstet.*, vol. 296, no. 5, pp. 877–883, Nov. 2017.

[69] H. Waterfall, R. M. Grivell, and J. M. Dodd, “Techniques for assisting difficult delivery at caesarean section,” *Cochrane database Syst. Rev.*, no. 1, p. CD004944, Jan. 2016.

[70] E. SOLOMONS, “Delivery of the head with the Malmstrom vacuum extractor

- during cesarean section.," *Obstet. Gynecol.*, vol. 19, pp. 201–3, Feb. 1962.
- [71] I. Arad, N. Linder, and B. Bercovici, "Vacuum extraction at cesarean section-neonatal outcome.," *J. Perinat. Med.*, vol. 14, no. 2, pp. 137–40, 1986.
- [72] F. H. Boehm, "Vacuum extraction during cesarean section.," *South. Med. J.*, vol. 78, no. 12, p. 1502, Dec. 1985.
- [73] J. A. Bofill, S. G. Lencki, S. Barhan, and L. C. Ezenagu, "Instrumental delivery of the fetal head at the time of elective repeat cesarean: a randomized pilot study.," *Am. J. Perinatol.*, vol. 17, no. 5, pp. 265–9, 2000.
- [74] A. Dimitrov, E. Pavlova, K. Krüsteva, and A. Nikolov, "[Caesarean section with vacuum extraction of the head].," *Akush. Ginekol. (Sofia)*, vol. 47, no. 3, pp. 3–6, 2008.
- [75] S. Sritippayawan and W. Chantrapitak, "Assisted delivery of high floating fetal head: A comparison of vacuum-assisted delivery with manual extraction," *Asian Biomed.*, vol. 5, no. 5, pp. 699–703, 2011.
- [76] E. H. Whitby *et al.*, "Frequency and natural history of subdural haemorrhages in babies and relation to obstetric factors.," *Lancet (London, England)*, vol. 363, no. 9412, pp. 846–51, Mar. 2004.
- [77] C. B. Looney *et al.*, "Intracranial hemorrhage in asymptomatic neonates: prevalence on MR images and relationship to obstetric and neonatal risk factors.," *Radiology*, vol. 242, no. 2, pp. 535–41, Feb. 2007.
- [78] V. J. Rooks, J. P. Eaton, L. Ruess, G. W. Petermann, J. Keck-Wherley, and R. C. Pedersen, "Prevalence and evolution of intracranial hemorrhage in asymptomatic term infants.," *AJNR. Am. J. Neuroradiol.*, vol. 29, no. 6, pp. 1082–9, Jun. 2008.
- [79] K. R. Holden, M. O. Titus, and P. Van Tassel, "Cranial magnetic resonance imaging examination of normal term neonates: a pilot study.," *J. Child Neurol.*, vol. 14, no. 11, pp. 708–10, Nov. 1999.
- [80] H. S. Hong and J. Y. Lee, "Intracranial hemorrhage in term neonates.," *Childs. Nerv. Syst.*, vol. 34, no. 6, pp. 1135–1143, Jun. 2018.
- [81] S. N. Gupta, A. M. Kechli, and U. S. Kanamalla, "Intracranial hemorrhage in term newborns: management and outcomes.," *Pediatr. Neurol.*, vol. 40, no. 1, pp. 1–12, Jan. 2009.
- [82] A. J. Brouwer, F. Groenendaal, C. Koopman, R. J. A. Nieuvelstein, S. K. Han, and L. S. De Vries, "Intracranial hemorrhage in full-term newborns: A hospital-based

cohort study," *Neuroradiology*, vol. 52, no. 6, pp. 567–576, 2010.

[83] D. I. Sandberg, M. Lamberti-Pasculli, J. M. Drake, R. P. Humphreys, and J. T. Rutka, "Spontaneous intraparenchymal hemorrhage in full-term neonates," *Neurosurgery*, vol. 48, no. 5, pp. 1042–8; discussion 1048-9, May 2001.

[84] D. Towner, M. A. Castro, E. Eby-Wilkens, and W. M. Gilbert, "Effect of mode of delivery in nulliparous women on neonatal intracranial injury.," *N. Engl. J. Med.*, vol. 341, no. 23, pp. 1709–14, Dec. 1999.

[85] S. K. Doumouchtsis and S. Arulkumaran, "Head trauma after instrumental births.," *Clin. Perinatol.*, vol. 35, no. 1, pp. 69–83, viii, Mar. 2008.

[86] D. Uchil and S. Arulkumaran, "Neonatal subgaleal hemorrhage and its relationship to delivery by vacuum extraction.," *Obstet. Gynecol. Surv.*, vol. 58, no. 10, pp. 687–93, Oct. 2003.

[87] A. E. Swanson, A. Veldman, E. M. Wallace, and A. Malhotra, "Subgaleal hemorrhage: risk factors and outcomes.," *Acta Obstet. Gynecol. Scand.*, vol. 91, no. 2, pp. 260–3, Feb. 2012.

[88] M. C. Williams, R. A. Knuppel, W. F. O'Brien, A. Weiss, and K. S. Kanarek, "A randomized comparison of assisted vaginal delivery by obstetric forceps and polyethylene vacuum cup.," *Obstet. Gynecol.*, vol. 78, no. 5 Pt 1, pp. 789–94, Nov. 1991.

[89] K. Demissie *et al.*, "Operative vaginal delivery and neonatal and infant adverse outcomes: population based retrospective analysis.," *BMJ*, vol. 329, no. 7456, pp. 24–9, Jul. 2004.

[90] S. W. Wen *et al.*, "Comparison of maternal and infant outcomes between vacuum extraction and forceps deliveries.," *Am. J. Epidemiol.*, vol. 153, no. 2, pp. 103–7, Jan. 2001.

[91] M. C. Cohen, A. Sprigg, and E. H. Whitby, "Subdural hemorrhage, intradural hemorrhage and hypoxia in the pediatric and perinatal post mortem: are they related? An observational study combining the use of post mortem pathology and magnetic resonance imaging.," *Forensic Sci. Int.*, vol. 200, no. 1–3, pp. 100–7, Jul. 2010.

[92] A. H. Huang and R. L. Robertson, "Spontaneous superficial parenchymal and leptomeningeal hemorrhage in term neonates.," *AJNR. Am. J. Neuroradiol.*, vol. 25, no. 3, pp. 469–75, Mar. 2004.

[93] B. S. Jhavar, A. Ranger, D. Steven, and R. F. Del Maestro, "Risk factors for

- intracranial hemorrhage among full-term infants: a case-control study.," *Neurosurgery*, vol. 52, no. 3, pp. 581–90; discussion 588-90, Mar. 2003.
- [94] S. R. Hoogstraate, M. H. Lequin, M. A. Huysman, S. Ahmed, and P. P. Govaert, "Apnoea in relation to neonatal temporal lobe haemorrhage.," *Eur. J. Paediatr. Neurol.*, vol. 13, no. 4, pp. 356–61, Jul. 2009.
- [95] Y. W. Wu *et al.*, "Intraventricular hemorrhage in term neonates caused by sinovenous thrombosis.," *Ann. Neurol.*, vol. 54, no. 1, pp. 123–6, Jul. 2003.
- [96] C. Ekéus, U. Högberg, and M. Norman, "Vacuum assisted birth and risk for cerebral complications in term newborn infants: A population-based cohort study," *BMC Pregnancy Childbirth*, vol. 14, no. 1, 2014.
- [97] J. Pollina, M. S. Dias, V. Li, D. Kachurek, and M. Arbesman, "Cranial birth injuries in term newborn infants.," *Pediatr. Neurosurg.*, vol. 35, no. 3, pp. 113–9, Sep. 2001.
- [98] J. Salas and J. Northington, "Head Ultrasound in Neonatal Hypoxic-Ischemic Injury and Its Mimickers for Clinicians: A Review of the Patterns of Injury and the Evolution of Findings Over Time," vol. 21287, pp. 185–197, 2018.
- [99] E. F. Maalouf *et al.*, "Comparison of findings on cranial ultrasound and magnetic resonance imaging in preterm infants.," *Pediatrics*, vol. 107, no. 4, pp. 719–27, Apr. 2001.
- [100] G. van Wezel-Meijler, S. J. Steggerda, and L. M. Leijser, "Cranial ultrasonography in neonates: role and limitations.," *Semin. Perinatol.*, vol. 34, no. 1, pp. 28–38, Feb. 2010.
- [101] D. Dinan, A. Daneman, C. V Guimaraes, N. A. Chauvin, T. Victoria, and M. Epelman, "Easily overlooked sonographic findings in the evaluation of neonatal encephalopathy: lessons learned from magnetic resonance imaging.," *Semin. Ultrasound. CT. MR*, vol. 35, no. 6, pp. 627–51, Dec. 2014.
- [102] J. Intrapiromkul, F. Northington, T. A. G. M. Huisman, I. Izbudak, A. Meoded, and A. Tekes, "Accuracy of head ultrasound for the detection of intracranial hemorrhage in preterm neonates: comparison with brain MRI and susceptibility-weighted imaging.," *J. Neuroradiol.*, vol. 40, no. 2, pp. 81–8, May 2013.
- [103] G. Orman *et al.*, "Neonatal head ultrasonography today: a powerful imaging tool!," *J. Neuroimaging*, vol. 25, no. 1, pp. 31–55.
- [104] S. J. Steggerda, L. M. Leijser, F. T. Wiggers-de Bruïne, J. van der Grond, F. J. Walther, and G. van Wezel-Meijler, "Cerebellar injury in preterm infants: incidence

and findings on US and MR images.,” *Radiology*, vol. 252, no. 1, pp. 190–9, Jul. 2009.

[105] S. J. Steggerda, F. T. de Bruïne, V. E. H. J. Smits-Wintjens, P. Verbon, F. J. Walther, and G. van Wezel-Meijler, “Posterior fossa abnormalities in high-risk term infants: comparison of ultrasound and MRI,” *Eur. Radiol.*, vol. 25, no. 9, pp. 2575–2583, 2015.

[106] L. M. Leijser, A. A. Vein, L. Liauw, T. Strauss, S. Veen, and G. van Wezel-Meijler, “Prediction of short-term neurological outcome in full-term neonates with hypoxic-ischaemic encephalopathy based on combined use of electroencephalogram and neuro-imaging.,” *Neuropediatrics*, vol. 38, no. 5, pp. 219–27, Oct. 2007.

[107] P. Ilves, M. Lintrop, T. Metsvaht, U. Vaher, and T. Talvik, “Cerebral blood-flow velocities in predicting outcome of asphyxiated newborn infants.,” *Acta Paediatr.*, vol. 93, no. 4, pp. 523–8, Apr. 2004.

[108] P. Eken, M. C. Toet, F. Groenendaal, and L. S. de Vries, “Predictive value of early neuroimaging, pulsed Doppler and neurophysiology in full term infants with hypoxic-ischaemic encephalopathy.,” *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*, vol. 73, no. 2, pp. F75-80, 1995.

[109] J. E. Stark and J. J. Seibert, “Cerebral artery Doppler ultrasonography for prediction of outcome after perinatal asphyxia.,” *J. Ultrasound Med.*, vol. 13, no. 8, pp. 595–600, Aug. 1994.

[110] C. J. Tann *et al.*, “Early cranial ultrasound findings among infants with neonatal encephalopathy in Uganda: an observational study.,” *Pediatr. Res.*, vol. 80, no. 2, pp. 190–6, 2016.

[111] L.-T. Lin *et al.*, “Increased Risk of Intracranial Hemorrhage in Patients With Pregnancy-Induced Hypertension: A Nationwide Population-Based Retrospective Cohort Study.,” *Medicine (Baltimore)*, vol. 95, no. 20, p. e3732, May 2016.

[112] P. Wintermark, A. Hansen, J. Soul, M. Labrecque, R. L. Robertson, and S. K. Warfield, “Early versus late MRI in asphyxiated newborns treated with hypothermia.,” *Arch. Dis. Child. Fetal Neonatal Ed.*, vol. 96, no. 1, pp. F36-44, Jan. 2011.

[113] A. J. Barkovich *et al.*, “MR imaging, MR spectroscopy, and diffusion tensor imaging of sequential studies in neonates with encephalopathy.,” *AJNR. Am. J. Neuroradiol.*, vol. 27, no. 3, pp. 533–47, Mar. 2006.

- [114] M. D. Nelson, C. J. Tavaré, L. Petrus, P. Kim, and F. H. Gilles, "Changes in the size of the lateral ventricles in the normal-term newborn following vaginal delivery.," *Pediatr. Radiol.*, vol. 33, no. 12, pp. 831–5, Dec. 2003.
- [115] M. A. Rutherford, J. M. Pennock, and L. M. Dubowitz, "Cranial ultrasound and magnetic resonance imaging in hypoxic-ischaemic encephalopathy: a comparison with outcome.," *Dev. Med. Child Neurol.*, vol. 36, no. 9, pp. 813–25, Sep. 1994.
- [116] E. W. Y. Tam *et al.*, "Cerebellar hemorrhage on magnetic resonance imaging in preterm newborns associated with abnormal neurologic outcome.," *J. Pediatr.*, vol. 158, no. 2, pp. 245–50, Feb. 2011.
- [117] S. J. Steggerda *et al.*, "Small cerebellar hemorrhage in preterm infants: perinatal and postnatal factors and outcome.," *Cerebellum*, vol. 12, no. 6, pp. 794–801, Dec. 2013.

## 9. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 : Höhenstandbestimmung nach de Lee .....	12
Abbildung 2 : Vakuumglocken .....	14
Abbildung 3: Verfahren des Kiwi Handvakuums.....	15
Abbildung 4: Fontanellen beim Neugeborenen .....	19
Abbildung 5: Schematische Darstellung der Koronarschnitte.....	21
Abbildung 6: Schematische Darstellung der Sagittalschnitte .....	22
Abbildung 7: Parasagittalschnitt mit einer Blutung .....	22
Abbildung 8: Parasagittalschnitt mit alten Blutkoagel .....	23
Abbildung 9: Extradurale Flüssigkeitsansammlungen .....	24
Abbildung 10: Koronarschnitt durch die Vorderhörner.....	34
Abbildung 11: Koronarschnitt durch die Seiten- und 3. Ventrikel .....	34
Abbildung 12: Koronarschnitt durch die Hinterhörner und Trigona.....	34
Abbildung 13: Medianer Sagittalschnitt durch den Vermis cerebelli.....	34
Abbildung 14: Parasagittalschnitt durch die Seitenventrikel .....	34
Abbildung 15: Parasagittalschnitt periventrikulär .....	34
Abbildung 16: Patienteninformation und Einwilligungserklärung .....	80

## 10. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Klassifikation der vaginal operativen Entbindungen. ....	13
Tabelle 2: Somatische Parameter der Neugeborenen in Bezug auf Kopfverletzungen.....	38
Tabelle 3: Apgar-Werte bei Minute 1, 5 und 10. ....	39
Tabelle 4: Zusammenhang zwischen maternalen Komplikationen und kindlichen, maternalen und organisatorischen Parametern. ....	40
Tabelle 5: Zusammenhang zwischen neonatalen Kopfverletzungen und kindlichen, maternalen und organisatorischen Parametern. ....	44
Tabelle 6: Zusammenhang zwischen neonatalen neurologischen Auffälligkeiten und kindlichen, maternalen sowie medizinischen Parametern.....	46

## 11. Publikationen und Danksagungen

### 11.1 Publikationen

Die folgende Publikation findet sich zum Zeitpunkt des Druckes unter Prüfung im *European Journal of Ultrasound*:

Is there a role for ultrasonography in near-term/term neonates following assisted vaginal delivery? A prospective, single-center study.

Martin Poryo (MD)<sup>1\*</sup>, Anika Zimmer (M.S.)<sup>2\*</sup>, Amr Hamza (M.D.)<sup>3</sup>, Stefan Wagenpfeil (DSc)<sup>4</sup>, Michael Zemlin (MD)<sup>5</sup>, Martina Geipel (MD)<sup>5</sup>, Günther Löffler (MD)<sup>5</sup>, Sascha Meyer (MD)<sup>5,6</sup>, Erol Tutdibi (MD)<sup>5</sup>

#### 11.1.1 Kongressbeiträge

Einreichung einer Posterpräsentation der Ergebnisse der Dissertation „Stellenwert der zerebralen Sonografie im Rahmen der Vorsorgeuntersuchung U2 bei Neugeborenen nach assistierter vaginaler Entbindung zur Detektion intra- und extrakranieller Pathologien“ auf der 46. Jahrestagung der Gesellschaft für Neonatologie und Pädiatrische Intensivmedizin vom 18.06.2020 bis 20.06.2020 in Berlin.

## 11.2 Danksagungen

An dieser Stelle möchte ich meinen Dank nachstehend genannten Personen aussprechen, ohne deren Mithilfe und Unterstützung diese Arbeit nicht zustande gekommen wäre.

Zunächst widme ich meinen Dank meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. Sascha Meyer zur Überlassung des Themas und Betreuung meiner Doktorarbeit. Er stand mir sowohl mit seiner positiven und ermutigenden Art, als auch mit seinem breiten Wissensschatz jederzeit mit Rat und Tat zur Seite.

Sein Engagement und seine kompetente Betreuung schätze ich sehr und für seine zuverlässige und geduldige Hilfe beim Erstellen dieser Arbeit bin ich ihm sehr dankbar.

Ganz besonders möchte ich an dieser Stelle meinem Betreuer Dr. Martin Poryo danken, der für mich eine große Unterstützung beim Zustandekommen dieser Arbeit war. Seine verlässliche, freundliche und geduldige Art unterstützte und motivierte mich beim reibungslosen Erstellen der Arbeit. Er war jederzeit erreichbar und konnte mir kompetent und freundschaftlich zur Seite stehen.

Weiterhin möchte ich Herrn Dr. Amr Hamza für seine fachliche und freundliche Unterstützung in geburtshilflichen Fragen danken.

Ebenso gilt mein Dank Herrn Prof. Dr. Wagenpfeil, der mir in methodischen und statistischen Fragen beratend zur Seite stand.

Zusätzlich möchte ich meinen Dank an das Schwesterteam der Wöchnerinnenstation und des Kinderzimmers widmen. Im Zeitraum der Datenerhebung durfte ich das gesamte Team als sehr freundlich und hilfsbereit erleben, was mir sehr viel Spaß und Freude am Erstellen der Arbeit gebracht hat.

Zuletzt gilt mein Dank mir sehr nahestehenden Personen, die mir auch in schwierigeren Phasen jederzeit bedingungslos zur Seite standen. Ich danke besonders meinem Freund Fabian Karl für das mehrfache Korrigieren meiner Arbeit und die Hilfe in allen formalen Angelegenheiten. Die zahlreichen motivierenden und aufbauenden Gespräche halfen mir den roten Faden beizubehalten und die Arbeit reibungslos zu erstellen. Seine große emotionale und fachliche Unterstützung haben wesentlich zum Zustandekommen der Arbeit beigetragen.

Abschließend möchte ich meiner Familie danken, ohne deren Hilfe und Vertrauen in mich, diese Arbeit nicht zustande gekommen wäre.

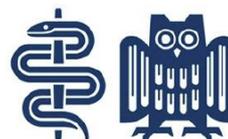
## 12. Anhang

### 12.1 Patienteninformation und Einwilligungserklärung

**Universitätsklinikum des Saarlandes**

Kliniken für Kinder- und Jugendmedizin

Klinik für Allgemeine Pädiatrie und Neonatologie



Direktor: Prof. Dr. Michael Zemlin

---

#### Patienteninformation

*Studie zur Beurteilung des Stellenwertes der zerebralen Sonografie im Rahmen der Vorsorgeuntersuchung U2 bei Neugeborenen nach assistierter vaginaler Entbindung*

Sehr geehrte Familie \_\_\_\_\_,

zunächst einmal möchten wir Ihnen ganz herzlich zur Geburt Ihres Kindes gratulieren!

Sie befinden sich zum jetzigen Zeitpunkt mit Ihrem Kind in der Universitätsfrauenklinik Homburg. Vor der Entlassung erfolgt bei allen Neugeborenen, welche mittels assistierter vaginaler Entbindung zur Welt gekommen sind (Forcepsentbindung/Vakuumextraktion), eine Ultraschalluntersuchung des Gehirns, um dadurch mögliche Verletzungen innerhalb des Kopfes bei Ihrem Kind erkennen zu können. In Abhängigkeit dieser Untersuchungsergebnisse sind möglicherweise Folgeuntersuchungen (z. B. MRT-Untersuchung des Kopfes) erforderlich.

Im Rahmen einer wissenschaftlichen Studie untersuchen wir die Bedeutung bzw. Limitationen des Ultraschalls, um mögliche Verletzungen (z. B. kleinere Blutungen) des Gehirns aufdecken zu können. Hierbei handelt es sich um eine Routineuntersuchung, die in unserer Klinik bei allen Neugeborenen mit Forceps- bzw. Vakuumextraktion durchgeführt wird. Die Untersuchung ist nicht schmerzhaft und mit keinen Gefahren für Ihr Kind verbunden.

#### **Datenschutz**

**Teilnahme:** Zur Teilnahme ist es notwendig für jede beteiligte Person einen entsprechenden Einwilligungsbogen zur Studienteilnahme vollständig auszufüllen und zu unterzeichnen. Bei minderjährigen Patienten: Grundsätzlich sind die Unterschriften **beider** Sorgerechtigter notwendig. Liegt nur die Unterschrift eines Sorgerechthabers vor, versichert dieser gleichzeitig, dass dieser im Einverständnis des anderen handelt oder das alleinige Sorgerecht innehat.

**Erzeugung eines Pseudonyms und Speicherung der Daten:** Aus den persönlichen Daten eines Patienten wird ein eindeutiges Pseudonym (PID) generiert. Die erhobenen Daten und gesammelten Proben werden unter Verwendung dieser PID pseudonymisiert gespeichert.

**Auswertung von Daten in der Forschung:** Die Veröffentlichung der Daten erfolgt ausschließlich in anonymisierter Form; ein Bezug zu Patienten kann nicht hergestellt werden.

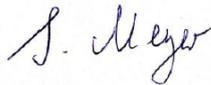
**Löschen von Daten:** Patienten können jederzeit der Aufbewahrung und Nutzung ihrer Daten widersprechen. In diesem Fall werden keine neuen Daten mehr gesammelt und die gespeicherten persönlichen Angaben sowie der dazugehörige Schlüssel gelöscht, sofern keine gesetzliche oder berufrechtliche Aufbewahrungspflicht dem entgegensteht. Dies hat keine Auswirkungen auf die weitere medizinische Behandlung durch Ihren Arzt.

Sollten Sie zu einem späteren Zeitpunkt Fragen zu dieser Studie haben, steht Ihnen Herr Prof. Dr. med. Sascha Meyer sowie Dr. med. Martin Poryo als Ansprechpartner gerne zur Verfügung.

Universitätsklinikum des Saarlandes  
Klinik für Allgemeine Pädiatrie und Neonatologie  
Kirrberger Straße  
Gebäude 9  
66421 Homburg/Saar  
Telefon: (+49) 06841-1628313  
Telefax: (+49) 06841-1628452  
Email: sascha.meyer@uks.eu

Universitätsklinikum des Saarlandes  
Klinik für Pädiatrische Kardiologie  
Kirrberger Straße  
Gebäude 9  
66421 Homburg/Saar  
Telefon: (+49) 06841-1628306  
Telefax: (+49) 06841-1628330  
Email: martin.poryo@uks.eu

Mit freundlichen Grüßen



Prof. Dr. med. S. Meyer  
Ltd. Oberarzt der Klinik für Allgemeine  
Pädiatrie und Neonatologie



Dr. med. M. Poryo  
Studienbetreuer



cand. med. A. Zimmer  
Doktorand/in



### Einwilligungserklärung

Studie zur Beurteilung des Stellenwertes der zerebralen Sonografie im Rahmen der  
Vorsorgeuntersuchung U2 bei Neugeborenen nach assistierter vaginaler Entbindung

Ich bin über den Inhalt und Zweck der Studie ausreichend informiert worden. Über den möglichen Nutzen und etwaige Risiken bin ich aufgeklärt und habe keine weiteren Fragen dazu.  
Meine Einwilligung kann ich jederzeit, auch ohne Angabe von Gründen, widerrufen. Daraus entstehen keine Nachteile bzgl. der weiteren ärztlichen und pflegerischen Betreuung. Durch die wissenschaftlichen Untersuchungen entsteht kein besonderes Risiko.

Ich willige zur Teilnahme/der Teilnahme meines Kindes an der Studie ein.  
Ich bin damit einverstanden, dass Daten über mich/über mein Kind in pseudonymisierter Form zur Datenauswertung im Rahmen der Studie gespeichert werden.  
Einer Veröffentlichung der Studienergebnisse in anonymisierter Form, die keinen Rückschluss auf meine Person/die Person meines Kindes zulassen, stimme ich zu.

Bitte in Druckbuchstaben

Name			
Vorname			
Geburtsdatum			
Geschlecht	männlich <input type="checkbox"/>	weiblich	<input type="checkbox"/>
Straße, Nr.			
PLZ		Wohnort	
Telefon			

Ort, Datum

Erziehungsberechtigte/r

*Bei Minderjährigen sind die Unterschriften beider Sorgerechteinhaber notwendig. Liegt nur die Unterschrift eines Sorgerechthinhabers vor, versichert dieser gleichzeitig, dass dieser im Einverständnis des anderen handelt oder das alleinige Sorgerecht hat*

Erziehungsberechtigte/r

*Bei Minderjährigen sind die Unterschriften beider Sorgerechthinhaber notwendig. Liegt nur die Unterschrift eines Sorgerechthinhabers vor, versichert dieser gleichzeitig, dass dieser im Einverständnis des anderen handelt oder das alleinige Sorgerecht hat*

Name des/der aufklärendes Arztes/Ärztin in Druckbuchstaben \_\_\_\_\_

Ort, Datum

Unterschrift der/des aufklärenden  
Ärztin/Arztes

Abbildung 16: Patienteninformation und Einwilligungserklärung

## 12.2 Fotodokumentation



**Neugeborenes nach Kiwi Entbindung mit MBU Skalpelektrodenmarke und Saugglockenmarke**



**Neugeborenes nach Vakuumentzug mit Saugglockenmarke und verformten Kopf**



**Neugeborenes nach Kiwi Entbindung mit Hautabschürfungen und Saugglockenmarke mit Einbeziehung des linken Auges**



**Neugeborenes nach Kiwi Entbindung mit Saugglockenmarke in minimaler Ausprägung**

