

Retrospektive Analyse zur Helmtherapie nicht synostotischer Schädeldeformitäten verglichen  
mit einem Normkollektiv

Inauguraldissertation  
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin  
des Fachbereichs Medizin  
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Vorgelegt von Kaps, Kerstin geb. Schmidtberg  
aus Darmstadt

Gießen, 2022

Aus dem Fachbereich Medizin der Justus-Liebig-Universität Gießen

Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie  
–Plastische Operationen–

Gutachter: PD Dr. med. Dr. med. dent. J.-F. Wilbrand

Gutachter: Prof. Dr. med. E. Uhl

Tag der Disputation: 15.05.2023

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1	Von dem plötzlichen Säuglingstod zur Zunahme kindlicher Schädeldeformitäten .....	1
1.2	Anatomische Grundlagen des kindlichen Schädelwachstums .....	4
1.3	Synostotische und nicht synostotische Schädeldeformitäten .....	5
1.4	Arten der lagebedingten Schädeldeformitäten .....	6
1.5	Messung/ Messmethoden .....	7
1.6	Folgen lagebedingter Schädeldeformitäten .....	10
1.7	Therapiemöglichkeiten .....	11
1.7.1	Ablauf der Helmtherapie .....	11
1.7.2	Alternative Therapieverfahren .....	13
1.8	Bekannte Klassifikationsmodelle .....	14
1.9	Normperzentilen .....	17
1.10	Ziel dieser Arbeit .....	18
<b>2</b>	<b>Material und Methode .....</b>	<b>20</b>
2.1	Patientenkollektiv .....	20
2.2	Materialliste .....	21
2.3	Standardisierte Schädelmessung und Erhebung von Indices zur Beschreibung der Schädeldeformität .....	21
2.4	Fragebogen und digitale Archivierung .....	26
2.5	Statistische Auswertung .....	28
<b>3</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>29</b>
3.1	Ergebnis Patientenkollektiv und Fragebogen (Nebenzielparameter) .....	29
3.2	Ergebnisse der „Helmtherapie“ (Hauptzielparameter) .....	31
3.2.1	Ergebnisse Kopflänge .....	31
3.2.2	Ergebnisse Kopfbreite .....	32

## Inhaltsverzeichnis

3.2.3	Ergebnisse Cranial Index (CI).....	33
3.2.4	Ergebnisse Cranial Vault Asymmetry Index (CVAI) .....	37
3.2.5	Ergebnisse Cranial Vault Asymmetry (CVA).....	40
3.2.6	Ergebnisse Diag_Ratio .....	43
<b>4</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>45</b>
4.1	Diskussion der Hauptzielparameter .....	45
4.2	Diskussion Nebenzielparameter.....	54
4.3	Diskussion Nebenzielparameter Mehrlingsgeburt .....	57
4.4	Aussicht.....	59
<b>5</b>	<b>Schlussfolgerung.....</b>	<b>61</b>
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>62</b>
6.1	Deutsch.....	62
6.2	Englisch.....	64
<b>7</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>66</b>
<b>8</b>	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>67</b>
<b>9</b>	<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>70</b>
<b>10</b>	<b>Literaturverzeichnis / Quellenangaben.....</b>	<b>71</b>
<b>11</b>	<b>Publikationsverzeichnis .....</b>	<b>78</b>
<b>12</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>79</b>
12.1	Freigabe zur Bildnutzung .....	79
12.2	Fragebogen der Elternbefragung.....	80
<b>13</b>	<b>Ehrenwörtliche Erklärung .....</b>	<b>83</b>
<b>14</b>	<b>Danksagung.....</b>	<b>84</b>

# **1 Einleitung**

## **1.1 Von dem plötzlichen Säuglingstod zur Zunahme kindlicher Schädeldeformitäten**

Im Jahre 1992 wurde durch die American Academy of Pediatrics die sogenannte „back to sleep campaign“ (AAP 1992) ins Leben gerufen. Hierbei handelt es sich um eine präventive Aufklärungskampagne mit der Empfehlung, Säuglinge im ersten Lebensjahr während des Schlafens auf den Rücken zu lagern, um das Risiko des plötzlichen Säuglingstods (SIDS – Sudden Infant Death Syndrome) zu verringern.

Per definitionem ist der plötzliche Säuglingstod eine Ausschlussdiagnose, bei der keine anderen Ursachen für den plötzlichen Tod eines Kindes gefunden werden können. Die Diagnose „plötzlicher Säuglingstod“ ist nur nach kompletter Obduktion, Analyse der Todesumstände und Auswertung der klinischen Vorgeschichte gerechtfertigt. Am häufigsten betroffen sind Kinder im ersten Lebensjahr, mit einem Gipfel zwischen dem 2.–4. Lebensmonat.

In Untersuchungen wurden verschiedene Risikofaktoren für den plötzlichen Säuglingstod beschrieben. Hierzu gehören unter anderem der Konsum von Zigarettenrauch der Mutter während der Schwangerschaft und Stillzeit, die Schlafumgebung mit der Gefahr der Überwärmung des Kindes oder der vermehrten Rückatmung von Kohlendioxid sowie die Bauchlage des Kindes beim Schlafen (AAP 1992). Es wurde herausgefunden, dass die Lagerung des Kindes auf dem Rücken zu einer Reduktion des plötzlichen Säuglingstods führt (Beal and Finch 1991, Skadberg, Morild et al. 1998). Seitdem werden Kinder in vielen Ländern der Welt, unter anderem auch in Deutschland, beim Schlafen auf dem Rücken gelagert.

Im Jahr 1990 wurden in Deutschland 905.675 Kinder lebend geboren, wovon 6385 im ersten Lebensjahr verstarben, davon 1283 mit unbekannter Todesursache und der abschließenden Todesursache SIDS. Im Vergleich dazu wurden im Jahr 2009 665.126 Kinder lebend geboren. Hiervon starben 2334 Kinder zwischen dem 8. und 365. Lebenstag, davon 193 Kinder durch plötzlichen Säuglingstod. Es lässt sich folglich ein Rückgang der Geburtenrate (um 26,6 %), aber auch der Gestorbenenrate (um 46,1 %)

## Einleitung

resümieren (Statistisches Bundesamt Bonn 2011, Statistisches Bundesamt Wiesbaden 2011, Statistisches Bundesamt Wiesbaden 2011).

Letzteres spiegelt den Erfolg der Präventionskampagne der American Academy of Pediatrics wider. Durch das Einhalten von Umgebungsempfehlungen und der kindlichen Lagerung auf dem Rücken ist es zu einem Rückgang verstorbener Kinder mit der Todesursache plötzlicher Kindstod gekommen.

Parallel dazu wurden jedoch nach Umsetzung der durch die „back to sleep campaign“ empfohlenen Verhaltensempfehlungen vermehrt Veränderungen der kindlichen Kopfform dokumentiert. Diese imponierten als ein- oder beidseitige Abflachungen vor allem des kindlichen Hinterkopfes. Hierbei handelte es sich um lagebedingte, nicht synostotische Schädeldeformitäten (Argenta, David et al. 1996, Flannery, Looman et al. 2012, Flannery, Tamber et al. 2016).

Begutachtet man die Gesamtheit der kindlichen Schädeldeformitäten, sollte zwischen intrauterinen Ursachen oder im Rahmen der Geburt entstandenen Deformitäten sowie den im Verlauf auftretenden Kopfformveränderungen differenziert werden. Sowohl intrauterin als auch bei der Passage des kindlichen Kopfes durch den Geburtskanal kommt es physiologisch zu einer Verschiebung der Schädelplatten gegeneinander. Auch hierdurch entsteht eine Deformität, diese bildet sich im Normalfall jedoch rasch zurück, kann aber auch persistieren bzw. sich postpartal verschlimmern. Von einer lagebedingten Schädeldeformität wird bei einem Auftreten oder einer Persistenz bzw. Zunahme einer Deformität nach der 6. Lebenswoche gesprochen (Hutchison, Hutchison et al. 2004, Linz, Kunz et al. 2017).

Als Risikofaktor gilt z. B. das männliche Geschlecht. In der Regel sind Jungen, sowohl hinsichtlich der Körperlänge als auch des Kopfumfangs, größer als Mädchen. Es wird somit davon ausgegangen, dass präpartal ein erhöhtes Risiko einer intrauterinen Zwangslage mit einem vorgeburtlichen längeren Intervall in einer persistierenden Lage im Mutterleib besteht und somit ein erhöhtes Risiko für den Beginn einer lagebedingten Schädeldeformität entsteht.

Aufgrund des geringeren Platzangebots und der Möglichkeit einer intrauterinen Zwangslage finden sich auch bei Mehrlingskindern erhöhte Fallzahlen einer

## Einleitung

lagebedingten Schädeldeformität (Joganic, Lynch et al. 2009, De Bock, Braun et al. 2017).

Ebenfalls ein erhöhtes Risiko für die Entstehung symmetrischer oder auch asymmetrischer Schädeldeformitäten haben zu früh bzw. mit einem geringen Geburtsgewicht entbundene Kinder. Bei Frühchen kommt es zu einem verlängerten Zeitintervall bis zum aktiven Bewegen des kindlichen Kopfes. Somit erfolgt die einzige Mobilisation der Kinder bzw. der kindlichen Köpfe durch andere Personen wie zum Beispiel die Eltern. Häufig kommt es daraufhin zur vermehrten Rückenlagerung. Dies führt wiederum zur Ausbildung der kindlichen, lagebedingten Schädeldeformitäten (Branch, Kesty et al. 2015, Linz, Kunz et al. 2017).

Peripartal kommt es nach wissenschaftlicher Datenlage zu einer stärkeren Verschiebung der Schädelplatten zueinander. Diese bildet sich wie oben beschrieben im Normalfall spontan zurück. Bei größerem Kopfumfang und folgend größerer Verschiebung besteht jedoch auch ein erhöhtes Risiko für eine bleibende Deformität, da der Körper eine größere Verschiebung wieder „normalisieren“ muss (Peitsch, Keefer et al. 2002, van Vlimmeren, van der Graaf et al. 2007, Joganic, Lynch et al. 2009, Mawji, Vollman et al. 2014, De Bock, Braun et al. 2017).

Eine Geburt mit Hilfsmitteln wie zum Beispiel einer Saugglocke oder eine Zangengeburt scheint ebenfalls einen Risikofaktor für die Entstehung kindlicher Schädeldeformitäten darzustellen. Es kommt zu einer stärkeren ggf. auch lokalisierten Verschiebung der Schädelplatten mit der Folge einer protrahierten Rückbildung und somit einem verlängerten Zeitintervall zur Entstehung von symmetrischen oder auch asymmetrischen Abflachungen des Hinterkopfes. Kinder, die mit Hilfsmitteln zur Welt gebracht wurden, haben ein 1,9fach erhöhtes Risiko, eine lagebedingte Schädelasymmetrie zu entwickeln (Peitsch, Keefer et al. 2002, Rubio, Griffet et al. 2009, Mawji, Vollman et al. 2014).

Postpartal ist neben der Rückenlagerung eine Bewegungseinschränkung der Halswirbelsäule ein möglicher Risikofaktor für die Entstehung einer lagebedingten Schädelasymmetrie. Hierzu zählen zum Beispiel das einseitige Einbluten des Musculus sternocleidomastoideus als Folge eines Geburtstraumas und ein Torticollis. Dieser liegt bei 20 % der Kinder mit einem Plagiocephalus vor. Im Gegensatz dazu weisen nur 0,1–2 % der Kinder mit normaler Kopfform einen Torticollis auf (Bruneteau and Mulliken 1992, Losee and Mason 2005, Shweikeh, Nuno et al. 2013, Linz, Kunz et al. 2017). Ist

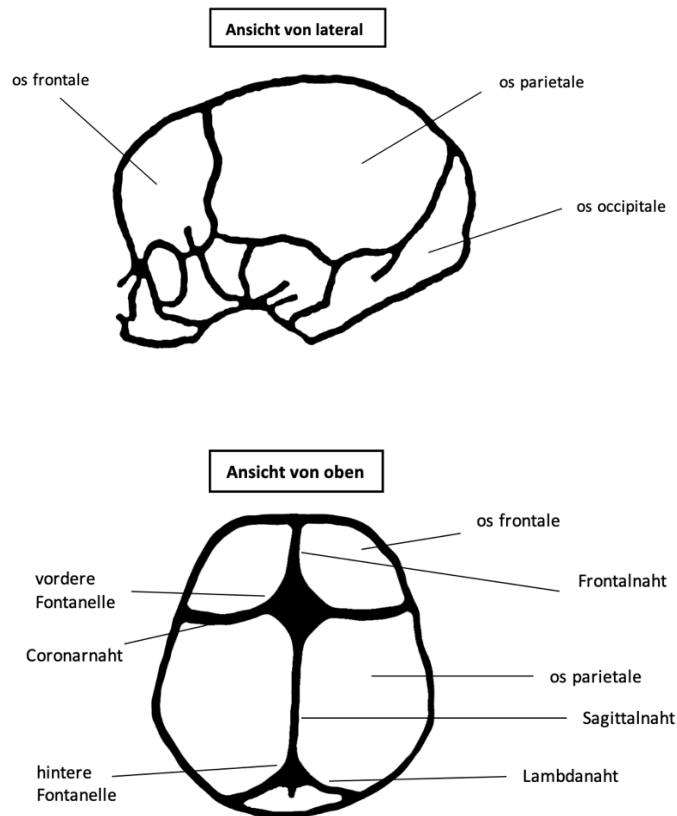
## Einleitung

eine symmetrische bzw. ausgeglichene Bewegung des kindlichen Kopfs aufgrund einer motorischen Einschränkung oder Blockade nicht möglich, ist die Folge eine am ehesten asymmetrische Abflachung des Hinterkopfes. In diesen speziellen Fällen ist ohne das Einleiten einer Therapie nicht mit einer Spontanbesserung zu rechnen.

Ein weiterer postpartaler Risikofaktor für die Entwicklung einer Lagepräferenz des kindlichen Kopfes liegt in einer möglichen mangelnden häuslichen Lagerung durch die Eltern, aber auch in einer immer gleichen Haltung beim Füttern der Säuglinge. Die Ursache für eine hierdurch entstandene, im Normalfall vermeidbare, lagebedingte Schädeldeformität ist laut einer Studie von Dubé et al. im Jahr 2003 in der mangelnden Aufklärung der Eltern zu sehen (Dubé and Flake 2003). Liegt bei den Kindern bereits eine lagebedingte Deformität des kindlichen Kopfes vor, kommt es bewiesenermaßen weniger häufig zu einer selbstständigen Lagerung zur „gesunden“ Gegenseite und somit nicht zu einer spontanen Verbesserung der Abflachung, sondern eher zu einer Verschlechterung der Schädeldeformität (Hutchison, Thompson et al. 2003, Hutchison, Hutchison et al. 2004, Glasgow, Siddiqi et al. 2007, van Vlimmeren, van der Graaf et al. 2007).

## **1.2 Anatomische Grundlagen des kindlichen Schädelwachstums**

Anatomisch sind bei neugeborenen Kindern die Schädelnähte noch nicht verknöchert, sondern offen und die Schädelplatten somit beweglich. Dies ist für das altersentsprechende Wachstum des kindlichen Gehirns notwendig. Durch das Gehirnwachstum werden die Knochenplatten auseinandergedrückt und es kommt zu einer Zunahme des kindlichen Kopfumfangs. In den ersten Lebensmonaten ist somit der kindliche Kopf durch externe Kräfte leicht verformbar. Durch die empfohlene Lagerung des Kindes auf dem Rücken zur Prävention des plötzlichen Kindstods kommt es daher zu einer vermehrten Belastung des Hinterkopfes. Diese kann symmetrisch zu einer Brachycephalie, aber auch asymmetrisch zu einer Plagiocephalie führen.



**Abbildung 1:** Die kindlichen Schädelnähte und -fontanellen. Modifiziert nach der Vorlage des „Atlas of human anatomy“ durch F.H. Netter 2006 (Netter 2006)

### 1.3 Synostotische und nicht synostotische Schädeldeformitäten

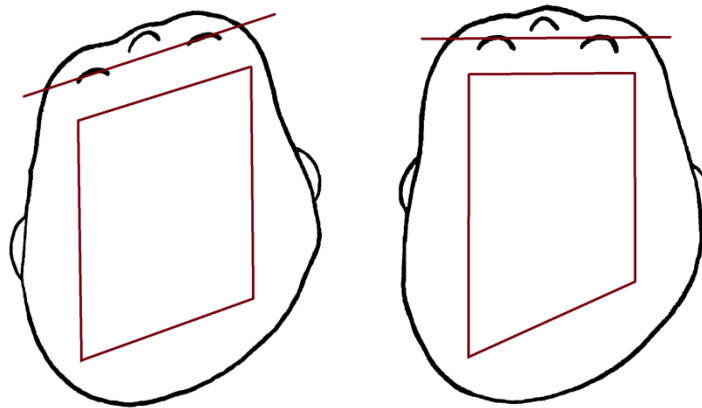
In der Klinik muss zwischen synostotischen und nicht synostotischen Schädeldeformitäten unterschieden werden. Die synostotischen Schädeldeformitäten führen aufgrund eines frühzeitigen Verschlusses einer oder mehrerer Schädelnähte zu einer charakteristischen Veränderung der Kopfform, wenn das kindliche Gehirn einen normalen Wachstumsdruck entwickelt. Die entsprechenden Kopfformen sind von Virchow erstmals beschrieben worden (Virchow 1851).

Die nicht synostotischen Schädeldeformitäten können verschiedene Ursachen haben. Eine Hauptursache ist die alleinige Lagerung der Kinder auf dem Rücken und die verminderte Bauchlagerung während der wachen Phasen des Säuglings. Andere, in Studien beschriebene, mögliche Risikofaktoren zur Entwicklung einer lagebedingten Schädeldeformität sind eine instrumentell unterstützte Geburt, das erstgeborene Kind, Mehrlingsschwangerschaften, männliches Geschlecht, muskuläre Schwächen im Bereich der Halswirbelsäule und eine geringe motorische Aktivität (Bredenkamp and Maceri

## Einleitung

1990, Golden, Beals et al. 1999, Littlefield, Kelly et al. 1999, Hutchison, Hutchison et al. 2004, van Vlimmeren, van der Graaf et al. 2007, McKinney, Cunningham et al. 2008, Hutchison, Stewart et al. 2009, Captier, Dessauge et al. 2011).

Sowohl bei den synostotischen als auch bei den nicht synostotischen Schädeldeformitäten handelt es sich um Anomalien der Kopfform im Vergleich zum gesunden kindlichen Schädel. Da bei oben genannten Deformitäten unterschiedliche Therapieansätze verfolgt werden, ist bereits im klinischen Alltag eine Differenzierung der unterschiedlichen Krankheitsbilder notwendig. Dies kann bei der klinischen Inspektion oftmals bereits durch die genaue Betrachtung der Kopfdeformität erreicht werden. Diese stellt sich bei den synostotischen Fällen als trapezförmig und bei den nicht synostotischen Fällen der plagiocephalen Deformität eher parallelogramm-förmig dar.



**Abbildung 2:** Die parallelogrammförmige Deformierung bei lagebedingten Schädeldeformitäten versus die trapezförmige Deformierung bei Kraniosynostosen (Lambdanahtsynostose rechts) modifiziert nach Biggs 2003 (Biggs 2003).

### 1.4 Arten der lagebedingten Schädeldeformitäten

Bei den nicht synostotischen Schädeldeformitäten muss zwischen dem Plagiocephalus und dem Brachycephalus bzw. einer Kombination beider Deformitäten differenziert werden. Charakteristikum für eine plagiocephale Deformität ist eine Abflachung des seitlichen, ipsilateralen Hinterkopfes. Weiterhin wird häufig und mit zunehmender Ausprägung eine kontralaterale Abflachung der kindlichen Stirn beobachtet. Auch ein sogenannter „ear-shift“, wobei die ipsilaterale Ohrmuschel weiter anterior positioniert ist als die kontralaterale Ohrmuschel, wird nicht selten beschrieben (Mulliken, Vander Woude et al. 1999, Looman and Flannery 2012).

## Einleitung

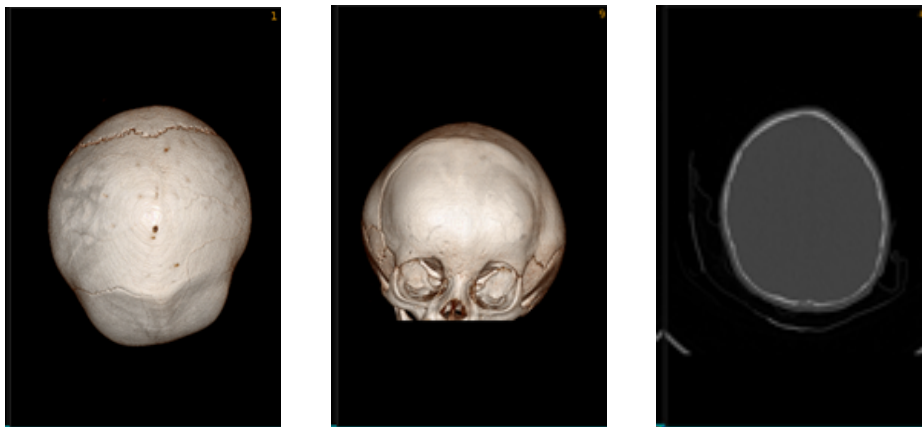
Beim Brachycephalus weist der kindliche Schädel eine symmetrische Verkürzung des zentralen Hinterkopfes auf. Bei einer Kombination aus beiden lagebedingten Anomalien kommt es zu einer Kombination der oben beschriebenen Stigmata. Klinisch zeigt sich bei den Kindern ein abgeflachter und asymmetrischer Kopf. Aufgrund der vergrößerten parietalen Breite des kindlichen Kopfes fällt ein potenzieller „ear-shift“ optisch noch mehr auf, insgesamt ist die kombinierte plagio-/brachycephale Schädeldeformität am stigmatisierendsten für die betroffenen Patienten.



**Abbildung 3:** Plagiocephalus (links), Brachycephalus (Mitte) und Kombination aus Plagio- und Brachycephalus (rechts). Fotos zur Verfügung gestellt aus der Poliklinik und Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen.

## 1.5 Messung/ Messmethoden

Es existieren unterschiedliche Möglichkeiten, um den Grad der Deformation zu quantifizieren. Es gibt Autoren, die zwischen invasiven und nicht invasiven Methoden unterscheiden. Zu den invasiven Methoden gehören die Computertomographie (CT) und die Magnetresonanztomographie (MRT). Diese gelten als invasiv, da hierbei zur fehlerfreien Durchführung eine Kurznaarkose des Säuglings notwendig ist. Zusätzlich liegt bei der CT eine Strahlenbelastung des Kindes vor. Das konventionelle Schädelröntgenbild ist zur dreidimensionalen Vermessung wenig geeignet. Dies wird in der heutigen Zeit, wenn überhaupt, zur Darstellung von Schädelnahtsynostosen verwendet, wobei auch hier das konventionelle Röntgenbild von der CT in Kombination mit der klinischen Untersuchung weitestgehend abgelöst wurde (van Adrichem, van Vlimmeren et al. 2008, Looman and Flannery 2012).



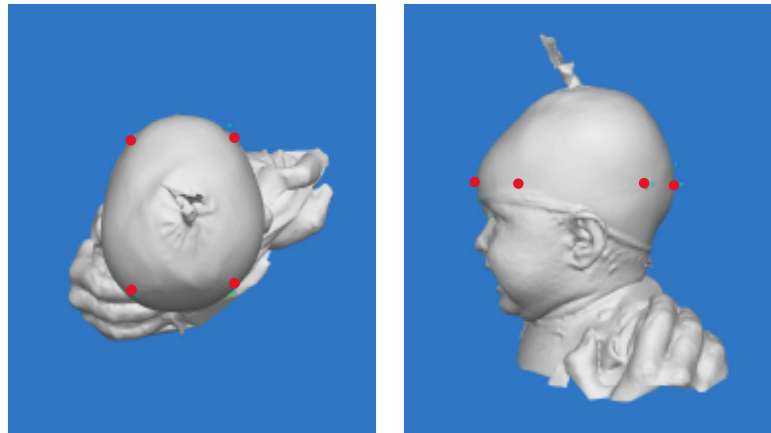
**Abbildung 4:** CT eines Kleeblattschädels (Coronarnahtsynostose bds., Sagittalnahtsynostose, Metopikasynostose) mit 3-D-Rekonstruktion. 3-D-Aufsicht (links), 3-D-Frontalansicht (Mitte), CT axial Knochenfenster (rechts). Patientenfall aus der Sprechstunde der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen.

Eine weitere Möglichkeit der nicht invasiven Diagnostik bzgl. einer Differenzierung zwischen synostotischer und nicht synostotischer Schädeldeformität ist mittels Ultraschalluntersuchung des kindlichen Schädels möglich. Hierbei können mit geringem Aufwand und ohne Strahlenbelastung die Schädelnähte dargestellt werden. Studien zur Zuverlässigkeit dieser Form der Diagnostik haben gute Ergebnisse erbracht. Hierdurch ist es somit möglich, einen vorzeitigen Verschluss und somit ein synostotisches Problem am kindlichen Schädelknochen zu diagnostizieren (Soboleski, McCloskey et al. 1997, Regelsberger, Delling et al. 2006, Hall, Besachio et al. 2017).

Eine Möglichkeit der nicht invasiven Messung des kindlichen Schädels bietet die 3-D-Fotoanalyse. Hierbei wird das Kind in einer definierten Position mit mehreren Kameras gleichzeitig fotografiert (z. B. mit 3dMD® Cranial System) und im Anschluss daran erfolgt eine digitale dreidimensionale Rekonstruktion des kindlichen Kopfes. Anhand dieser Bilder ist nun eine Vermessung anhand festgelegter Orientierungspunkte möglich. Ein klarer Vorteil ist hierbei die Möglichkeit, den kindlichen Schädel in reproduzierbarer Weise zu vermessen und darüber hinaus Messfehler durch Wackeln des Kindes zu minimieren. Weiterhin wird häufiges Nachmessen vermieden und die Messung kann auch ohne die Anwesenheit des Kindes sowie eines geschulten Untersuchers problemlos wiederholt werden. Nachteilig sind dagegen die hohen Anschaffungskosten sowie der notwendige Platz zum Aufbau der Gerätschaften. Studien haben eine sehr gute

## Einleitung

Zuverlässigkeit und Reproduzierbarkeit dieser Messmethode ergeben (Atmosukarto, Shapiro et al. 2010, Schaaf, Malik et al. 2010).



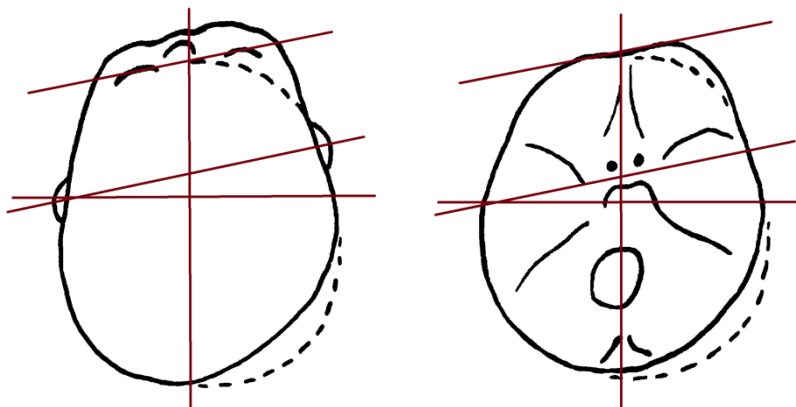
**Abbildung 5:** Screenshot einer 3-D-Fotografie (Vectra®) mit manuell eingefügten anthropometrischen Messpunkten. Patientenfall aus der Sprechstunde der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen.

Eine kostengünstigere Variante ist die Messung des kindlichen Schädels mit der „Plagiocephalometry“. Hierbei wird ein thermoplastischer Ring um die größte Zirkumferenz des kindlichen Schädels gelegt und anmodelliert. Nach Aushärten des Materials (weniger als zwei Minuten) kann der Ring abgenommen und ausgemessen werden. Ein Vorteil dieser Untersuchungsmethode ist die Einfachheit der Anwendung, wobei auch hier auf spezielle Referenzpunkte geachtet werden muss und somit ein erfahrener Anwender notwendig ist. Studien haben im Vergleich zur 3-D-Fotografie gute und vergleichbare Resultate erbracht (van Adrichem, van Vlimmeren et al. 2008). Im Vergleich mit anderen Untersuchungsmethoden, wie der 3-D-Fotografie oder der anthropometrischen Schädelmessung mit Maßband und Messzirkel, gestaltet sich diese Untersuchungsmethode deutlich aufwendiger für das Kind und die Behandler.

Die gängigste Methode, die auch in der Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen angewendet wird, ist die standardisierte, anthropometrische Messung des kindlichen Schädels mit Maßband und Messzirkel. Untersuchungen haben ergeben, dass bei der Anwendung durch einen geschulten Untersucher eine hohe Genauigkeit und Reproduzierbarkeit gegeben sind. Es handelt sich also um eine schnelle, kostengünstige und effektive Variante, um eine Deformation des kindlichen Schädels zu identifizieren und zu quantifizieren (Wilbrand, Wilbrand et al. 2011).

## 1.6 Folgen lagebedingter Schädeldeformitäten

Die Entscheidung zur Therapie der lagebedingten Schädeldeformität entsteht oftmals aufgrund des Strebens vieler Eltern nach einer „Normalisierung“ der kindlichen Schädelform, um eine soziale Stigmatisierung des Kindes zu vermeiden. Mit zunehmendem Schweregrad der Schädeldeformation kommt es des Weiteren zu einer Rotation der Schädelbasis mit der Entwicklung eines „ear-shift“ und als Folgewirkung zu einer sichtbaren Asymmetrie des Unterkiefers. Diese entsteht durch eine Verschiebung der Fossa mandibularis, also Anteile der Schädelbasis, nach anterior. Infolge dessen können Okklusionsstörungen und eventuell im Erwachsenenalter operative Folgeeingriffe zur Korrektur der Lage der Kiefer zueinander notwendig sein (St John, Mulliken et al. 2002, Collett, Heike et al. 2012). Im Jahr 2016 stellte eine Arbeitsgruppe aus Tübingen um Kluba et al. eine Studie mit der Frage nach Okklusionsstörungen bei lagebedingten Schädeldeformitäten vor. Hierbei zeigte sich bei knapp 70 % der Probanden eine Laterognathie. Diese deviiert zur kontralateralen Seite bezogen auf die lagebedingte Schädeldeformität (Kluba, Rosskopf et al. 2016).



**Abbildung 6:** Darstellung Rotation der Schädelbasis mit „ear-shift“ bei lagebedingter Schädeldeformität modifiziert nach Biggs 2003 (Biggs 2003).

Des Weiteren beschäftigen sich mehrere Untersuchungen mit der Frage, ob lagebedingte Schädeldeformitäten einen Einfluss auf die kindliche Entwicklung haben. Es gibt hierzu Studiengruppen, die einen Zusammenhang zwischen nicht synostotischer Schädeldeformation und einer motorischen Entwicklungsverzögerung bei den betroffenen Kindern sehen. Kritische Stimmen geben zu bedenken, dass unklar ist, ob zuerst die Schädeldeformation und folgend eine Einschränkung der motorischen Entwicklung oder ob zuerst eine Einschränkung der Motorik und nachfolgend eine

## Einleitung

lagebedingte Schädeldeformation bestehen. Bisher liegen hierzu keine klaren Studienergebnisse vor. Es wird jedoch empfohlen, bei Kindern mit diagnostizierter Plagio- oder Brachycephalie im Besonderen auf die kognitive und motorische Entwicklung zu achten, um frühzeitig Verzögerungen in der Entwicklung zu bemerken und folgend eine mögliche Therapie bzw. Mitbetreuung durch ein sozial-pädiatrisches Zentrum zu initiieren (Fowler, Becker et al. 2008, Hutchison, Stewart et al. 2009, Speltz, Collett et al. 2010, Collett, Aylward et al. 2012).

## **1.7 Therapiemöglichkeiten**

Die Behandlung lagebedingter Schädeldeformitäten in der frühen Kindheit wird kontrovers diskutiert. Einige Autoren sehen zur Korrektur vor allem bei moderaten bis schweren Liegeschädeln die Helmtherapie als Mittel der ersten Wahl (Teichgraber, Seymour-Dempsey et al. 2004, Meyer-Marcotty, Bohm et al. 2012). Sinn der Therapie mit individuell angepassten Koporthesen ist es, dem kindlichen Schädel im Bereich der lagebedingten Abflachung Platz zu schaffen, um so einen Ausgleich der Deformation durch das körpereigene Wachstum zu ermöglichen. Es handelt sich hierbei also um eine rein passive Therapieoption durch Wachstumslenkung. Bereits mehrere Studiengruppen führten Untersuchungen bzgl. des Erfolgs einer Therapie mit individueller Orthese durch. Allerdings waren hierbei zumeist eher kleine Studiengruppen mit geringer Patientenzahl integriert worden. Außerdem erfolgte bisher kein Vergleich zur Normalbevölkerung.

### **1.7.1 Ablauf der Helmtherapie**

Im Rahmen einer ambulanten Erstvorstellung erfolgen die klinische Inspektion, die standardisierte Schädelmessung mit Maßband und Messzirkel anhand anthropometrischer Messpunkte, eine 3-D-Fotografie sowie eine ausführliche Beratung der Eltern. Hierbei sollte über die Notwendigkeit einer Therapie mit individueller Koporthese, den Schweregrad, aber auch über Alternativen zur Helmtherapie ausführlich aufgeklärt werden. Des Weiteren ist es wichtig, darauf hinzuweisen, dass nur bei einer Tragedauer von 23 Stunden täglich ein gewünschter Erfolg zu erwarten ist. Auch die Kosten, die oftmals von den Eltern selbst zu tragen sind, sollten thematisiert werden.

## Einleitung

Entscheiden sich die Eltern für eine Helmtherapie, werden die im Rahmen der 3-D-Fotografie generierten Daten an die Firma Cranioform zur Anfertigung der individuellen Kopforthesen übergeben.

Nach ca. zwei Wochen ist die Kopforthese fertiggestellt und es erfolgt die individuelle Anpassung des „Helmes“ am kindlichen Schädel. Weiterhin werden Pflegehinweise sowie eine Schulung im Umgang mit Komplikationen, wie z. B. Druckstellen oder Hautreaktionen, den Eltern vermittelt. Im Rahmen der Anpassung wird im Bereich der lagebedingten Deformität Platz für das passive „Hineinwachsen“ des kindlichen Schädels geschaffen (s. Abb. 7).

Nun wird der Kopf des kleinen Patienten abhängig vom Alter des Kindes bei Beginn der Therapie ca. alle 4–6 Wochen im Rahmen einer speziellen Sprechstunde erneut anthropometrisch vermessen, um einen Therapieerfolg oder auch Misserfolg bewerten zu können. Weiterhin wird überprüft, ob der verbliebene Platz im Bereich der Abflachung für weiteres zielgerichtetes Wachstum noch ausreichend ist oder vergrößert werden muss. Nähern sich die Messwerte der „Norm“ an bzw. finden sich im Bereich der „milden“ Deformation, wird mit den Eltern individuell das Ende der Therapie besprochen.



**Abbildung 7:** Funktionsweise der Kopforthesentherapie. Patientenfall aus der Sprechstunde der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen.

Da andere Studien den spontanen Rückgang einer Deformität mit zunehmendem Alter des Kindes auch ohne Therapie während der ersten zwei Lebensjahre beschreiben, sollte ebenfalls ein abwartendes Verhalten besprochen werden (Hutchison, Hutchison et al.

Einleitung

2004). Wieder andere Forschungsgruppen sehen keinerlei verbessernden Effekt in der Therapie mit individuellen Kopforthesen und raten aufgrund mangelnder Erfolgsergebnisse grundsätzlich von dieser Therapieform ab (van Wijk, Pelsma et al. 2014, van Wijk, van Vlimmeren et al. 2014).

### **1.7.2 Alternative Therapieverfahren**

Bezogen auf einen konservativen Behandlungsansatz lagebedingter Schädeldeformitäten wird die selbstständige elterliche Lagerung des kindlichen Schädels als erfolgversprechend eingestuft. Voraussetzung für einen Erfolg ist eine konsequente Durchführung der Lagerungsmaßnahmen. Hierbei wird der Kopf des Kindes zur Gegenseite des abgeflachten Areals gelagert. Ein frühzeitiger Behandlungsbeginn ist entscheidend, also der Beginn vor der Fähigkeit des Kindes, den Kopf selbstständig zu drehen. Durch eine Lagerung in die Gegenrichtung der Abflachung soll die Lagepräferenz des Kopfes korrigiert werden. Bei guter Compliance der Eltern und frühzeitigem Beginn scheint dies ein wirksames Instrument zur Frühtherapie der nicht synostotischen Schädeldeformität darzustellen (Neufeld and Birkett 2000, Vles, Colla et al. 2000, Eppley 2001, Loveday and de Chalain 2001, Losee and Mason 2005, Morrison and Chariker 2006).

Betrachtet man unterschiedliche manuelle Therapien, ergeben sich ebenfalls mehrere Möglichkeiten und Therapieansätze. Hierbei geht es um die Verbesserung der motorischen Fähigkeiten des Säuglings. Empfohlen wird ein früher Beginn, also bereits zwischen dem dritten und vierten Lebensmonat. Das Ziel besteht darin, eine mögliche Einschränkung der Beweglichkeit vor allem im Bereich der Halswirbelsäule frühzeitig zu behandeln, um so einer Lagepräferenz und somit der Bildung eines Lageschädels frühzeitig entgegenzuwirken.

Bei der klassischen Physiotherapie wird hierzulande am häufigsten eine Therapie nach Bobath und/oder Vojta empfohlen.

Beim Bobath-Konzept handelt es sich um ein Behandlungskonzept für Menschen mit motorischen Beeinträchtigungen aufgrund neurologischer Funktionsstörungen. Ziel der Therapie ist eine effiziente Haltungs- und Bewegungskontrolle. Zielgruppen sind Säuglinge, Kinder, Jugendliche und Erwachsene mit angeborener bzw. frühkindlich erworbener zerebraler Bewegungsstörung, mit Entwicklungsverzögerungen unklarer

Einleitung

Genese, sensomotorischen Störungen und anderen neurologischen sowie neuromuskulären Erkrankungen.

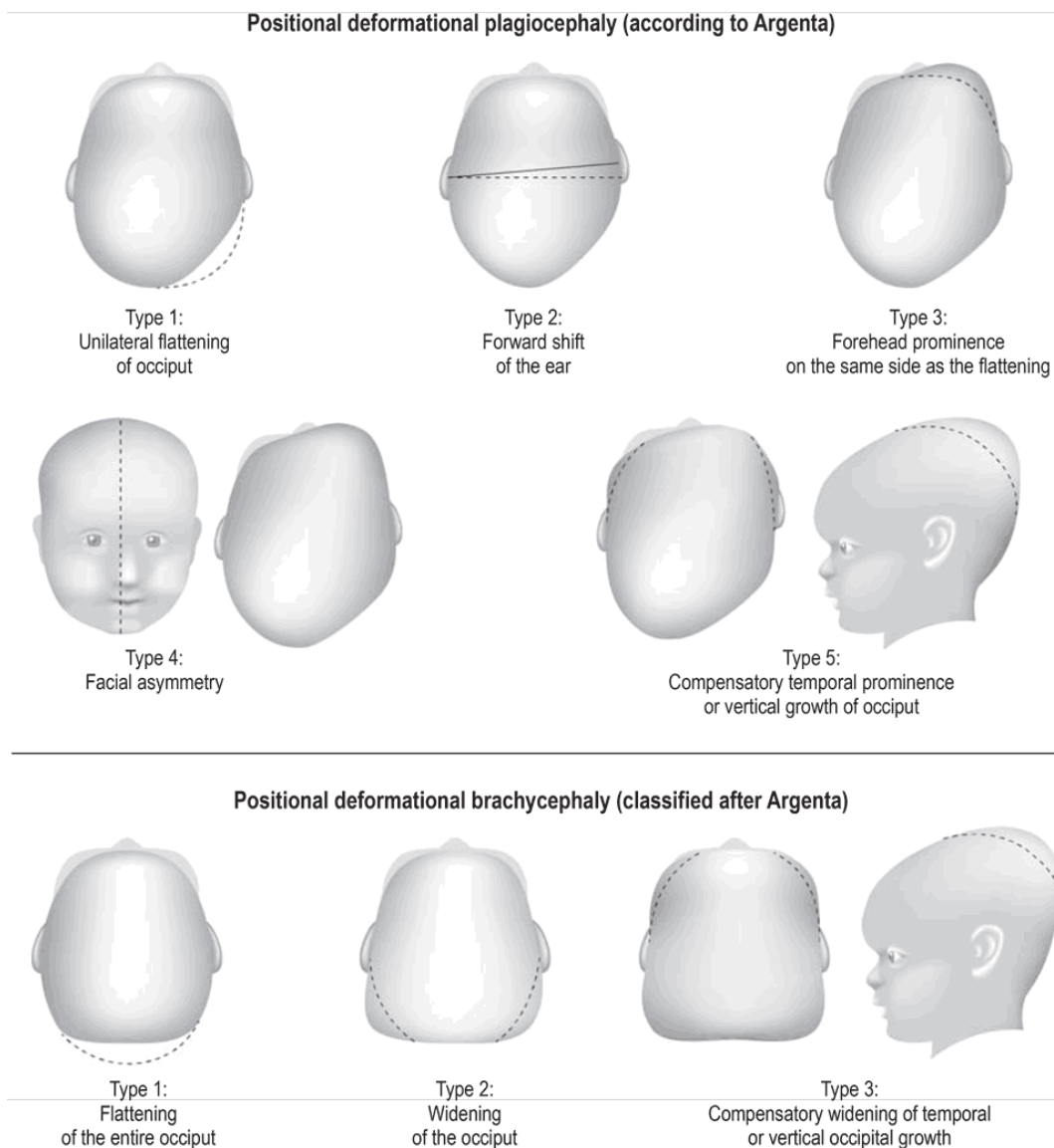
Bei der Therapie nach Vojta handelt es sich um die Methode der „Reflexlokomotion“. Hierbei werden elementare Bewegungsmuster auch bei Menschen mit geschädigtem Zentralnervensystem und Bewegungsapparat trainiert.

## 1.8 Bekannte Klassifikationsmodelle

Bisher existieren verschiedene Klassifikationsmodelle. Eines der bekanntesten ist hierbei das von Argenta et al. (Argenta, David et al. 2004). Hierbei findet sich eine Aufteilung der plagiocephalen Deformitäten in fünf Schweregrade sowie der brachycephalen Deformitäten in drei Schweregrade. Argenta orientiert sich hierbei primär am klinischen Erscheinungsbild, also der Lokalisation der Deformität. Außer Acht bleibt hier der Ausprägungsgrad, festgelegt durch reproduzierbare Messparameter. Es findet also eine Klassifikation bezogen auf die Form, jedoch keine Schweregradeinteilung der jeweiligen Form statt.

**Tabelle 1:** Klassifikation des Plagiocephalus und Brachycephalus nach Argenta (Argenta, David et al. 2004).

Typ	Beschreibung
I	Isolierte posteriore Asymmetrie
II	I + ear-shift
III	I + II + frontale, kontralaterale Beteiligung
IV	I + II + III + Gesichtsasymmetrie
V	I + II + III + IV + kompensatorisches temporales oder vertikales Wachstum
VI A	Zentrale occipitale Abflachung
VI B	VI A + Erweiterung des Hinterkopfes
VI C	VI A + VI B + kompensatorisches vertikales oder temporales Wachstum



**Abbildung 8:** Klassifikationsmodell nach Argenta (Linz, Kunz et al. 2017).

Eine weitere Möglichkeit der Klassifikation zur Einteilung des Schweregrads einer lagebedingten Deformität ergibt sich durch die Einteilung von Moss (Moss 1997). Dieser misst mit einem Beckenzirkel die Schädeldiagonalen, errechnet eine „Cranial Vault Asymmetry“ (CVA) und legt eine Schweregradeinteilung wie folgt fest:

**Tabelle 2:** Schweregradeinteilung lagebedingter Schädeldeformitäten nach Moss (Moss 1997).

normal	CVA	< 3 mm
mild/moderat	CVA	$\leq$ 12 mm
moderat/schwer	CVA	> 12 mm

## Einleitung

Darüber hinaus bietet das Rechenmodell von Loveday eine Möglichkeit der Einteilung bzw. Klassifikation einer Plagiocephalie. Hierbei werden zwei auf den knöchernen Schädel projizierte Schädeldiagonalen verwendet, die durch den Kreuzungspunkt von Längs- und Querdurchmesser gehen und um 30 Grad vom Längsdurchmesser abweichen. Es wird der Cranial Vault Asymmetry Index errechnet, wobei die Längendifferenz der beiden Diagonalen durch die kürzere der beiden Diagonalen dividiert wird. Der Normwert wird hierbei auf einen Wert  $< 3,5\%$  festgelegt (Loveday and de Chalain 2001). Bei beiden oben genannten Klassifikationsmodellen wurde jedoch nur ein kleines Patientenkollektiv berücksichtigt. Auch erfolgte keine Differenzierung des Geschlechtes oder des Alters der Kinder bei Beginn der Therapie.

Vor dem Hintergrund ansteigender Patientenzahlen sowie zunehmender Erfahrung der Behandler etablierte sich Ende der 90er Jahre in der Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen eine Schweregradeinteilung der kraniofazialen Asymmetrien anhand der absoluten anthropometrischen Messparameter der Schädellänge, -breite und der Schädeldiagonalen (Blecher and Howaldt 1998). Dies war eine auf der Erfahrung der Behandler basierende, aber willkürlich festgelegte Einteilung ohne wissenschaftliche Evidenz. Unberücksichtigt blieben auch hierbei Alter und Geschlecht der untersuchten Säuglinge. Weiterhin wurde dieses Einteilungsmodell ohne einen Vergleich mit gesunden, sprich kraniofazial nicht deformierten Kindern generiert. Ab einer absoluten Asymmetrie von größer einem Zentimeter sollte eine Therapie mit individueller Orthese in Betracht gezogen werden. Ab einer Differenz von größer zwei Zentimeter wurde von einer schweren Deformität gesprochen und eine „Helmtherapie“ zur Unterstützung der Normalisierung der kindlichen Kopfform empfohlen.

**Tabelle 3:** Schweregradeinteilung kindlicher Schädeldeformitäten, modifiziert nach Blecher et al. (Blecher and Howaldt 1998).

	Asymmetrie der Schädel- diagonalen (Plagiocephalie)	Verhältnis Schädel­länge zu Schädelbreite (Brachycephalie)
mild	0–1cm	7–2 mm länger als breit
moderat	1–2 cm	2 mm länger als breit bis 3 mm breiter als lang
schwer	ab 2 cm	ab 4 mm breiter als lang

## 1.9 Normperzentilen

Aufgrund verschiedener Faktoren erweist es sich als schwierig, eine anwendbare Klassifikation, eine Schweregradeinteilung und den Erfolg oder auch Misserfolg einer Therapie zu beschreiben. In der Vergangenheit fehlte hierfür vor allem die Möglichkeit eines Vergleiches mit einer normalen Kopfform. Deshalb erfolgte 2012 eine Untersuchung der kraniofazialen Norm im ersten Lebensjahr, mit dem Ziel, festzulegen, welche Messparameter als normal, bezogen auf den kindlichen Kopf und abhängig von Alter und Geschlecht der Kinder, gelten. Für Kopfumfang, Körperlänge und -gewicht sind diese bereits Standard und in jedem U-Heft abgedruckt. Für die spezialisierten Messungen am Kopf wurden hierbei Messungen mit Messzirkel und Maßband durchgeführt. Diese Ergebnisse werden inzwischen durch Pädiater und Zentren für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie weltweit angewandt (Wilbrand, Wilbrand et al. 2011, Cabrera-Martos, Valenza et al. 2013, Ifflaender, Rudiger et al. 2013, Aihara, Komatsu et al. 2014, Kluba, Kraut et al. 2014, Wilbrand, Bierther et al. 2014).

Bei den Vergleichsstudien handelte es sich um prospektive Querschnittsstudien, bei denen der Schädel von 400 Kindern während des ersten und von 348 Kindern während des zweiten Lebensjahrs anthropometrisch vermessen wurde (Wilbrand, Bierther et al. 2014, Wilbrand, Kaps et al. 2017). Es wurden Umfang, Länge, Breite und die Schädeldiagonalen überprüft und anschließend aus diesen Messwerten der „Cranial Index“ (=CI), der „Cranial Vault Asymmetry Index“ (=CVAI), die absolute Differenz der transkranialen Diagonalen als „Cranial Vault Asymmetry“ (=CVA) und die Diag\_Ratio

Einleitung

errechnet. Hieraus wurden repräsentative Perzentilenkurven (3., 10., 25., 50., 75., 90. und 97.) generiert. Die so entstandenen „Gießener Normperzentilen“ stellen die Grundlage zur Verlaufskontrolle vor und nach „Helmtherapie“ lagebedingter Schädeldeformitäten im Vergleich zur kindlichen Norm dar.

## **1.10 Ziel dieser Arbeit**

Bereits mehrfach wurden Untersuchungen zur Überprüfung des Erfolgs einer Therapie mit individueller Koporthese durch verschiedene Studiengruppen durchgeführt. Insgesamt konnte durch die unterschiedlichen Gruppen die hohe Wirksamkeit dieser Therapie zur Normalisierung kindlicher Schädeldeformitäten festgestellt werden.

Das Ziel dieser Arbeit besteht darin, nun ebenfalls eine Bewertung des Therapieerfolges der lagebedingten Schädeldeformität mittels „Helmtherapie“ durchzuführen. Der Unterschied zu den Arbeiten anderer Studiengruppen liegt dabei im Studienmodell selbst. Es soll nicht nur der isolierte Erfolg oder Misserfolg der Therapie, sondern erstmals ein Vergleich von Kindern mit behandlungsbedürftigen Schädeldeformitäten mit der kindlichen „Normalbevölkerung“, also mit den „Gießener Normperzentilen“, erfolgen. Die Frage, die hiermit beantwortet werden soll, lautet:

„Wo liegen die Kinder mit lagebedingter Schädeldeformität vor und auch nach einer Therapie mit individueller Koporthese im Vergleich zur Normalbevölkerung?“.

Es geht somit nicht allein um die Frage, ob eine „Helmtherapie“ erfolgreich ist, sondern insbesondere darum, ob ein großes Patientenkollektiv mit deutlich „abnormaler“ Kopfform nach Therapieabschluss im Bereich der „Normperzentilen“ zu finden ist.

Hierfür wurden standardisierte anthropometrische Zirkelmessungen an über 1500 Kindern mit behandlungsbedürftiger Schädeldeformität vor und nach der Therapie mit einer individuell angepassten Koporthese durchgeführt. Die so gewonnenen Messwerte sowie die Indices zur Darstellung eines Plagiocephalus, eines Brachycephalus und einer Kombination aus Plagio- und Brachycephalus wurden errechnet und konnten jeweils isoliert mit den Messwerten der Gießener Normperzentilen verglichen werden.

Die Untersuchung erfolgte im Rahmen einer sehr umfassenden retrospektiven Beobachtungsstudie über fünf Jahre an Kindern mit therapiebedürftiger Schädeldeformität, da ein prospektives und/oder randomisiertes Studienmodell bei einer

## Einleitung

Untersuchung dieser Art technisch nur eingeschränkt möglich und ethisch nicht vertretbar gewesen wäre.

Im Sinne einer Nebenzielparameteranalyse wurden zusätzlich Elternfragebögen ausgewertet, die bei der Erstvorstellung ausgehändigt wurden. Standardisiert wurde der subjektiv vorliegende Schweregrad einer Schädeldeformität und eventuell bereits erfolgte Behandlungsmaßnahmen sowie deren therapeutischer Erfolg erfasst. Zusätzlich wurde Frühgeburtlichkeit und das Vorliegen einer Mehrlingsgeburt als mögliche Riskofaktoren für das Entstehen einer nicht synostotischen Schädeldeformität evaluiert.

## 2 Material und Methode

### 2.1 Patientenkollektiv

In einer retrospektiven Untersuchung in der Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen im Zeitraum von 2009–2014 konnten 2637 der untersuchten Kinder in die Studie miteingeschlossen werden. Die Eltern hatten der Teilnahme an der Studie zugestimmt und der Fragebogen, der vor der ersten Untersuchung ausgefüllt wurde, war vollständig. Für die Datenarchivierung wurde eine Windows Access®-Datenbank genutzt, mit der wir Daten von Kindern mit nicht synostotischen Schädeldeformitäten systematisch erfassen konnten. Hierbei wurden die anthropometrischen Messergebnisse bei der Erstvorstellung, wie auch weitere Messungen bei Verlaufskontrollen, archiviert. 1531 Kinder erfüllten nach der Schweregradeinteilung kindlicher Schädeldeformitäten modifiziert nach Blecher et al. (Blecher and Howaldt 1998) die Kriterien zur Behandlung mit einer individuellen Kopforthese und somit zum Einschluss in diese Studie. Es lag demnach eine Schädelasymmetrie  $> 1$  cm (Plagiocephalie) vor bzw. der kindliche Kopf war höchstens 2 mm länger als breit (Brachycephalie). Die Therapie wurde beendet, wenn die Schädelasymmetrie 3 mm oder weniger betrug, bzw. wenn der Kopf mindestens 1 cm länger war als breit. Regelmäßig führte jedoch auch nachlassende Compliance oder der explizite Elternwunsch zu einem Therapieabbruch, trotz teilweise nicht komplett erreichter Korrektur.

Die mit Messzirkel und Maßband erhobenen Parameter der 1531 in die Studie inkludierten Kinder konnten folgend mit den Normperzentilen, also den Kindern mit normaler Kopfform, verglichen werden. Hierzu wurden die erhobenen anthropometrischen Messwerte vor und nach der Therapie mit individueller Kopforthese auf die generierten Normperzentilen projiziert. Somit war es möglich, einen direkten Vergleich der zu therapierenden Kinder mit den Normperzentilen durchzuführen. In einem ersten Schritt konnte folgend die Abweichung der Norm vor Beginn einer Therapie festgestellt werden. Nach Abschluss der Therapie war es im Vergleich mit den Normperzentilen möglich, die „Normalisierung“ bzw. Verbesserung der jeweiligen Parameter festzuhalten.

Material und Methode

Für die vorgenommene retrospektive Studie wurde ein Ethikantrag an der medizinischen Fakultät der Justus-Liebig-Universität Gießen gestellt und von der Ethikkommission mit einem positiven Votum versehen (AZ 293/11). Die Eltern wurden vor den anthropometrischen Messungen schriftlich informiert sowie deren Zustimmung zur Archivierung und Auswertung der Daten eingeholt.

## **2.2 Materialliste**

Die Messung des Kopfumfangs erfolgte mit einem „Special Basic Quality“-Maßband der Firma Hoechstmass Balzer GmbH, Sulzbach (Höchstmass Balzer, Wiesenstr. 13, 65843 Sulzbach; Maßband „Special Basic Quality“, 19 mm x 150 cm, einseitig farbige Dezimetereinteilung, cm/cm, ref 59102).

Die Schäeldiagonalen, -längen und -breiten wurden mit einem Messzirkel der Firma Aesculap mit Millimetereinteilung durchgeführt (A.N. AA842R, Aesculap AG & Co KG, Aesculapplatz 1, 78532 Tuttlingen).

Die Datenerfassung und Analyse der Ergebnisse erfolgten mithilfe des SPSS-Programms (Statistical Package for Social Sciences, IBM SPSS, Version 20, für Windows, IBM Corporation, New York, USA).

Graphiken, Tabellen, Textverarbeitung und Dokumentenformatierung wurden mit Microsoft® Word für Mac, Version 16.53 (21091200), umgesetzt.

Die Archivierung der Daten erfolgte mit einer Microsoft Access®-Datenbank (Microsoft, USA).

## **2.3 Standardisierte Schädelmessung und Erhebung von Indices zur Beschreibung der Schädeldeformität**

Bei den standardisierten Messmethoden wird das Kind bzw. der kindliche Kopf jeweils durch einen Elternteil und einen erfahrenen Assistenten in Position gehalten. Die standardisierte Kopfposition ist hierbei von entscheidender Bedeutung. Für die Messung sind anthropometrische Referenzpunkte unabdingbar, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu erreichen. Hierbei ist es wichtig, dass trotz darüber liegender Weichteile knöcherne Strukturen als replizierbare Referenzen genutzt werden können. Die von uns verwendeten anthropometrischen Messpunkte sind von Farkas wie folgt definiert (Farkas

## Material und Methode

and Deutsch 1982, Farkas, Posnick et al. 1991) und wurden bereits in vorangegangenen Publikationen der Arbeitsgruppe um Wilbrand et al. verwendet (Wilbrand, Wilbrand et al. 2011):

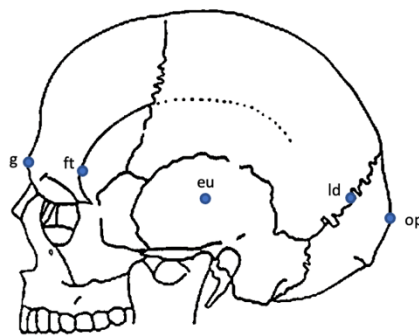
Glabella (g) ist der prominenteste Punkt zwischen den Augenbrauen; entsprechend dem knöchernen Punkt Glabella im Bereich des Os frontale.

Opistocranion (op) ist der am weitesten von der Glabella entfernte, knöchern tastbare Punkt im Bereich des Os occipitale.

Eurion (eu) ist per Definition der prominenteste laterale Punkt an jeder Seite des Schädels im Bereich der Ossa parietale und temporale. Er befindet sich einen Zentimeter cranial des Otobasion-Superior-Punktes (obs).

Frontotemporale (ft) sind die Punkte lateral der Erhebung der linea temporalis auf jeder Seite der Stirn und werden durch die knöchernen Leisten zwischen Stirnbein und Fossa temporalis markiert. Sie liegen leicht kranial der lateralen Enden der Augenbrauen.

Der Lambdoid-Punkt (ld) bezeichnet die kontralaterale Kreuzungsstelle der maximalen Zirkumferenz mit der Lambdanaht an der Sutura lambdoidea.



**Abbildung 9:** Skelettale Referenzpunkte am kindlichen Schädel modifiziert nach Kelly und Littlefield 1999 (Kelly, Littlefield et al. 1999).

Die Messung des Kopfumfanges erfolgt in Zentimeter. Hierbei ist es wichtig, in streng horizontalem Verlauf an den Augenbrauen anliegend zu messen. Es ist darauf zu achten, dass eine starke Kopfbehaarung die Messwerte nicht verfälscht. Das Maßband verläuft parallel zur Frankfurter Horizontalen und schließt den Glabella-Punkt (g) sowie den Opistocranion-Punkt (op) mit ein.



**Abbildung 10:** Standardisierte Messung des Kopfumfanges. Patientenfall aus der Sprechstunde der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen.

Bei der Messung der Schädelgröße wird horizontal von der Glabella (g) zum Opistocranium (op) gemessen. Auch hier ist eine streng parallele Messung zur Frankfurter Horizontalen unabdingbar, da es vor allem bei Kindern mit brachycephalen Kopfdeformitäten zu Schwierigkeiten bei der Identifikation der Protuberantia occipitalis kommen kann.



**Abbildung 11:** Standardisierte Messung der Schädelgröße. Patientenfall aus der Sprechstunde der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen.

Die Messung der Schädelbreite wird an der breitesten Stelle des Schädels, also von Eurion (eu) zu Eurion (eu) der kontralateralen Seite, in horizontaler Manier durchgeführt. Die strenge Einhaltung der knöchernen Referenzpunkte ist hierbei wegen der Möglichkeit eines vorhandenen ear-shifts notwendig. Dieser entsteht durch eine antero-posteriore

## Material und Methode

Verschiebung der Ohrachse und einer Schädelasymmetrie durch konsekutive Verschiebung der Schädelbasis.



**Abbildung 12:** Standardisierte Messung der Schädelbreite (der Messpunkt liegt bilateral 1 cm cranial des obs-Punktes). Patientenfall aus der Sprechstunde der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen.

Zur Bestimmung der Schädel diagonalen wird beidseits vom Frontotemporale-Punkt (ft) horizontal, also erneut parallel zur Frankfurter Horizontalen, zur kontralateralen Kreuzungsstelle der Zirkumferenz mit der Lambdanaht an der Sutura lambdoidea gemessen. Dieser anthropometrische Punkt wird als Lambdoid-Punkt (lb) bezeichnet. Anschließend wird die größte bzw. kleinste Diagonale notiert. Diese Messung ist wichtig für das Ausmaß der Plagiocephalie, also der Schädelasymmetrie, die sich durch den Vergleich der kontralateralen Schädel diagonalen ergibt.



**Abbildung 13:** Standardisierte Messung der Schäldiagonalen (Messpunkte sind der Frontotemporale(ft)-Punkt anterior und der Lambdoid(ld)-Punkt posterior). Patientenfall aus der Sprechstunde der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen

Aus den Messwerten der Länge, der Breite und der Kopfdiagonalen wurden nun Indices erstellt, die später mit den Messergebnissen der „normalen“ Kinderschädel verglichen werden können. Zum einen ist dies der CI (Cranial Index), der sich aus der Schädelbreite/Schädellänge  $\times 100$  errechnet und eine Veränderung bei Brachycephalie und einer Kombination aus Brachycephalie und Plagiocephalie ausweist. Zum anderen dient als Index der CVAI (Cranial Vault Asymmetry Index), der sich aus der längeren der beiden Diagonalen B minus der kürzeren der beiden Diagonalen  $A/A \times 100$  errechnet und bei plagiocephalen sowie einer Kombination aus plagiocephalen und brachycephalen Deformitäten Veränderungen zeigt. Weiterhin wurde die absolute Differenz der transkraniellen Diagonalen errechnet. Die CVA (Cranial Vault Asymmetry) ergibt sich aus der Subtraktion der längeren Diagonale B minus der kürzeren Diagonale A. Zusätzlich wurde die Diag\_Ratio bestimmt, hierbei wird die kürzere Diagonale A durch die längere Diagonale B geteilt. Im Ergebnis würde der Wert 1 die perfekte Symmetrie widerspiegeln.

$$CI = \frac{\text{Schädelbreite}}{\text{Schädellänge}} \times 100$$

$$CVAI = \frac{B - A}{A} \times 100$$

$$CVA = B - A$$

$$\text{Diag\_Ratio} = \frac{A}{B}$$

(wobei: Diagonale  $A <$  Diagonale  $B$ )

**Abbildung 14:** In der Untersuchung angewendete Indices zur Beschreibung der Schädeldeformität.

## 2.4 Fragebogen und digitale Archivierung

Im Rahmen der retrospektiven Untersuchungen wurden 2637 Kinder vermessen, von denen 1531 Kinder aus klinischer Sicht eine therapiebedürftige, nicht synostotische Schädeldeformität aufwiesen. Zusätzlich zu den im Rahmen der Untersuchung erhobenen anthropometrischen Messwerten erhielten die Eltern einen Fragebogen, der zur Beantwortung der Nebenzielparame-ter der Studie hinzugezogen wurde.

Da vor allem bis zum Erreichen des vierten Lebensmonats die empfohlene Therapie bei nicht synostotischen Schädeldeformitäten in Lagerungsversuchen und Physiotherapie besteht (Persing, James et al. 2003, Mills 2006), wurde bei der Erstvorstellung ebenfalls nach vorangegangenen Therapieversuchen gefragt. Falls diese durchgeführt wurden, sollten die Eltern eine subjektive Einschätzung bzgl. des Nutzens und der Verbesserung bezogen auf die Kopfform des Kindes abgeben.

Auch wurden die subjektiv auslösenden Faktoren zur Vorstellung und Beratung erfragt. Die Eltern sollten in diesem Fall Angaben darüber machen, was ihnen am eigenen Kind am meisten ins Auge gefallen sei und somit Auslöser zur Vorstellung in einem Spezialzentrum war. Die Vorgaben hierfür waren der verformte Hinterkopf, ein anterior-posteriorer „ear-shift“, eine frontale, kontralaterale Verformung der Stirn sowie eine Veränderung des gesamten Gesichtes. Mehrfachantworten waren ebenfalls möglich.

## Material und Methode

In der Literatur wird ein erhöhtes Vorkommen von lagebedingten Schädelasymmetrien bei Mehrlingskindern und Frühchen beschrieben, weswegen auch eine Mehrlingsschwangerschaft und eine Frühgeburtlichkeit dokumentiert wurden.

Nach Erstvorstellung und anthropometrischer Messung mit Maßband und Messzirkel sowie Inklusion in die Studie bei therapiebedürftiger Schädeldeformität wurden die erhobenen Messwerte sowie die Antworten des Elternfragebogens in einer Windows Access®-Datenbank eingepflegt.

The image shows two screenshots of the 'Plagio-Data 2.0' software interface. The top screenshot displays the main data entry form with fields for patient identification (PatId, Nachname, Vorname, Geburtsdatum), clinical history (Frühgeburt, Wochenanzahl, Geschlecht, Mehrlingsgeburt), and treatment details (Krankenkasse, Bezahl, Indikation für Helmtherapie, Therapieende, Therapiebeendigungsgrund, Nichteinhaltungsgrund). It also includes buttons for 'Circumference', 'CI', 'CVA', 'CVAI', 'Asymmetrie', and 'Perzentile', along with an 'Übersicht' button.

The bottom screenshot shows the same interface but with the 'Untersuchungen' (Investigations) tab selected. It features a table with the following columns: Untersuchungsdatum, Alter (Monate), Kopfumfang (cm), Diagonale rechts, Diagonale links, Asymmetrie, Nasion- Tragus rechts, Nasion- Tragus links, Asymmetrie, Breite, Länge, Nas-Ini, Obs-Obs, Foto, 3D-Scan, and Komplikation. Below the table, there are additional questionnaires for 'Elternfragen' (Parent questions) and 'Fragebogen' (Questionnaire).

Abbildung 15: Screenshot der Windows Access®-Datenbank.

## **2.5 Statistische Auswertung**

Die Patientenbezogenen Daten wurden vorerst durch Herrn Kattenborn aus der Abteilung für klinische und administrative Datenverarbeitung (AKAD) in einer Excel-Tabelle zusammengefasst. Hierbei wurden um die Anonymität der Patienten zu wahren die Namen der Patienten als Nummern verschlüsselt.

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Medizinische Informatik, Abteilung Medizinische Statistik der Justus-Liebig-Universität Gießen unter der Leitung von Dr. Jörn Pons-Kühnemann erfolgte die statistische Auswertung.

Prä- und posttherapeutische Messwerte (CVA, CVAI und CI) die aus den Krankenakten aller 1531 mit einer individuellen Koporthese behandelten Patienten extrahiert wurden, wurden gegen die geschlechts- und altersspezifischen Normperzentilen aufgetragen, um die Veränderung der Schädeldeformität während der Orthesentherapie zu visualisieren.

Außerdem wurden die Patientenzahlen mit Messwerten oberhalb der 75., 90. und 97. Perzentile vor und nach Abschluss der Helmtherapie mit dem Fisher-Exakt-Test verglichen ( $p < 0.05$ ).

### **3 Ergebnisse**

#### **3.1 Ergebnis Patientenkollektiv und Fragebogen (Nebenzielparameter)**

Von den insgesamt 1531 Kindern, die nach anthropometrischer Messung, Indikationsstellung und Einwilligung der Erziehungsberechtigten mit einer individuellen Kopforthese behandelt wurden, waren 1109 (72,4 %) männlich und 422 (27,6 %) weiblich.

Von den insgesamt untersuchten und in die Studie einbezogenen Kindern wiesen 865 (56,5 %) eine Plagiocephalie, 519 (33,9 %) eine gemischte Plagiocephalie/Brachycephalie und 110 (7,2 %) eine reine Brachycephalie auf. Eine Anzahl von 37 Kindern (2,4 %) konnte keiner dieser Gruppen klar zugeordnet werden.

Die Indikation zur Empfehlung einer Therapie mit individueller Kopforthese erfolgte nach der Schweregradeinteilung kindlicher Schädeldeformitäten modifiziert nach Blecher et al. (Blecher and Howaldt 1998).

Auf die Frage nach dem subjektiven Auslöser der Eltern, um in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen, hier im Speziellen in der „Helmsprechstunde“, vorstellig zu werden, gaben 1108 (72,4 %) als Ursache den verformten Hinterkopf des Kindes an. Weitere 220 (14,4 %) nannten als Vorstellungsgrund den anterior-posterioren „ear-shift“. Eine frontale kontralaterale Verformung der Stirn war für 186 (21,1 %) und eine Veränderung des gesamten Gesichtes für 119 (7,8 %) der subjektive Vorstellungsgrund. Bei 102 Kindern hatten die Eltern mehrere Möglichkeiten gewählt.

Bezogen auf die Frage nach prätherapeutischen alternativen Behandlungsansätzen bzw. deren Auswirkung auf die kindliche Kopfform gaben 76,2 % der Eltern von den 1531 behandelten Kindern an, mit den Betroffenen im Vorfeld eine Physiotherapie durchgeführt zu haben. Eine deutliche Verbesserung der kindlichen Kopfform durch die angewandten Therapien empfanden nach subjektivem Erscheinungsbild nur 63 (5,4 %) der befragten Eltern.

## Ergebnisse

Die durchschnittliche Dauer einer Therapie mit einer individuellen Kopforthese betrug  $5,7 \pm 2,3$  Monate. Das durchschnittliche Alter bei Beginn der Therapie lag im Mittelwert bei  $6,5 \pm 1,8$  Monaten und das Ende der Therapie bei  $13,1 \pm 5,0$  Monaten.

Die Therapie wird in enger Absprache mit den Eltern dann beendet, wenn keine bemerkenswerte Asymmetrie oder Abflachung mehr beobachtet werden kann, sprich bei „normaler“ Kopfform. Ein Grund zur Beendigung der Kopforthesentherapie - trotz weiterhin bestehender Deformität oberhalb der 90. oder 97. Perzentile - kann das Alter des Kindes sein. Mit zunehmendem Alter der kleinen Patienten verringern sich Kopfwachstum und kindliche Compliance, sodass teilweise bei verbliebener Deformität die Therapie beendet wurde. Auch führte der explizite Wunsch der Eltern nach Beendigung der Therapie trotz unvollständiger Korrektur der Kopfform zum Abbruch der Helmtherapie.

Die Messwerte bei Abschluss der Therapie zeigen somit einer gewisse Variabilität und es wird nicht in allen Fällen eine komplette Korrektur auf normocephale Messwerte erreicht.

Soweit es möglich war erfolgte der Abschluss jedoch bei Erreichen von anthropometrischen Messwerten unterhalb der 90. Perzentile.

Insgesamt wurden bezogen auf das gesamte Patientenkollektiv, also die 2637 anthropometrisch vermessenen Kinder, 253 Mehrlinge untersucht. Dies bedeutet, dass bezogen auf die Gesamtzahl der untersuchten Kinder 9,6 % Mehrlinge waren. Von den im Rahmen der Studie untersuchten Mehrlingen ( $n=253$ ) hatten 83 Mehrlingskinder eine therapiebedürftige Schädelasymmetrie und konnten in die Studie miteinbezogen werden. Das heißt 30,4 % der untersuchten Mehrlinge wiesen eine behandlungsbedürftige Deformität des kindlichen Schädels auf. Von den insgesamt mit Kopforthese therapierten 1531 Kindern waren ca. 5,4 % Mehrlingskinder. Bezogen auf die gesamte Kohorte, also 2637 Kinder, waren ca. 3,2 % „Mehrlinge“ und erhielten eine „Helmtherapie“.

Von der gesamten, mit individueller Orthese behandelten Kohorte, also Kindern mit einer klinisch eindeutigen, behandlungsbedürftigen Deformität, waren 24,3 %, dies entspricht einer Gesamtzahl von 372 Säuglingen, vor der 37. Schwangerschaftswoche geboren bzw. hatten ein Geburtsgewicht, das unter 2500 g lag, und zählten somit per Definition als

Ergebnisse

Frühgeburten. Dies bedeutet, dass knapp jedes vierte Kind, das in die Studie eingeschlossen werden konnte, ein „Frühchen“ war.

### **3.2 Ergebnisse der „Helmtherapie“ (Hauptzielparameter)**

Die mit Messzirkel und Maßband erhobenen Messwerte wurden auf die Graphen der durch die vorangegangenen Studien erhobenen Normperzentilen übertragen. Die vergleichenden Einzelauswertungen beziehen sich auf die Länge, Breite, den errechneten Cranial Index (CI), den errechneten Cranial Vault Asymmetry Index (CVAI), die errechnete Cranial Vault Asymmetry (CVA) sowie auf die errechnete Diag\_Ratio. Bei allen Messwerten findet eine Differenzierung in weibliches und männliches Geschlecht statt.

Beim Aufbau der „Normperzentilen“ für die einzelnen Messparameter, sind die unterschiedlichen Perzentilen durch verschiedene Grautöne voneinander abgestuft. Die Perzentilen sind anhand von standardisierten Messungen an ca. 800 Kindern innerhalb der ersten 24 Lebensmonate entstanden. Die untere grau unterlegte Fläche markiert den Bereich der 3. Perzentile für den jeweiligen Messparameter. Darüber liegt die 10. Perzentile. Die nächste oberhalb gelegene Begrenzung stellt den Wechsel zur 25. Perzentile dar. Die schwarze Linie in der Mitte des Graphen ist die 50. Perzentile. Darüber finden wir die 75. Perzentile, die 90. Perzentile und die 97. Perzentile. Die Perzentilenbereiche sind für jeden Messparameter (Länge, Breite, CI, CVAI und CVA, Diag\_Ratio) alters- und geschlechtsspezifisch. Die Kontrastierung unter Anwendung unterschiedlicher Grautöne dient dazu, die Zuordnung zu den unterschiedlichen Perzentilen zu erleichtern.

#### **3.2.1 Ergebnisse Kopflänge**

Die oben abgebildeten Graphiken zeigen die Veränderungen der kindlichen Kopflänge im Rahmen der Therapie mit individueller Orthese. Die Punktwolken, die die einzelnen untersuchten Kinder vor und nach der Therapie widerspiegeln, zeigen, dass sich die Länge unter der Therapie perzentilengerecht entwickeln kann.

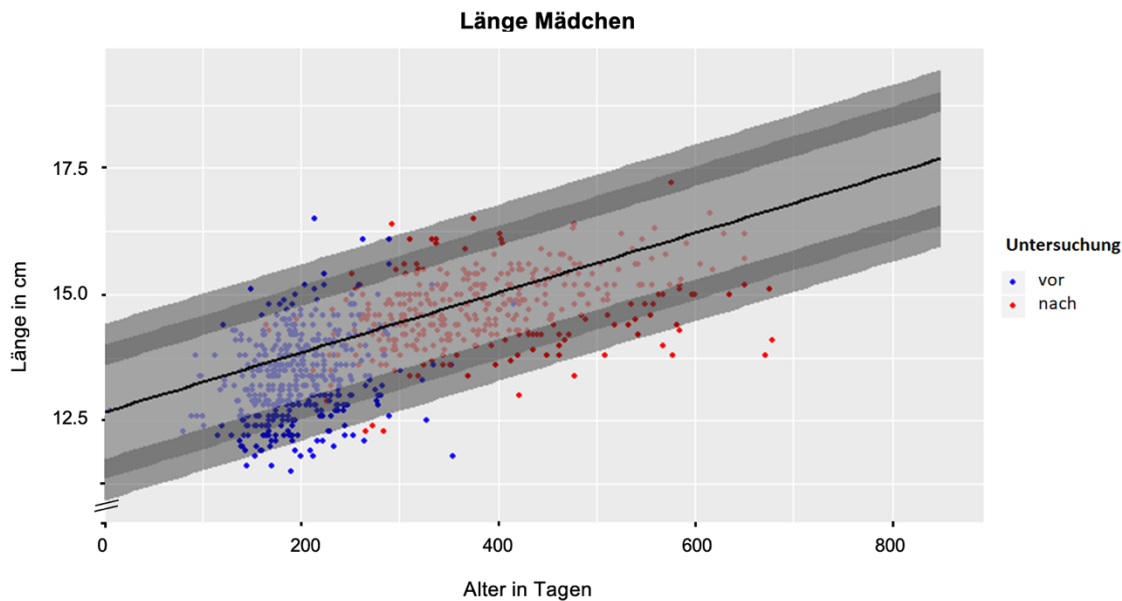


Abbildung 16: Normperzentilen Schädel­länge Mädchen vor (blau) und nach (rot) Helmtherapie.

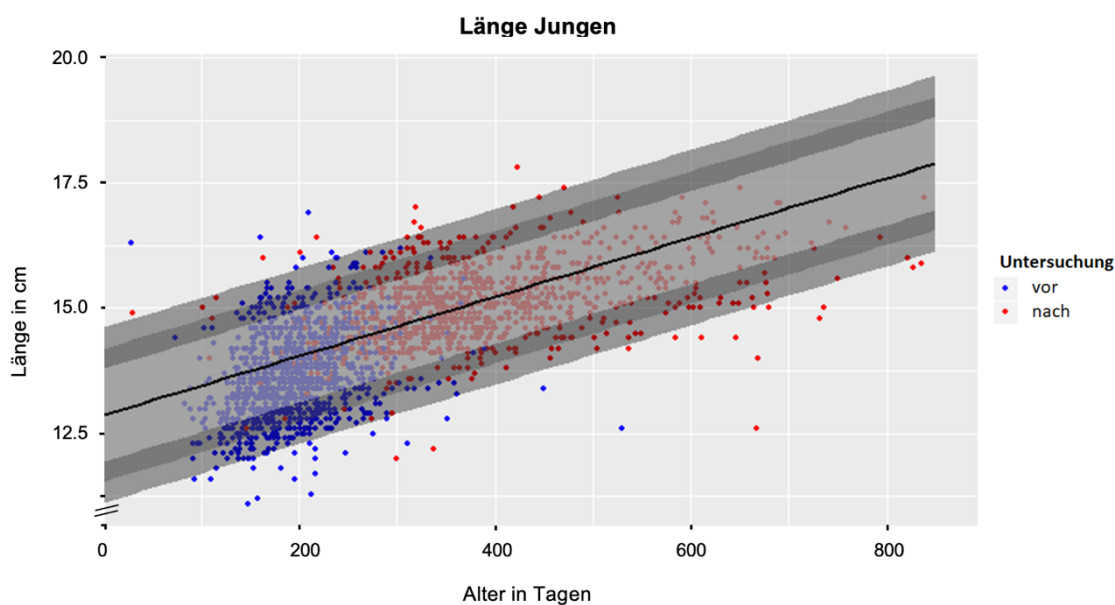
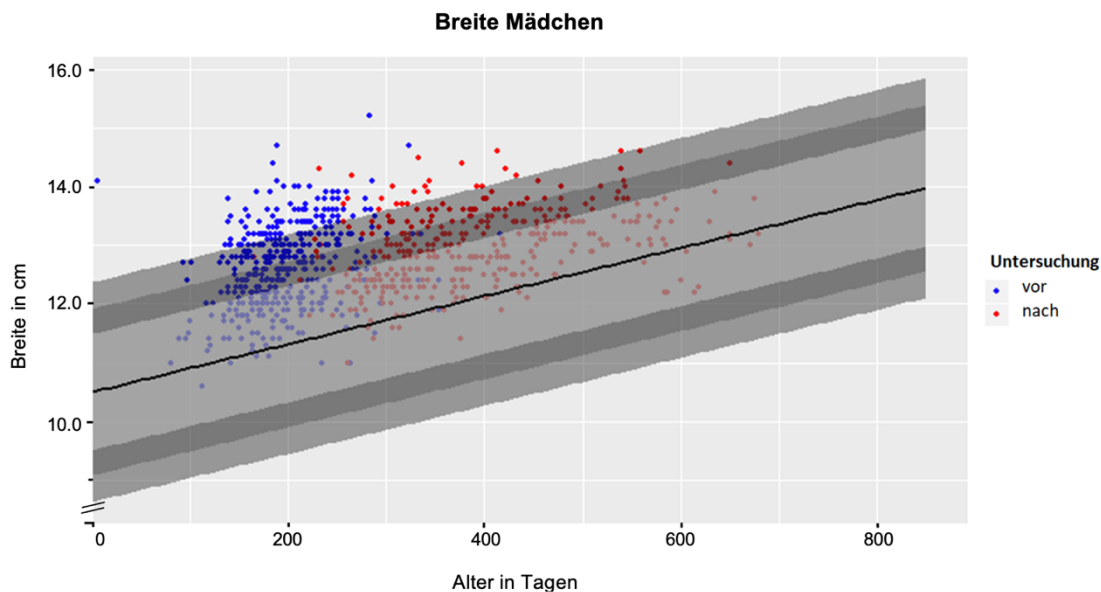


Abbildung 17: Normperzentilen Schädel­länge Jungen vor (blau) und nach (rot) Helmtherapie.

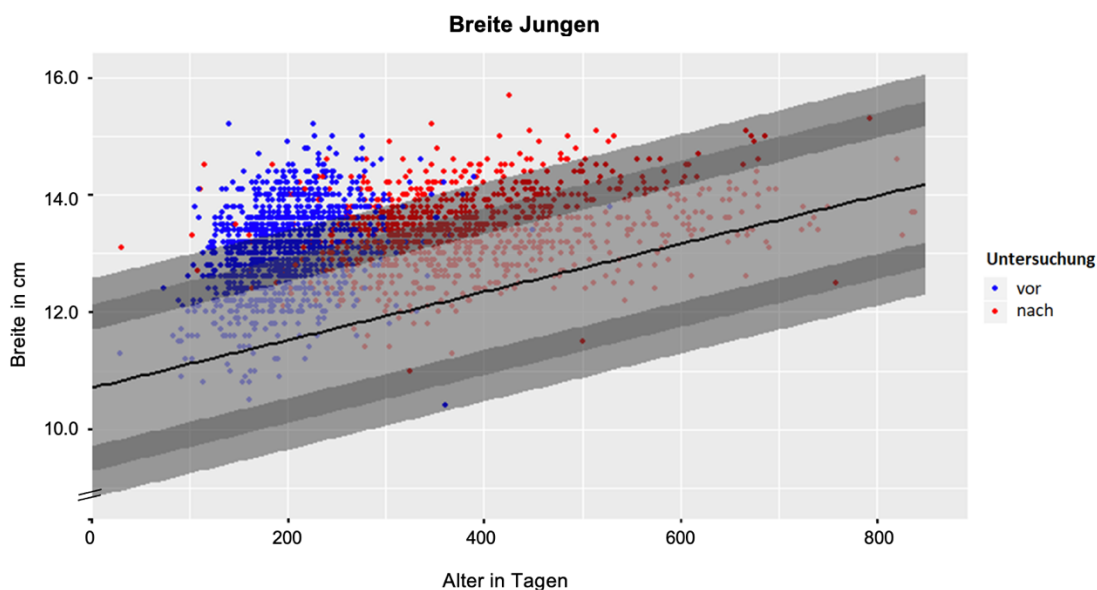
### 3.2.2 Ergebnisse Kopfbreite

Im Vergleich der gemessenen Parameter zeigt sich bei der Breitenmessung mit dem Messzirkel eine deutliche Anhäufung der Messwerte oberhalb der 75. Perzentile im Vergleich zur Norm. Es liegt also bei den lagebedingten Schädeldeformitäten eine Tendenz zur Entwicklung eines breiteren Kopfes vor.

## Ergebnisse



**Abbildung 18:** Normperzentilen Schädelbreite Mädchen vor (blau) und nach (rot) Helmtherapie.



**Abbildung 19:** Normperzentilen Schädelbreite Jungen vor (blau) und nach (rot) Helmtherapie.

### 3.2.3 Ergebnisse Cranial Index (CI)

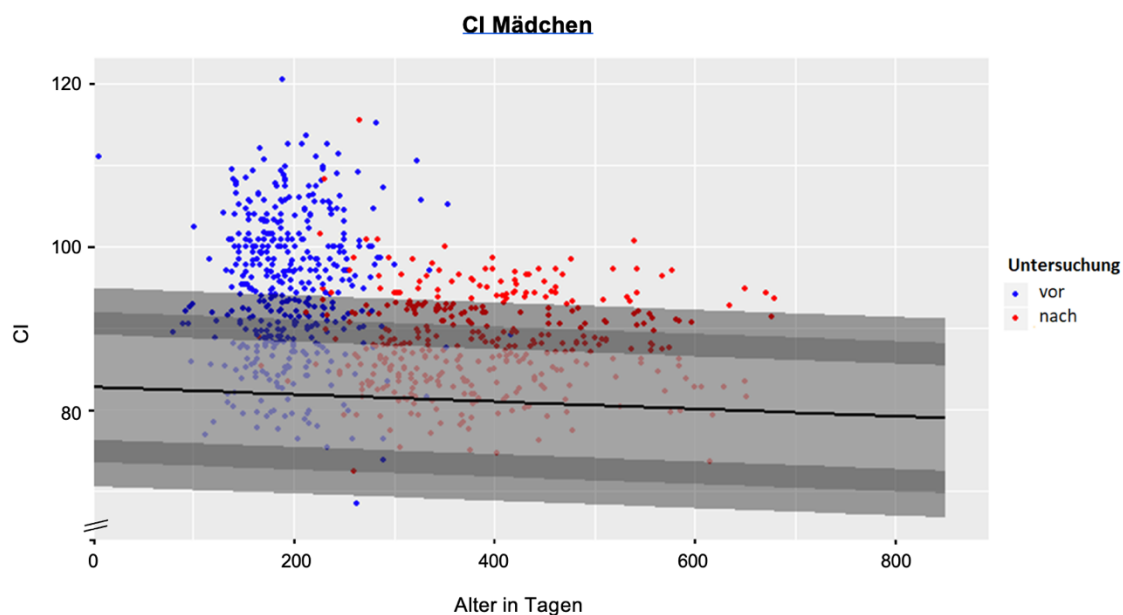
Die Graphen des Cranial Index errechnen sich aus den Messwerten der Länge und Breite. Sie spiegeln somit das Längen-Breiten-Verhältnis wider, also die „Ovalität“ des kindlichen Kopfes. Bei Patienten mit einem Brachycephalus oder einer Kombination aus Plagio- und Brachycephalus ist dieses Verhältnis gestört. Die Köpfe sind also höchstens 2 mm länger als breit, teilweise in ihrer Relation sogar breiter als lang. Bereits bei der Betrachtung der Einzelauswertungen, also der Länge und Breite, fällt auf, dass über die

## Ergebnisse

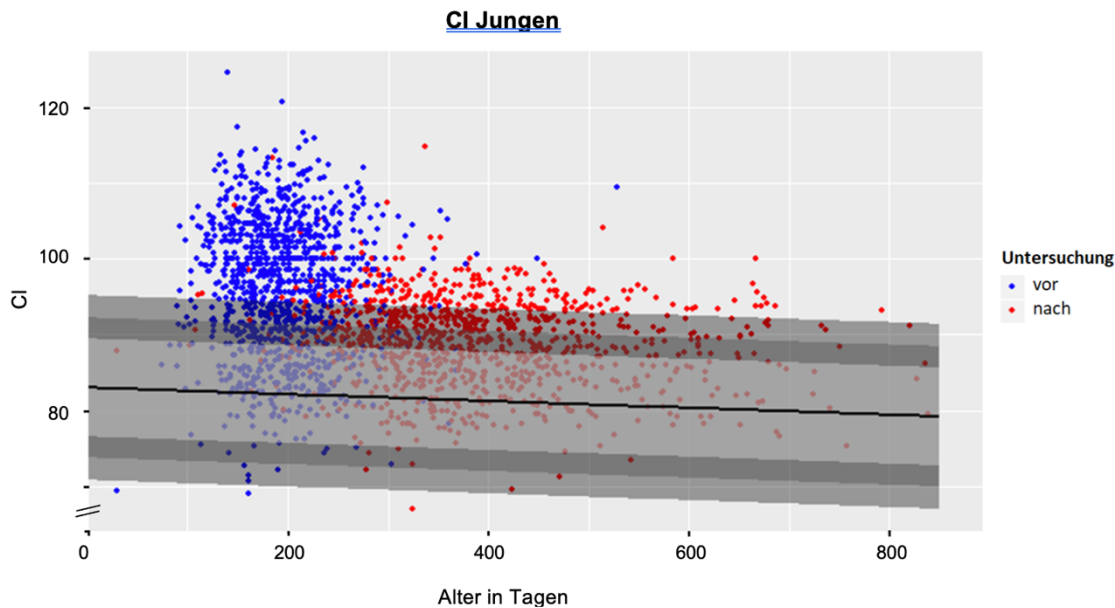
Hälfte der Kinder eine Kopflänge unterhalb der 50. Perzentile hat. Es lässt sich also allein bei der Auswertung der Schädelgröße erahnen, dass die behandelten Kinder im Vergleich zur „Norm“ eher einen kürzeren Kopf haben.

Bei der isolierten Betrachtung der Graphen für die Schädelbreite sind die Werte bereits eindeutiger. Von den untersuchten Kindern liegen 1215 (79,4 %) bereits oberhalb der 75. Perzentile. Dementsprechend zeigt sich auch in diesem Fall bei der Auswertung des Messparameters „Breite“ bereits eine Tendenz, dass behandelte Kinder einen eher breiten Kopf aufweisen. Schlussfolgernd zeigen uns die Einzelauswertungen vor allem der Länge, aber auch der kindlichen Schädelbreite erst einmal lediglich leichte Abweichungen der Norm, die aber einzeln betrachtet nur eine geringe Aussagekraft bezogen auf die Schwere einer Schädeldeformität haben.

Aus diesem Grund wird der Cranial Index (CI) erhoben, der das Verhältnis bzw. Missverhältnis der Länge zur Breite wiedergibt.



**Abbildung 20:** Normperzentilen Cranial Index Mädchen vor (blau) und nach (rot) Helmtherapie.



**Abbildung 21:** Normperzentilen Cranial Index Jungen vor (blau) und rot (nach) Helmtherapie.

**Tabelle 4:** Verbesserung des Längen-Breiten-Verhältnisses (CI) abhängig vom Schweregrad vor der Therapie.

	>75. Perzentile vor Helm- therapie	>75. Perzentile nach Helm- therapie	>90. Perzentile vor Helm- therapie	>90. Perzentile nach Helm- therapie	>97. Perzentile vor Helm- therapie	>97. Perzentile nach Helm- therapie
<b>CI</b> (n=1531)	888 m 327 f Σ n=1215 (79,4 %)	629 m 209 f Σ n=838 (54,7 %)	781 m 278 f Σ n=1059 (69,2 %)	421 m 141 f Σ n=562 (36,7 %)	654 m 231 f Σ n=885 (57,8 %)	217 m 77 f Σ n=294 (19,2 %)
<b>Δ p-Wert</b>	Δ Gruppe (CI) = 31,0 % p<0,01		Δ Gruppe (CI) = 46,9 % p<0,01		Δ Gruppe (CI) = 66,8 % p<0,01	

Von den insgesamt 1531 behandelten Kindern zeigte sich bei insgesamt 1215, davon 888 männlich und 327 weiblich, eine Lage des Cranial Index oberhalb der 75. Perzentile im Vergleich zu den Normperzentilen. Dies entspricht 79,4 %, die mindestens eine milde Brachycephalie aufwiesen und somit in die Studie eingeschlossen wurden. Nach Beendigung der Therapie mit individueller Kopforthese waren noch 629 Jungen und 209 Mädchen, insgesamt 838 Kinder, oberhalb der 75. Perzentile zu finden. Somit schafften

## Ergebnisse

31 % der Kinder nach der Therapie mit individueller Kopforthese den Perzentilensprung unter die 75. Perzentile.

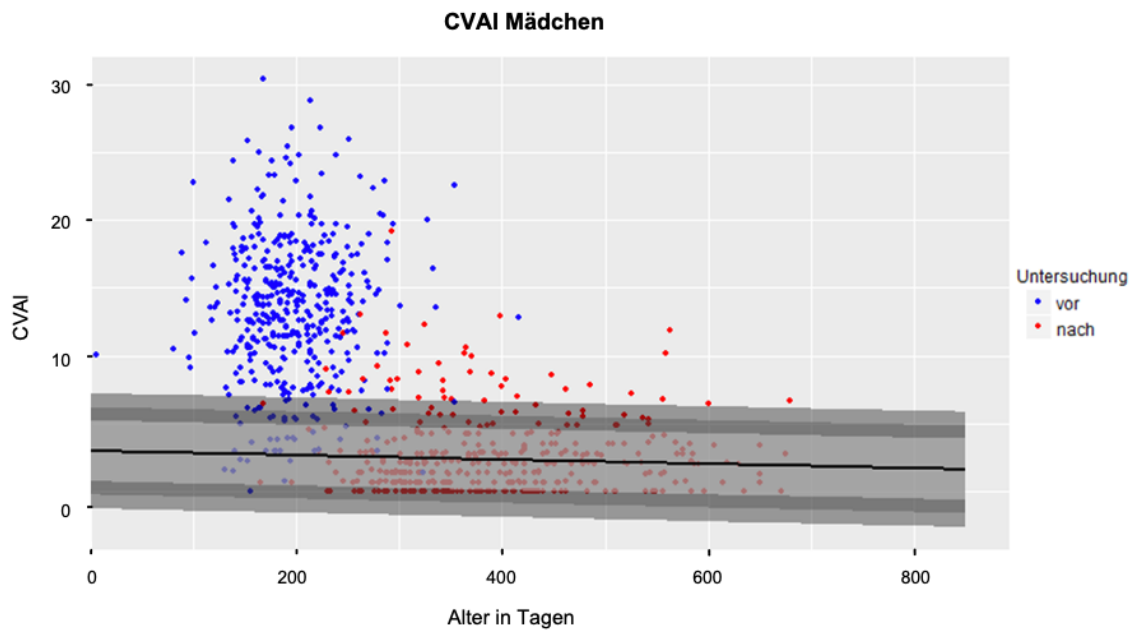
Oberhalb der 90. Perzentile lagen vor der Therapie insgesamt 1059 Kinder, 781 Jungen und 278 Mädchen. Es handelt sich somit um 69,2 % aller „Studienkinder“, die mit einem CI oberhalb der 90. Perzentile starteten. Nach der Therapie lagen insgesamt noch 36,7 % der Kinder oberhalb der 90. Perzentile, dies sind insgesamt 562 Kinder, wovon 421 Jungen und 141 Mädchen waren. Dies bedeutet auch, dass 46,9 % der behandelten Kinder, die prätherapeutisch oberhalb der 90. Perzentile lagen, nach der Therapie unterhalb der 90. Perzentile zu finden waren.

Bei 885 Kindern, davon 654 männlich und 231 weiblich, ergaben die prätherapeutisch erhobenen anthropometrischen Messwerte eine schwere Brachycephalie mit Lage oberhalb der 97. Perzentile. Dies entspricht 57,8 % der Kinder mit starken Veränderungen des CI vor der Therapie. Posttherapeutisch lagen noch 217 Jungen und 77 Mädchen, also insgesamt 294 Kinder und dementsprechend 19,2 % der behandelten Kinder, oberhalb der 97. Perzentile. Die Auswertung zeigt, dass insgesamt 66,8 % der Kinder nach der Behandlung mindestens einen Perzentilensprung unterhalb der 97. Perzentile erreicht hatten.

Es fällt auf, dass sowohl bei den betroffenen Mädchen als auch Jungen vor der „Helmtherapie“ mehr als zwei Drittel der Kinder Extremwerte oberhalb der 97. Perzentile aufwiesen. Durch die Therapie ist es zu einer deutlichen Angleichung an die Norm gekommen, wobei trotzdem ca. zwei Drittel der Kinder weiterhin oberhalb der 75. Perzentile zu finden sind und somit insgesamt weiter kürzere Köpfe als die „Normgruppe“ aufweisen.

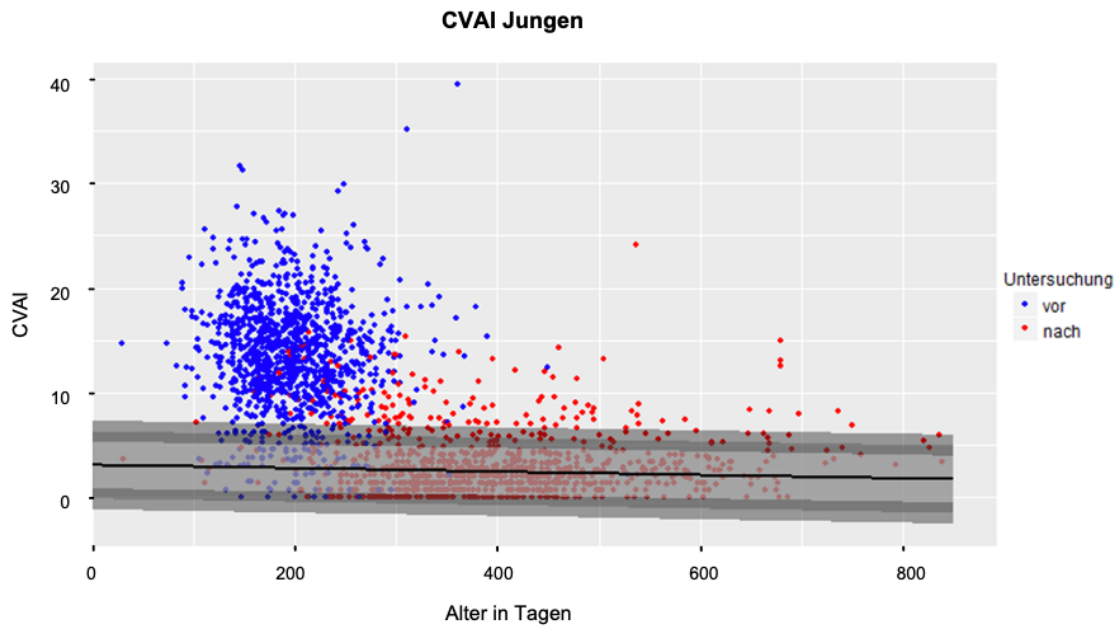
### 3.2.4 Ergebnisse Cranial Vault Asymmetry Index (CVAI)

Der Cranial Vault Asymmetry Index (CVAI) gibt das Verhältnis der Schädeldiagonalen zueinander wieder. Er errechnet sich aus der Differenz der gemessenen Schädeldiagonalen zueinander, geteilt durch die kürzere Diagonale multipliziert mit Hundert. Er ist somit der Index für den Grad der Asymmetrie des kindlichen Kopfes, sprich einer einseitigen Abflachung des Hinterkopfes mit oder ohne kontralaterale frontale Beteiligung. Loveday und de Chalain gaben 2001 bereits an, dass ein CVAI von 0 % den perfekt symmetrischen Kopf widerspiegeln würde. Sie legten eine Abweichung des CVAI von  $> 3,5$  % als Grenzwert für eine signifikante Schädelasymmetrie mit einseitiger Abflachung fest (Loveday and de Chalain 2001).



**Abbildung 22:** Normperzentilen Cranial Vault Asymmetry Index Mädchen vor (blau) und nach (rot) Helmtherapie.

## Ergebnisse



**Abbildung 23:** Normperzentilen Cranial Vault Asymmetry Index Jungen vor (blau) und nach (rot) Helmtherapie.

**Tabelle 5:** Verbesserung der Asymmetrie (CVAI) abhängig vom Schweregrad vor der Therapie.

	>75. Perzentile vor Helm- therapie	>75. Perzentile nach Helm- therapie	>90. Perzentile vor Helm- therapie	>90. Perzentile nach Helm- therapie	>97. Perzentile vor Helm- therapie	>97. Perzentile nach Helm- therapie
<b>CVAI</b> (n=1531)	1036 m 394 f Σ n=1430 (93,4 %)	339 m 133 f Σ n=472 (30,8 %)	1001 m 380 f Σ n=1381 (90,3 %)	166 m 53 f Σ n=219 (14,3 %)	983 m 370 f Σ n=1353 (88,4 %)	127 m 40 f Σ n=167 (10,9 %)
<b>Δ</b> <b>p-Wert</b>	Δ Gruppe (CVAI) = 67,0 % p<0,01		Δ Gruppe (CVAI) = 84,1 % p<0,01		Δ Gruppe (CVAI) = 87,7 % p<0,01	

Im Rahmen unserer Messungen hatten von den 1531 Kindern prätherapeutisch 1430 einen CVAI oberhalb der 75. Perzentile, davon 1036 männliche und 394 weibliche Kinder. Dies entspricht insgesamt 93,4 % der in die Studie eingeschlossenen Probanden. Nach Abschluss der Therapie lagen bezogen auf den errechneten CVAI noch 472 Kinder (339 Jungen und 133 Mädchen), also 30,8 % der behandelten Kinder, oberhalb der 75.

Ergebnisse

Perzentile. Insgesamt konnten also 67,0 % der therapierten Kinder nach Abschluss der Therapie unterhalb der 75. Perzentile gefunden werden.

Oberhalb der 90. Perzentile, also mit einer moderaten Deformität, konnten 1381 Kinder identifiziert werden – davon 1001 Jungen und 380 Mädchen. Hierbei handelt es sich somit um 90,3 % der in die Studie integrierten und therapierten Kinder. Posttherapeutisch lagen noch 14,3 %, also insgesamt 219 Kinder, hiervon 166 Jungen und 53 Mädchen, oberhalb der 90. Perzentile. Durch die Therapie konnte also bei 84,1 % der Kinder mit einem CVAI oberhalb der 90. Perzentile ein Perzentilensprung unterhalb der 90. Perzentile erwirkt werden.

Bei Beginn der „Helmtherapie“ lagen insgesamt 1353 Kinder mit dem errechneten CVAI oberhalb der 97. Perzentile, davon 983 Jungen und 370 Mädchen. Dies entspricht insgesamt 88,4 % der Kinder, die mit einer schweren Asymmetrie in die Therapie mit individueller Orthese starteten. Nach Abschluss der Therapie konnten lediglich noch 127 Jungen und 40 Mädchen, also insgesamt 167 Kinder, oberhalb der 97. Perzentile identifiziert werden. Dies sind 10,9 % der Kinder mit verändertem CVAI. Somit hatten 87,7 % einen Perzentilensprung durch die vorangegangene Therapie geschafft.

Bei der Auswertung der kindlichen Kopfasymmetrie mit dem CVA und dem CVAI fällt auf, dass die Anzahl der behandelten Kinder mit beiden Messmethoden weitestgehend identisch ist. Trotzdem zeigen sich bei einem Vergleich der posttherapeutischen Verbesserungen der kindlichen Schädelasymmetrie bessere Werte in der Gruppe des Cranial Vault Asymmetry Index. Dies bedeutet, dass trotz gleicher Therapie vermeintlich ein besseres Endergebnis erreicht wurde.

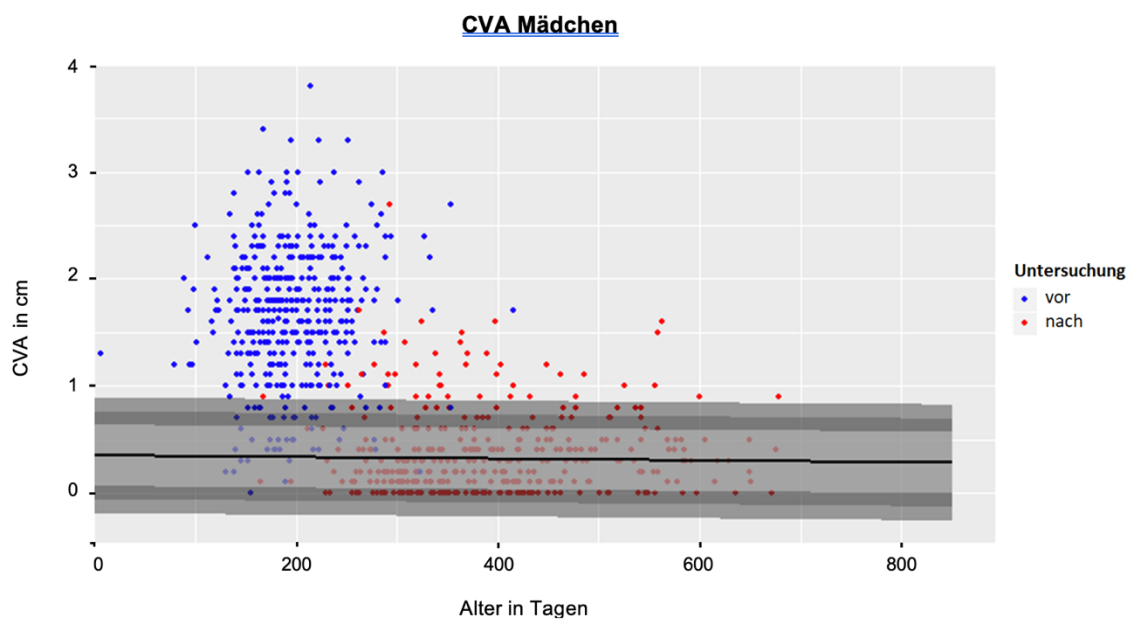
Des Weiteren zeigt sich, dass der Großteil der Kinder vor der Therapie mit individueller Orthese deutlich oberhalb der 97. Perzentile im Vergleich zur kindlichen Norm zu finden sind. Dies bedeutet, dass nicht nur eine dezente Abweichung der Norm vor der Therapie zu verzeichnen ist, sondern dass mit durchschnittlichen Werten des CVAI von um die 15 % massive Abweichungen vorlagen.

Nach Beendigung der Therapie hatten insgesamt zwei Drittel der mit individueller Kopforthese behandelten Kinder den Sprung unter die 75. Perzentile der „Gießener Norm“ geschafft.

## Ergebnisse

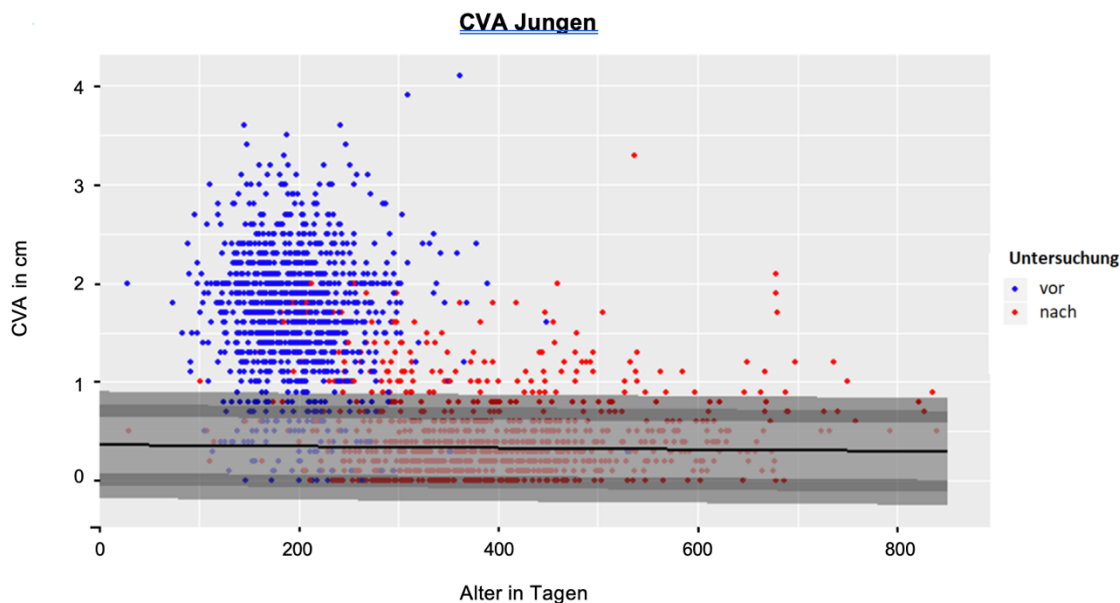
### 3.2.5 Ergebnisse Cranial Vault Asymmetry (CVA)

Die errechnete Cranial Vault Asymmetry (CVA) beschreibt die Differenz der längsten und kürzesten Schädeldiagonale zueinander und spiegelt somit die absolute Asymmetrie des kindlichen Kopfes wider. Moss und Mortensen hatten 1997 eine Schädelasymmetrie mit einem  $CVA \leq 12$  mm als mild bis moderat festgelegt. Betrachtet man nun erneut die Kinder vor der Behandlung mit einer Koporthese, zeigen unsere Vergleichsgraphen eine deutliche Abweichung der Norm. Nach der Therapie gleichen sich die anthropometrisch erhobenen Messparameter der Norm an.



**Abbildung 24:** Normperzentilen Cranial Vault Asymmetry Mädchen vor (blau) und nach (rot) Helmtherapie.

## Ergebnisse



**Abbildung 25:** Normperzentilen Cranial Vault Asymmetry Jungen vor (blau) und nach (rot) Helmtherapie.

**Tabelle 6:** Verbesserung der Asymmetrie (CVA) abhängig vom Schweregrad vor der Therapie.

	>75. Perzentile vor Helm- therapie	>75. Perzentile nach Helm- therapie	>90. Perzentile vor Helm- therapie	>90. Perzentile nach Helm- therapie	>97. Perzentile vor Helm- therapie	>97. Perzentile nach Helm- therapie
<b>CVA</b> (n=1531)	1036 m 393 f ∑ n=1429 (93,3 %)	357 m 148 f ∑ n= 505 (33,0 %)	1012 m 382 f ∑ n= 1394 (91,1 %)	183 m 56 f ∑ n= 239 (15,6 %)	990 m 371 f ∑ n= 1361 (88,9 %)	152 m 45 f ∑ n= 197 (12,9 %)
<b>Δ</b> <b>p-Wert</b>	Δ Gruppe (CVA) = 64,7 % p<0,01		Δ Gruppe (CVA) = 82,9 % p<0,01		Δ Gruppe (CVA) = 85,5 % p<0,01	

Im Rahmen dieser Studie lagen 1429 Kinder mit dem CVA oberhalb der 75. Perzentile. Hiervon waren 1036 Kinder männlich und 393 weiblich. Das heißt, dass unabhängig vom Geschlecht von den insgesamt 1531 Kindern 93,3 % eine therapiebedürftige Auffälligkeit des CVA oberhalb der 75. Perzentile aufwiesen. Nach Beendigung der Therapie lagen insgesamt noch 505 Kinder, also 33 % der Kinder, die an dieser Studie teilnahmen, oberhalb der 75. Perzentile. Hiervon waren 357 männlich und 148 weiblich. Insgesamt

## Ergebnisse

befinden sich also 64,7 % der behandelten Kinder mit dem CVA nach der Therapie unterhalb der 75. Perzentile.

Von der Gesamtzahl der Kinder waren insgesamt 1394, also 91,1 %, mit dem CVA oberhalb der 90. Perzentile, hierbei handelte es sich bei 1012 um Jungen und bei 382 um Mädchen. Im Rahmen der anthropometrischen Abschlussmessung nach der Therapie lagen nur noch insgesamt 239 Kinder oberhalb der 90. Perzentile. Hiervon waren 183 männlich und 56 weiblich. Dies bedeutet, dass sich die Kopfform von insgesamt 82,9 % der Kinder, die bei Therapiebeginn oberhalb der 90. Perzentile lagen, nach Beendigung der Therapie unterhalb der 90. Perzentile befand.

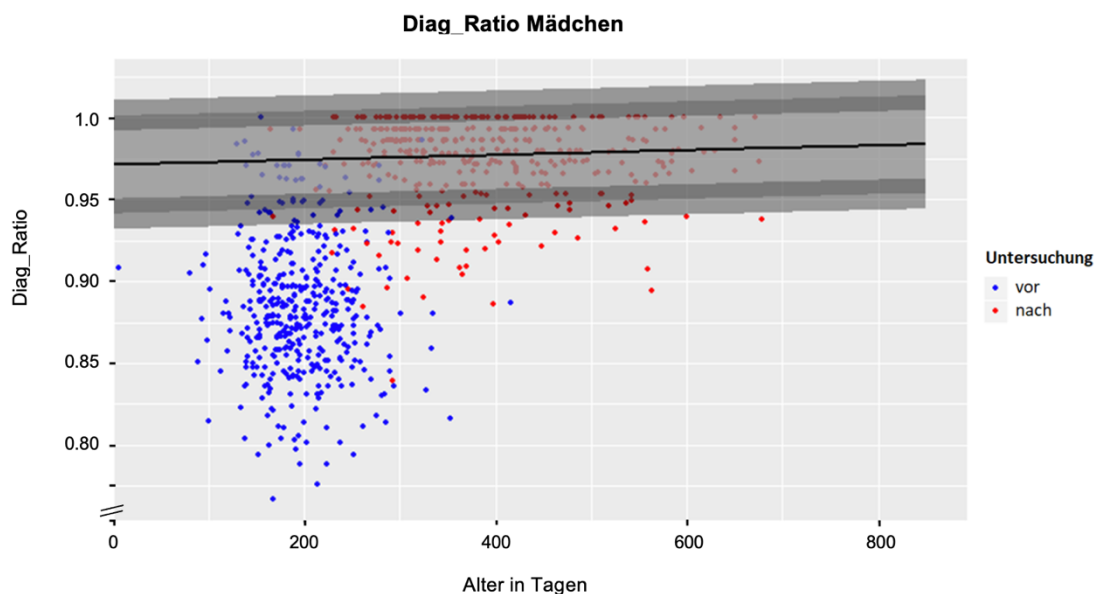
Oberhalb der 97. Perzentile waren prätherapeutisch insgesamt 1361 Kinder. Davon waren 990 männlich und 371 weiblich. Das heißt, dass 88,9 % der in dieser Studie integrierten Kinder vor der Therapie mit individueller Kopforthese einen CVA oberhalb der 97. Perzentile hatten. Dieses Patientenkollektiv ist also mit einer schweren Deformität in die „Helmtherapie“ gestartet. Von diesen 1361 Kindern waren posttherapeutisch nur noch 197 oberhalb der 97. Perzentile, hierbei handelte es sich um 152 Jungen und 45 Mädchen. Dies bedeutet, dass lediglich 12,9 % der behandelten Kinder nach Abschluss der Therapie noch eine Cranial Vault Asymmetry oberhalb der 97. Perzentile hatten und somit weiterhin mit einer schweren Deformität einzustufen waren. Von den insgesamt 88,9 % der Kinder mit einem CVA oberhalb der 97. Perzentile schafften 85,5 % posttherapeutisch den Sprung in eine niedrigere Perzentile.

Hierbei handelt es sich um die Verbesserung bezogen auf jeweils eine Perzentile (75., 90., 97.). Zusammengefasst bedeutet es aber auch, dass prätherapeutisch von den insgesamt 1531 Kindern bei 1361 Kindern eine schwere Asymmetrie des Kopfes vorlag. Nach Beendigung der Therapie fanden sich lediglich 505 Kinder noch oberhalb der 75. Perzentile. Kinder, die mit ihren Messwerten unterhalb der 75. Perzentile liegen, werden im Abgleich mit den „Gießener Normperzentilen“ als „normal“ klassifiziert und benötigen keine Therapie mit individueller Kopforthese.

Ergebnisse

### 3.2.6 Ergebnisse Diag\_Ratio

Die Diag\_Ratio ist eine weitere Form der Darstellung der kindlichen Schädelasymmetrie. Hierbei wird die kürzere Schädeldiagonale (A) durch die längere Schädeldiagonale (B) geteilt. Somit hätte der perfekt symmetrische Kopf einen Wert von 1. Verglichen mit den vorherigen, errechneten Parametern zur Darstellung des Ausmaßes der Schädelasymmetrie, also dem Cranial Vault Asymmetry Index und der Cranial Vault Asymmetry, zeigt sich hier ebenfalls bei den Kindern vor der Therapie eine massive Abweichung von der Schädelnorm mit Messwerten deutlich unterhalb der 3. Perzentile. Nach der Therapie mit einer individuellen Kopforthese gleichen sich die Werte – wie zu erwarten – auch hier deutlich der Norm an.



**Abbildung 26:** Normperzentilen Diag\_Ratio Mädchen vor (blau) und nach (rot) Helmtherapie.

Ergebnisse

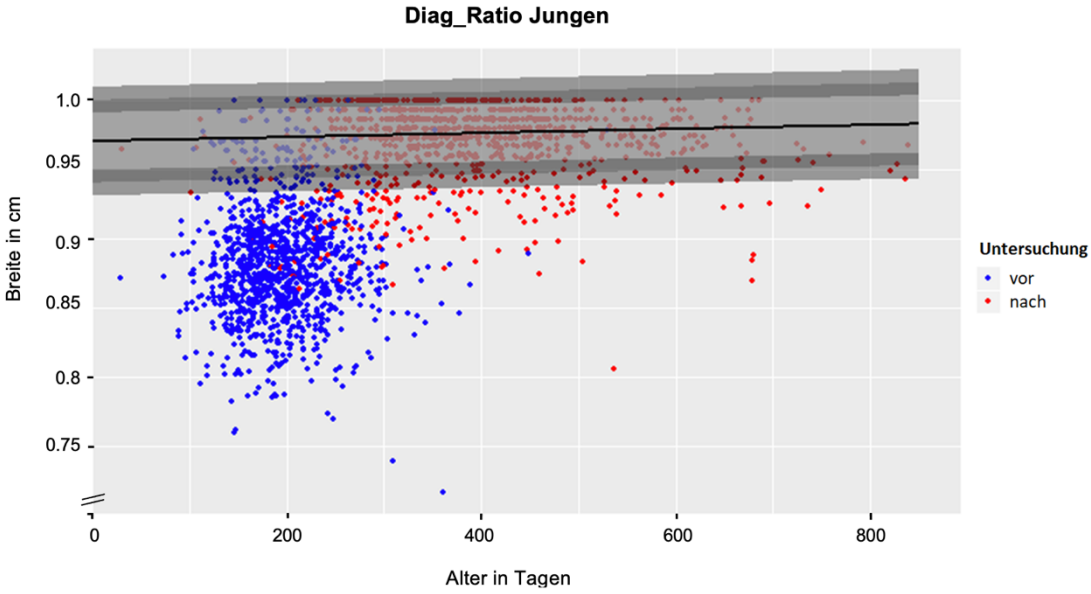


Abbildung 27: Normperzentilen Diag\_Ratio Jungen vor (blau) und nach (rot) Helmtherapie.

## **4 Diskussion**

### **4.1 Diskussion der Hauptzielparameter**

In den letzten Jahren kam es weltweit zu einer Zunahme kindlicher lagerungsbedingter Schädeldeformitäten. Als Ursache hierfür gilt die 1992 durch die American Academy of Pediatrics ins Leben gerufene „back to sleep campaign“. Eine Empfehlung zur Prävention des plötzlichen Kindstodes ist unter anderem die Lagerung der Kinder auf dem Rücken. Folgend wurde von verschiedenen Studiengruppen eine Zunahme der lagerungsbedingten Schädeldeformitäten beobachtet (Kane, Lo et al. 1996, Turk, McCarthy et al. 1996). Seit Auftauchen dieser zunehmenden Problematik gab es verschiedene Therapieansätze zur Korrektur der Deformitäten. Anfänglich erfolgten ausgedehnte chirurgische Korrekturen – wie sie bei synostotischen Schädeldeformitäten, also zum Eröffnen frühzeitig verschlossener Schädelnähte, durchgeführt werden. Schnell wurde man sich einig, dass dies bei nicht synostotischen Schädeldeformitäten nicht das richtige Therapiekonzept darstellt (Cavadas and Alvarez-Garijo 1997). Korrekturen des Plagio- und Brachycephalus mit individuellen, modellierenden Kopforthesen wurden Ende der siebziger Jahre erstmals durch Clarren et al. beschrieben (Clarren, Smith et al. 1979). Ende der neunziger Jahre wurden die ersten Vorstellungen von Patienten mit lagerungsbedingten Schädeldeformitäten in Gießen dokumentiert. Die Therapie mit individueller Koporthese wurde ab 2003 zunehmend angeboten und durchgeführt. Von einer standardisierten Therapieform bei Kindern mit lagerungsbedingten Schädeldeformitäten kann seit dem Jahr 2005 gesprochen werden. Seit diesem Zeitpunkt werden jährlich mehr als 600 Kinder in der Sprechstunde für lagebedingte kindliche Schädeldeformitäten am Universitätsklinikum Gießen vorstellig.

Die Effektivität dieser Therapieform wurde bereits durch verschiedene Studiengruppen überprüft und publiziert. Im Jahr 2004 veröffentlichte die Arbeitsgruppe um Teichgraeber et al. eine Studie, bei der Kinder mit lagerungsbedingter Schädeldeformität in zwei Gruppen unterteilt wurden. Von insgesamt 428 in diese Studie eingeschlossenen Kindern wurden 132 durch Lagerungsmaßnahmen therapiert. Die restlichen 292 Kinder erhielten eine „Helmtherapie“. Im Vergleich zu der mit Lagerungsmaßnahmen therapierten Gruppe zeigte sich eine deutlichere Besserung der Kopfform nach der Therapie mit einer

## Diskussion

Kopforthese. Des Weiteren erzielte die Korrektur des Plagiocephalus bessere Ergebnisse als die des Brachycephalus (Teichgraber, Seymour-Dempsey et al. 2004).

Eine weitere Studiengruppe um Graham et al., die sich mit der Therapie des „Liegeschädels“ beschäftigt, publizierte 2005 ebenfalls eine Vergleichsstudie, bei der Lagerungsmaßnahmen und eine Therapie der individuellen, modellierenden Kopforthese gegenübergestellt wurden. Bei der Untersuchung erfolgte keine Differenzierung in Mädchen und Jungen. Es wurde lediglich ein kleines Patientenkollektiv von insgesamt 298 Kindern untersucht. Von den behandelten und in die Studie inkludierten Kindern erhielten 122 der Kinder eine Helmtherapie und 176 Kinder Lagerungsmaßnahmen zur Korrektur der lagerungsbedingten Schädelasymmetrie. Zusammenfassend beschrieben die Kollegen insgesamt ein besseres Ergebnis durch die Therapie mit Helm im Vergleich zu reinen Lagerungsmaßnahmen. Bei schweren Formen des Brachycephalus wäre der Helm eindeutig einer Therapie mit kindlicher Lagerung vorzuziehen. Weiterhin empfahlen sie vor allem bei der Therapie des Brachycephalus einen frühen Therapiebeginn, um bessere Ergebnisse zu erzielen. Präventiv sollte auf eine Lagerung des kindlichen Kopfes bei Rückenlagerung vermehrt geachtet werden (Graham, Gomez et al. 2005, Graham, Kreutzman et al. 2005).

Der Erfolg der Helmtherapie verglichen mit einer konservativen Therapie in Form von Lagerungsmaßnahmen oder Lagerungsmaßnahmen kombiniert mit Physiotherapie war Inhalt einer Untersuchung aus Chicago um die Arbeitsgruppe von Steinberg et al. im Jahr 2015. Im Rahmen dieser Studie wurden 4378 Kinder mit lagerungsbedingten Schädeldeformitäten untersucht und in die Studie miteingeschlossen. Bei 3381 Kindern erfolgte eine konservative Therapie. Hiervon erzielten 77,1 % der Kinder ein gutes Ergebnis. Bei 15,8 % der Kinder (n=534) wurde das Behandlungskonzept während der Therapie geändert. Die Kinder erhielten eine Kopforthese. Nach Änderung der Therapieform und Beendigung der Therapie wiesen 96,1 % der Kinder ein gutes Ergebnis auf. Von den 997 mit Helm behandelten Kindern konnten nach Beendigung der „Helmtherapie“ 94,4 % ein gutes Ergebnis der Kopfform verzeichnen. Es handelte sich bei dieser Untersuchung um eine retrospektive nicht randomisierte Studie. Aus diesem Grund kritisierten Steinberg et al. selbst, dass eine Überlegenheit der beiden Therapieformen, also konservativ gegen „Helmtherapie“, im Vergleich aufgrund einer gewissen Vorauswahl nur eingeschränkt möglich ist. Bei früher Diagnosestellung und ohne Risikofaktoren, wie die Schwere der Deformität selbst, das Alter der Kinder,

## Diskussion

begleitende neuromuskuläre Beschwerden bzw. ein therapieresistenter Torticollis, sahen die Kollegen die konservativen Therapieansätze als sehr sinnvoll. Bei moderaten bis schweren Deformitäten, Kindern älter als 6 Monate oder neuromuskulären Begleiterkrankungen zeigten sich deutlich bessere Therapieerfolge als bei Kindern, die die lagerungsbedingte Deformität mit individueller Kopforthese behandelt bekommen hatten (Steinberg, Rawlani et al. 2015).

Als Reaktion auf die Studie von Steinberg et al. im Jahr 2015 folgte eine kritische Bewertung durch Lutterodt et al. ebenfalls 2015. Er sah bei einem Erfolg von 77,1 % der Kinder, bei denen frühzeitig eine konservative Therapie erfolgte, sowie aufgrund der hohen Kosten für den individuell gefertigten Helm im Kosten-Nutzen-Vergleich den Vorteil auf Seiten der konservativen Therapie. Der Nutzen der Helmtherapie wäre bewiesen, jedoch sollte sie den schweren Fällen und bei Komorbiditäten vorbehalten bleiben (Lutterodt, Sadri et al. 2015).

Bezogen auf die Korrektur des Brachycephalus mit einer modellierenden Kopforthese erfolgte 2018 eine große Studie durch Kelly et al., bei der 4205 Kinder mit isoliertem Brachycephalus therapiert wurden. Hierbei zeigte sich eine „Normalisierung“ der kindlichen Kopfform, also des Längen-Breiten-Verhältnisses durch das Errechnen des Cranial Index, bei 81,4 % der behandelten Kinder (Kelly, Joganic et al. 2018).

Eine Studie der niederländischen Forschungsgruppe um van Wijk et al. sah nahezu keinen Therapieerfolg in der Therapie mit individuellen Kopforthesen bei lagebedingten Schädeldeformitäten (van Wijk, van Vlimmeren et al. 2014). Die Erklärung hierfür und somit die Diskrepanz zu unseren Studienergebnissen sind im Studienmodell selbst zu finden. Die niederländischen Kollegen führten eine prospektive, randomisierte Studie mit weniger als 80 Kindern durch. Hiervon hatten 39 Kinder eine interventionelle Therapie mit einer Kopforthese erhalten und 41 Kinder wurden einer Kontrollgruppe zugeordnet, die durch Lagerung und Physiotherapie behandelt wurde. Zusätzlich wurden im Rahmen dieser Studie auch Einschränkungen in der Lebensqualität der behandelten Kinder und Nebenwirkungen während der Behandlung erfragt. Die Ergebnisse der mit „Helm“ therapierten Kinder waren – bezogen auf die Verbesserung der Schädeldeformität – im Vergleich zur Kontrollgruppe nahezu identisch. Im Vergleich zu Kindern, die mit Lagerungsmaßnahmen und Physiotherapie behandelt wurden, ergaben sich keine Einschränkungen der gesundheitsbezogenen Lebensqualität. Allerdings beklagten 100 %

## Diskussion

der Befragten Nebenwirkungen unter einer Helmtherapie. Am häufigsten wurden Hautirritationen, starkes Schwitzen, ein unangenehmer Geruch des Helmes oder die Behinderung beim Kuscheln mit den Kindern benannt. Nach Auswertung der Studienergebnisse gelangten die Kollegen zu dem Schluss, dass ohne deutlichen Therapieerfolg, bei einem hohen Nebenwirkungsprofil und aufgrund der hohen Kosten eine Therapie mit individueller Koporthese zur Korrektur eines moderaten und/oder schweren Liegeschädels in den häufigsten Fällen nicht indiziert sei (van Wijk, van Vlimmeren et al. 2014). Betrachtet man jedoch die Auswertungen, fällt auf, dass zum einen nur sehr wenige Kinder eine Therapie mit individueller Orthese erhalten hatten, gleichzeitig die Anzahl an unterschiedlichen Behandlern hoch war. Folglich ist die Aussagekraft zur „Helmtherapie“ wegen des kleinen Patientenkollektivs und der Vielzahl der Untersucher nur gering und die Ergebnisse dieser Studie nur bedingt als valide anzusehen. Verschiedene Studiengruppen fanden heraus, dass durch den Wechsel an Behandlern das Risiko für Komplikationen im Rahmen der Therapie erhöht ist. Auch bei der Indikationsstellung zur Therapie mit individueller Orthese anhand der anthropometrischen Schädelmessung mit Messzirkel und Maßband gibt es große Differenzen bei wechselnden Behandlern vor und während der Therapie (Wilbrand, Wilbrand et al. 2011, Freudlsperger, Bodem et al. 2015). Ein weiterer bedeutsamer Faktor, der laut van Wijk et al. gegen eine Therapie mit Koporthese spricht, war das hohe Nebenwirkungsprofil von 100 % unter laufender Therapie. In vergleichbaren Studien zur Evaluation von Komplikationen unter „Helmtherapie“ wurden lediglich bei 22,4 % der Kinder während der Behandlung Komplikationen, wie zum Beispiel Hautirritationen oder Druckstellen, dokumentiert (Wilbrand, Wilbrand et al. 2012).

Im Rahmen der hier vorliegenden Studie wurden insgesamt 2637 Kinder in der „Helmsprechstunde“ der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen untersucht. Hierbei wurde durch die Eltern ein Fragebogen nach vorangegangenen Therapien, einer Mehrlingsgeburt, einer Frühgeburtlichkeit und den subjektiv auffälligsten Merkmalen des kindlichen Kopfes erhoben. Im Anschluss daran erfolgte die anthropometrische Schädelmessung mit Maßband und Messzirkel. In diese Studie konnten insgesamt 1531 Kinder mit therapiebedürftiger Schädeldeformität eingeschlossen werden. Somit war es möglich, anhand eines großen Patientenkollektivs eine Bewertung der Therapie mit individueller Koporthese abzugeben. Des Weiteren wurde zwischen Mädchen und Jungen

## Diskussion

differenziert. Dies erscheint aufgrund der Größen- und Gewichtsdimensionen der Geschlechter sowie des oftmals unterschiedlichen Entwicklungsfortschritts sinnvoll.

In früheren Studien waren sogenannte „Normperzentilen“ für die ersten zwei Lebensjahre generiert worden. Dies bedeutet, dass gesunde Kinder ohne Auffälligkeiten in der Kopfform bezogen auf die verschiedenen Messparameter Länge und Breite und folgend den errechneten Indices für die Darstellung des Längen-Breiten-Verhältnisses und einer Schädelasymmetrie vermessen wurden, mit dem Ziel, „Normalwerte“ für die verschiedenen Parameter in Abhängigkeit des Alters zu erhalten. Somit ergab sich die bisher einzigartige Möglichkeit, nicht nur eine Bewertung der Helmtherapie an sich, sondern einen Vergleich zur „Norm“ in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht durchzuführen. Im Rahmen vergleichbarer Studien zur Erfolgskontrolle der Helmtherapie wurde der Therapieerfolg mit den gleichen Referenzwerten wie zur Indikationsstellung durchgeführt. Bei dieser Untersuchung sollte zusätzlich ein Vergleich zur Norm vor und nach der Therapie mit individueller Kopforthese erfolgen.

Die nach anthropometrischer Untersuchung erhobenen Daten und die im Vergleich zur Norm generierten Ergebnisse zeigen einen deutlichen Erfolg der Therapie mit individueller Kopforthese bei nicht synostotischen, asymmetrischen Deformitäten. Bei über 80 % der behandelten Kinder war es zu einer deutlichen Verbesserung der Schädeldeformität gekommen. 67 % der behandelten Kinder konnten nach der Therapie als „normal“ verglichen mit dem Normkollektiv bezeichnet werden. Dies entspricht auch den Ergebnissen anderer Untersuchungsgruppen, die sich mit dem Thema möglicher Behandlungstechniken nicht synostotischer Schädelasymmetrien beschäftigten (Teichgraber, Seymour-Dempsey et al. 2004, Graham, Gomez et al. 2005, Steinberg, Rawlani et al. 2015, Kelly, Joganic et al. 2018).

Im Vergleich zur Auswertung der plagiocephalen Schädeldeformitäten zeigen sich bei Kindern mit Brachycephalie, also einer symmetrischen occipitalen Abflachung des kindlichen Schädels, ebenfalls gute posttherapeutische Ergebnisse. Bei der reinen Brachycephalie handelt es sich um das Patientenkollektiv, bei dem ein vergrößerter Cranial Index vorliegt, d. h. Kinder, deren Schädel eine verminderte „Ovalität“ in der Kopfform aufweist.

Im Rahmen der Untersuchung konnten wir feststellen, dass bei Kindern mit prätherapeutisch starker Abweichung zur Norm, also Lokalisation deutlich oberhalb der

## Diskussion

97. Perzentile, posttherapeutisch eine stärkere Verbesserung in Richtung einer „Normalisierung“ zu verzeichnen ist. Dies bedeutet, dass ein starker Brachycephalus mit großer Wahrscheinlichkeit nach Vollendung der Therapie mit individueller Kopforthese eine verbesserte Kopfform aufweist.

Diese Ergebnisse decken sich mit denen anderer Forschungsgruppen. Eine Therapie lagebedingter Schädeldeformitäten scheint zur Korrektur von Asymmetrien im Sinne eines Plagiocephalus sehr vielversprechend. Die Korrektur eines Brachycephalus ist ebenfalls erfolgversprechend, wobei auch andere Studiengruppen zu dem Schluss kamen, dass dies mit der Schwere der prätherapeutischen Deformität korreliert (Teichgraber, Seymour-Dempsey et al. 2004).

Vergleicht man jedoch die Gruppe der gesunden Kinder mit denen mit diagnostizierter zentraler okzipitaler Abflachung, fällt auf, dass sich der Cranial Index nach den ersten zwölf Lebensmonaten deutlich verringert, sprich weiter „normalisiert“. Dies lässt uns schlussfolgern, dass bezogen auf die Thematik einer spontanen Korrektur ohne Therapie eine rein okzipitale, symmetrische Abflachung ein deutlich höheres Potenzial zur „Selbstkorrektur“ aufweist als lagebedingte asymmetrische Deformitäten. Eine Studiengruppe aus Gießen beschäftigte sich ebenfalls mit oben genannter These. Hierbei wurden über einen Zeitraum von 6 Monaten und im Rahmen einer Follow-up-Studie nach fünf Jahren behandelte wie auch nicht behandelte kindliche Köpfe anthropometrisch vermessen. Die Auswertung belegte oben genannte These, dass es bei Asymmetrien nicht regelhaft zu einer spontanen Rückbildung des lagebedingten Defektes lediglich durch Abwarten oder alternative Behandlungsansätze komme (Wilbrand, Lautenbacher et al. 2016). Im Jahr 2017 gelangte eine weitere Studiengruppe um van Vlimmeren et al. ebenfalls zu dem Schluss, dass bei isolierten brachycephalen Schädeldeformitäten ein nicht unerhebliches Maß an „Selbstkorrektur“ möglich ist, jedoch bei den asymmetrischen Deformitäten die Korrektur durch einen „Helm“ zum Ausgleich des Plagiocephalus sinnvoll ist (van Vlimmeren, Engelbert et al. 2017). Trotz allem zeigen sich bei der Korrektur schwerer Fälle einer brachycephalen Deformität, also bei Fällen, die sich prätherapeutisch oberhalb der 97. Perzentile befinden, deutliche Verbesserungen unter Anwendung einer individuellen Kopforthese. Aus diesem Grund halten wir den Nutzen der sogenannten „Helmtherapie“ bei schweren Fällen mit zentraler, symmetrischer okzipitaler Abflachung für gegeben. Da andere Forschungsgruppen wie zum Beispiel Van Wijk et al. (van Wijk, van Vlimmeren et al. 2014) zu diesem Thema

## Diskussion

andere Therapieansätze wie Lagerungsversuche und Physiotherapie empfehlen, sollten die Eltern der ggf. zu behandelnden Kinder ausführlich darüber aufgeklärt werden, dass bei einem isolierten Brachycephalus eine Spontanverbesserung zu erwarten ist, jedoch gerade bei schweren Deformitäten die Ergebnisse einer Korrektur mit einer individuellen Orthese ebenfalls erfolgversprechend sind (Graham, Gomez et al. 2005, Aihara, Komatsu et al. 2014, Wilbrand, Hagemes et al. 2014, Steinberg, Rawlani et al. 2015, Wilbrand, Lautenbacher et al. 2016, van Vlimmeren, Engelbert et al. 2017).

Eine Einschränkung unseres Studiendesigns zeigt sich im Patientenkollektiv, welches in die Studie miteinbezogen werden konnte. Es liegen ähnliche Einschränkungen wie bei der Studiengruppe Steinberg et al. vor, die bereits mit dem Problem der Vorselektion konfrontiert waren (Steinberg, Rawlani et al. 2015). Bereits vor der Erstvorstellung in der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer und Gesichtschirurgie kommt es zu einer gewissen Selektion auf Grund der Zuweisung durch die niedergelassenen Pädiater. Es ist davon auszugehen, dass bei Kindern mit erfolgreichen vorangegangenen Therapieversuchen wie z.B. Physiotherapie, Lagerungstechniken und Osteopathie keine Überweisung erfolgte. Dies wird im Rahmen dieser Studie nicht untersucht oder reflektiert. Bei den in die Studie integrierten kleinen Patienten wurden über den Elternfragebogen vorangegangene Therapieversuche zwar erfragt, jedoch ist eine Aussage über den Erfolg dieser vorangegangenen nicht-orthetischen Behandlungsansätze insgesamt nicht möglich, da es sich lediglich um subjektive Laieneinschätzungen handelt.

Dies hat aber keine Auswirkungen auf die Ergebnisse unserer Studie insgesamt. Der hier durchgeführte Vergleich von Kindern mit lagebedingten Schädeldeformitäten, die mittels individueller Orthese behandelt wurden, mit der kraniofazialen „Norm“ wird dadurch nicht oder nur geringfügig beeinträchtigt.

Da es sich bei dieser Studie um eine retrospektiv Studie handelt existiert keine vergleichbare unbehandelte Kontrollgruppe. Diejenigen Kinder, die nicht mit einer Kopforthese behandelt worden sind, zeigten signifikant unterschiedliche Ausgangsdeformitäten (Ergebnisse einer anderen Studie unseres Zentrums). Die Methodik der vorliegenden Arbeit selbst sollte deshalb kritisch betrachtet werden. Um dem Problem der fehlenden vergleichbaren Kontrollgruppe entgegenzuwirken, müsste prinzipiell eine prospektiv randomisierte Studie durchgeführt werden. Hierfür müssten jedoch Säuglinge mit therapiebedürftigem Plagio- und/oder Brachycephalus durch die

## Diskussion

Randomisierung unbehandelt bleiben. Eine Studie mit einigen methodischen Mängeln von van Wijk et al. aus dem Jahre 2014 weist diese Mängel auf und zeigt damit, dass das Studiendesign für eine solche Untersuchung technisch äußerst schwierig ist. Insbesondere wäre eine solche Studie jedoch aus ethischer Sicht unmöglich sauber durchzuführen (van Wijk, van Vlimmeren et al. 2014).

Im Rahmen dieser Arbeit wurde die klinische Anwendbarkeit der Normperzentilen im Vergleich zu Kindern mit therapiebedürftiger Schädelasymmetrie überprüft. Die erhobenen Messwerte konnten so wie bei anderen bekannten Perzentilenkurven wie zum Beispiel Körperlänge und -gewicht sowie Kopfumfang auf die Normperzentilen übertragen werden. Im Anschluss war es möglich, die erreichten Perzentilen zu benennen. Es zeigte sich hierbei, dass alle Messparameter (Cranial Index, Cranial Vault Asymmetry Index oder Cranial Vault Asymmetry) der nach der ursprünglichen Schweregradklassifikation von Blecher et al. therapiebedürftigen nicht-synostotischen Schädelasymmetrien oberhalb der 75. Perzentile (und damit im behandlungsbedürftigen Bereich) lokalisiert sind (Blecher and Howaldt 1998).

In der Theorie scheint es also so zu sein, dass mit Übergabe der Normperzentilen an weitere Behandler der klinischen Anwendbarkeit nichts im Wege steht. Das Problem, das sich stellt, liegt in der Möglichkeit zur Erhebung der jeweiligen Messparameter und somit einer objektiven, reproduzierbaren Möglichkeit, den Grad der kindlichen Deformität des Kopfes festzuhalten. Zur Gewinnung der Messwerte gibt es unterschiedliche Möglichkeiten. Die Methode der anthropometrischen Messung mit Messzirkel und Maßband ergab in Studien eine hohe Genauigkeit und Reproduzierbarkeit (Wilbrand, Wilbrand et al. 2011). Um somit reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten, müsste die Messung folglich durch geschultes Personal durchgeführt werden, sonst bestünde die Gefahr von Fehlmessungen. Die Problematik, dass Kinder mit therapiebedürftigen Schädeldeformitäten nicht erkannt oder zu spät überwiesen würden, wäre lediglich verschoben, bestünde aber noch immer. Da das Vermessen des kindlichen Kopfes mit einem Messzirkel jedoch nicht standardmäßig in den niedergelassenen Praxen durchgeführt wird, ergibt sich somit ein neues Problem.

Eine weitere Möglichkeit zur Vermessung und im Anschluss Übertragung der Messwerte auf die Normperzentilen stellt die „Plagiocephalometry“ dar. Dies ist die Messmethode, bei der ein thermoplastischer Ring an der größten Zirkumferenz des kindlichen Schädels

## Diskussion

angelegt, anmodelliert und nach Aushärtung abgenommen wird. Dieser kann im Anschluss in Länge, Breite und den jeweiligen Schädeldiagonalen ausgemessen werden, um die jeweiligen Indices zu errechnen. Prinzipiell ist dieses System einfach in der Anwendung. Jedoch sollte auch in diesem Fall die Festlegung der Referenzpunkte durch einen geschulten Behandler erfolgen, um Messungenauigkeiten zu minimieren (van Adrichem, van Vlimmeren et al. 2008). Dementsprechend könnte es auch hier Probleme bei der Gewinnung repräsentativer und reproduzierbarer Messwerte geben, was ebenfalls zu einer Einschränkung in der klinischen Anwendbarkeit führt.

Auch eine bekannte und häufig angewendete Möglichkeit zur Vermessung des kindlichen Kopfes bietet die 3-D-Fotoanalyse. Dabei ist es ohne „Verwackelungsartefakte“ durch die jungen Patienten möglich, anhand festgelegter Orientierungspunkte die Messwerte zum Errechnen der Kopfindices zu erhalten. Ein weiterer Vorteil wäre in diesem Fall die Option, auch ohne Anwesenheit des Kindes die Bilder durch einen erfahrenen Behandler auswerten zu lassen. Ein Nachteil besteht in dem benötigten Platzangebot, das zum Aufbau der notwendigen Gerätschaften unabdingbar ist, sowie in den hohen Anschaffungskosten (Atmosukarto, Shapiro et al. 2010, Schaaf, Malik et al. 2010).

Zusammengefasst stellen die Normperzentilen prinzipiell auch für „nicht spezialisierte Behandler“ ein gutes und nutzbares Instrument zur Einschätzung des Schweregrades kindlicher Schädeldeformitäten und folgend der Notwendigkeit einer weiterführenden Therapie dar. Die Anwendbarkeit bleibt jedoch vorerst auf spezialisierte Zentren beschränkt, da zur richtigen Einschätzung des Schweregrades der Deformität und zur Indikationsstellung einer Therapie mit individueller Orthese erfahrene Untersucher zur Generierung der Messparameter notwendig sind (Wilbrand, Wilbrand et al. 2011, Freudlsperger, Bodem et al. 2015).

Perspektivisch müsste somit das Problem der „Unerfahrenheit“ bezogen auf die Erhebung der Messwerte, das folgende Errechnen des Cranial Index, des Cranial Vault Asymmetry Index und der Cranial Vault Asymmetry sowie das Übertragen der Werte auf die Normperzentilen behoben werden. Danach wäre es möglich, die betroffenen Kinder einem Spezialzentrum und folgend einer weiterführenden Therapie zuzuführen.

Bei der Auswertung der Kinder mit asymmetrischer Schädeldeformität, also einem Plagiocephalus oder einer Kombination aus Plagio- und Brachycephalus, fiel eine Besonderheit der Auswertung der kranialen Asymmetrie mit dem Cranial Vault

## Diskussion

Asymmetry Index und der Cranial Vault Asymmetry auf. Beide Indices beschreiben den Grad der Symmetrie bzw. Asymmetrie des kindlichen Kopfes. Dementsprechend liegen bei der Identifikation der insgesamt betroffenen Kinder weitestgehend gleiche Ausgangswerte für den CVA und CVAI oberhalb der 75. Perzentile vor. Nach erfolgter Therapie hatten noch 505 Kinder einen CVA oberhalb der 75. Perzentile und lediglich 472 Kinder einen CVAI oberhalb der 75. Perzentile. Dies bedeutet, dass wenn als identifizierender Messparameter der Schädelasymmetrie der CVAI angewendet wird, mehr Kinder nach der Therapie eine normale Kopfform aufweisen als bei der Auswertung nach CVA. Wird sich jedoch genauer mit dem Cranial Vault Asymmetry Index beschäftigt, fällt auf, dass sich dieser mit der Zunahme der transkranialen Diagonalen verbessert, obwohl die absolute Asymmetrie unverändert bleibt (Steinberg, Rawlani et al. 2015). Dies bedeutet, dass mit zunehmendem Wachstum des Kopfes und somit auch der Zunahme der gemessenen Diagonalen trotz gleichbleibender absoluter Asymmetrie eine Verbesserung des Cranial Vault Asymmetry Index zu erwarten ist. Oftmals wird der Grad der Asymmetrie lediglich mit dem CVAI erhoben. Dieser normalisiert sich wie oben beschrieben „von allein“ im Rahmen des normalen Kopfwachstums, das heißt bei zunehmendem Alter der kleinen Patienten. Im Vergleich dazu bleibt ein absolut gemessener Wert, also der CVA, auch bei Zunahme der transkranialen Diagonalen unverändert und spiegelt somit den Schweregrad der Asymmetrie unabhängig vom Alter sowohl vor als auch nach einer Therapie wider. Demzufolge scheint es sinnvoll, bei der Frage nach spontaner „Heilung“ im Sinne einer Normalisierung oben genannter Indizes, ohne Therapie mit individueller Orthese, die Absolutwerte lagebedingter Asymmetrie zu berücksichtigen (Vles, Colla et al. 2000, Rogers, Miller et al. 2008, Wilbrand, Bierther et al. 2014, Wilbrand, Hagemes et al. 2014).

## **4.2 Diskussion Nebenzielparameter**

Ebenfalls Inhalt dieser Arbeit war die Befragung der Eltern der behandelten Kinder nach dem Vorstellungsgrund in einer Fachabteilung. Bei knapp zwei Dritteln der befragten Eltern war der Hauptgrund eine sichtbare Veränderung des Hinterkopfes. Für lediglich ein Fünftel der begleitenden Eltern war der Erstvorstellungsgrund der bemerkte „ear-shift“, also eine Verschiebung der Ohrachse. Ebenfalls ein Fünftel beklagte eine kontralaterale frontale Beteiligung und bei weniger als einem Zehntel wurde als subjektiver Grund eine Beteiligung des gesamten Gesichtes vermerkt.

## Diskussion

Die Thematik der Ursache einer Erstvorstellung wurde bisher in keiner Studie berücksichtigt. Trotzdem decken sich die Angaben des subjektiven Empfindens der Eltern mit dem durch Argenta generierten Klassifikationsmodell. Hierbei werden eine klinische Einteilung und somit auch die Empfehlung einer „Helmtherapie“ allein nach klinischem Erscheinungsbild der kleinen Patienten ausgesprochen (Argenta, David et al. 2004). Dies bedeutet, dass der Schweregrad, aber auch Alter und Geschlecht, vollkommen unberücksichtigt blieben. Argenta et al. bezogen sich lediglich auf die Veränderungen der Kopf- bzw. Gesichtsform. Studien, die die Verlässlichkeit dieses Systems überprüften, kamen zu dem Ergebnis, dass hierbei die klinische Aussagekraft deutlich eingeschränkt sei (Spermon, Spermon-Marijnen et al. 2008). Interessant ist in diesem Zusammenhang jedoch, dass dieses Modell zumindest für eine erste „Laieneinschätzung“ nicht vollständig untauglich zu sein scheint. Zumindest eine Einschätzung des Vorhandenseins eines möglichen Problems ohne Wissen über die Schwere des Problems ist somit möglich.

Ein weiterer Teil des Studienmodells beinhaltete die Befragung der Eltern bzgl. vorangegangener Therapieversuche. Als alternative Behandlungsansätze sind hier zum einen die Physiotherapie des Kindes, die die Beweglichkeit des kindlichen Kopfes verbessern soll (Loveday and de Chalain 2001), und zum anderen auch ein Therapieansatz mit Osteopathie zu erwähnen (Mills 2006).

Es existieren mehrere Empfehlungen verschiedener Arbeitsgruppen, die physiotherapeutische Behandlungen oder auch die spezielle Lagerung des kindlichen Kopfes als Teil einer adäquaten Therapie nicht synostotischer Deformitäten sehen (Moss 1997, Pollack, Losken et al. 1997, Neufeld and Birkett 2000). Auch die American Academy of Pediatrics empfiehlt zumindest als anfänglichen Therapieansatz die Durchführung von physiotherapeutischen Übungen. Betrachtet man die Ergebnisse der Elternbefragung, die bei der Erstvorstellung durchgeführt wurde, spricht dies eher gegen den Erfolg physiotherapeutischer Behandlungsansätze, denn weniger als 10 % der Behandlungsansätze hatten subjektiv zu einer Verbesserung der Beschwerden geführt. Diese Zahlen sind jedoch sehr kritisch zu werten, da diejenigen Kinder, bei denen vorangegangene Therapieversuche wie Physiotherapie eine Besserung hervorgerufen hatten, oftmals gar nicht erst vorstellig wurden. Die Befragung unterliegt daher einer deutlichen Vorauswahl und ist somit nur begrenzt aussagekräftig.

## Diskussion

Des Weiteren beinhaltete die Fragestellung lediglich die Auswertung der alternativen Behandlungsmethoden bezogen auf die mögliche Verbesserung der Kopfform. Unbeachtet blieb die Verbesserung der Beweglichkeit und somit der Grundstein für ein stabiles Ergebnis ohne zwanghafte Lagepräferenz des kindlichen Kopfes.

In der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen wird Eltern mit Kindern bis vier Lebensmonaten oder bei Vorliegen einer nach anthropometrischer Messung milden und ggf. auch moderaten Deformität empfohlen, vorerst physiotherapeutische Übungen und Lagerungsversuche durchzuführen. Hierfür bekommen Eltern eine Anleitung mit speziellen Dehnungsübungen bei einer Torticollis-Symptomatik ausgehändigt, die zur Verbesserung der Dehnbarkeit und Steigerung der Motorik durch Verlängerung der paravertebralen Muskulatur führen sollen (Blecher and Howaldt 1998, Morrison and Chariker 2006, Wilbrand, Seidl et al. 2013).



**Abbildung 28:** Dehnungsübungen zur Verbesserung der Mobilität der Halswirbelsäule (Wilbrand, Seidl et al. 2013).

Im Rahmen der Untersuchung fanden wir bei knapp einem Viertel der mit individueller Orthese behandelten Kinder auch eine Frühgeburtlichkeit. Im Jahr 2009 wurden insgesamt 45.988 Kinder mit einem Geburtsgewicht kleiner 2500 g lebend geboren.

## Diskussion

Bezogen auf die Gesamtzahl der im Jahr 2009 lebendgeborenen Kinder (n=665.126) entspricht dies 6,9 % aller Geburten (Statistisches Bundesamt 2014). Dies bedeutet, dass ungefähr jede zwanzigste Geburt eine „Frühgeburt“ war. Es bestätigt sich somit, dass Frühchen ein erhöhtes Risiko zur Bildung einer lagebedingten Schädeldeformität haben. Dies deckt sich mit den Ergebnissen anderer Studiengruppen, die ähnliche Schlussfolgerungen bzgl. der Einschätzung von Risikofaktoren und hier im Speziellen einer Frühgeburt mit Folge einer lagebedingten Schädelasymmetrie thematisieren (Branch, Kesty et al. 2015, Linz, Kunz et al. 2017). Eine weitere Studiengruppe, die diese Thematik aufgriff, waren Littlefield et al. im Jahr 1999. Im Rahmen ihrer Untersuchung waren sogar 65,5 % der behandelten Kinder mit geringem Geburtsgewicht (< 2500 g) oder als Frühchen zur Welt gekommen und erhielten die Indikation zur „Helmtherapie“ (Littlefield, Kelly et al. 1999). Ursächlich für das erhöhte Aufkommen scheinen nicht nur eine längere Immobilität der Kinder, sondern auch die Aushärtung des fetalen Knochens im Mutterleib zu sein. Erst in den letzten zehn Wochen der Schwangerschaft kommt es zur zunehmenden Verhärtung der Schädelkalotte. Somit steigt bei einem zu früh geborenen Kind sowohl peripartal aufgrund des erhöhten Risikos eines Geburtstraumas als auch postpartal lagerungsbedingt das Risiko, eine lagerungsbedingte Deformität zu erleiden (Fortune and Kitchen 1977, McPherson and Kriewall 1980, Kriewall, McPherson et al. 1981). Bezogen auf die Thematik des erhöhten Risikos zur Bildung eines „Liegeschädels“ bei „Frühchen“ erfolgte im Rahmen dieser Studie keine Differenzierung, in welcher Schwangerschaftswoche die betroffenen Kinder entbunden wurden. Es wurde lediglich durch den Elternfragebogen erhoben, ob der Säugling zu früh geboren wurde oder nicht. Hier könnte es in Zukunft sinnvoll sein, weitere Untersuchungen zu dieser Thematik durchzuführen.

### **4.3 Diskussion Nebenzielparameter Mehrlingsgeburt**

In Deutschland wurden im Jahr 2009 insgesamt 665.126 Kinder lebend geboren. Hiervon waren 1,7 % Mehrlinge. Dies entspricht einer Gesamtzahl von 11.286 Kindern (Statistisches Bundesamt 2021). Betrachtet man unsere Gesamtkohorte von 2637 Kindern, so liegt der Anteil an Mehrlingen mit n = 253 bei 9,6%. In der Gruppe aller therapierter Kinder war etwa jedes zwanzigste Kind, das eine Therapie mit einer individuellen Kopforthese erhielt, ein Mehrling. Damit liegt deren Anteil bei ca. 5%. Bekannt ist, dass eine intrauterine Zwangslage oder ein intrauterin vermindertes

## Diskussion

Platzangebot -wie dies zum Beispiel bei Mehrlingen der Fall ist- in der Folge eine Auffälligkeit der Schädelform hervorrufen kann (Joganic, Lynch et al. 2009, Rosenbaum T 2012, De Bock, Braun et al. 2017). Bereits 1998 beschrieben Littlefield et al. im Rahmen einer retrospektiven Untersuchung ein vermehrtes Aufkommen an Mehrlingskindern, die eine therapiebedürftige, lagebedingte Schädelasymmetrie aufwiesen. Im Rahmen der ihrerzeit durchgeführten Studie waren 8,6 % der Probanden Mehrlingskinder (Littlefield, Kelly et al. 1999). Auch eine Arbeitsgruppe um Losee et al. beschrieb ein erhöhtes Vorkommen von lagebedingten Schädelasymmetrien bei Mehrlingen. Von den in ihrer Studie aus dem Jahr 2007 eingeschlossenen 105 Kindern waren 12 % Zwillingskinder (Losee and Mason 2005). Branch et al. stellten im Jahr 2015 einen Anteil von 6,5 % für Zwillings- oder Drillingsgeburten in ihrer Gesamtkohorte fest (Branch, Kesty et al. 2015).

Im Vergleich zu anderen Studiengruppen, die sich mit dem erhöhten Vorkommen von Mehrlingen in Kohorten mit lagerungsbedingten Schädelasymmetrien beschäftigt haben, zeigen sich im Rahmen unserer Untersuchung vergleichbare, wenn auch insgesamt tendentiell etwas niedrigere Werte.

Erfolgt eine isolierte Betrachtung der Gruppe der inkludierten Mehrlinge, so zeigt jedes dritte Kind aus dieser Gruppe (30 % der Mehrlinge, 3,2 % der Gesamtkohorte von  $n = 2637$ ) anthropometrische Messparameter, die eine Therapie mit einer individuellen Kopforthese indizieren. Dies entspricht nur zum Teil dem erwarteten Ergebnis, dass bei vermindertem Platzangebot und folgend einer frühen Zwangslage die Anzahl an therapiebedürftigen Schädelasymmetrien zunimmt. Untersucht bzw. erfragt wurde in diesem Fall nicht, ob aufgrund der Mehrlingsgeburt vielleicht bereits im Vorfeld ein größeres Augenmerk auf die Beweglichkeit, die Entwicklung oder das Vorhandensein einer Zwangslage erfolgte. Die Folge könnte zum Beispiel ein frühzeitiger Beginn von alternativen Therapiemöglichkeiten wie Lagerungstechniken, Physiotherapie und Osteopathie sein. Dahingehend scheint unser Studienmodell keine klare Aussagekraft treffen zu können. Eine prospektive randomisierte Studie, die sich inhaltlich mit dieser Thematik beschäftigt, wäre aus wissenschaftlicher Sicht sinnvoll, ist jedoch praktisch – wie bereits erwähnt – nicht durchführbar.

#### 4.4 Aussicht

Durch die Ergebnisse dieser Studie, also den Vergleich der therapiebedürftigen Kinder mit lagebedingter Schädelasymmetrie zu den „Normkindern“, konnte der Erfolg einer Therapie mit individuell angepasster Koporthese zur Korrektur nicht synostotischer Schädeldeformitäten anhand zahlreicher Parameter festgestellt werden. In den medizinischen Zentren können somit Kinder bzw. deren Schädel anthropometrisch vermessen und diese Messergebnisse auf die „Normperzentilen“ übertragen werden. Es ist somit möglich, den Grad der Abweichung von der „Norm“ zu bestimmen.

Aktuell befindet sich eine App (mobile Anwendungssoftware), die auf jedem Smartphone installiert werden kann, in der Poliklinik und Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen in Erprobung. Ziel bzw. Wunsch wäre es hierbei, vor allem den Eltern ein Instrument an die Hand zu geben, durch das sie selbstständig eine Messung des kindlichen Schädels durchführen und folgend bei Unklarheiten oder Auffälligkeiten Kontakt zum Kinderarzt bzw. zu einem Spezialzentrum aufnehmen können. Notwendig ist hierbei die möglichst einfache sowie fehlerfreie Anwendbarkeit durch ungeschultes Personal. Ziel soll hierbei nicht der Ersatz des Kinderarztes oder Fachzentrums sein, sondern lediglich eine Entscheidungshilfe zur Vorstellung bei einem Spezialisten.

Im Rahmen der retrospektiven Studie mit 1531 Kindern war aufgefallen, dass alle Kinder, die nach Klassifikation durch Blecher et al. eine „Helmtherapie“ benötigten, im Vergleich zur „Norm“ allesamt mindestens oberhalb der 75. Perzentile zu finden waren. Der Großteil der zu therapierenden Kinder befand sich prätherapeutisch sogar oberhalb der 97. Perzentile. Folglich scheint es im Rahmen weiterer Untersuchungen sinnvoll, die generierten Normperzentilen nicht nur zur Verlaufskontrolle, sondern zur Entstehung eines neuen Klassifikationsmodells zur Schweregradeinteilung kindlicher lagebedingter Schädeldeformitäten zu nutzen.

Perspektivisch sollte ein weiteres Ziel die Prävention kindlicher Schädeldeformitäten sein. Hierzu ist ein Informationsfluss nicht nur der Fachdisziplinen untereinander, sondern auch mit den niedergelassenen Kinderärzten, Hebammen, Physiotherapeuten und Eltern notwendig. Wir sehen die Notwendigkeit einer breitflächigen Aufklärung. Ziel wäre es, im Sinne einer prophylaktischen Maßnahme zur Prävention der Entstehung kindlicher lagebedingter Schädeldeformitäten die Thematik im Zusammenhang mit der

Diskussion

kindlichen Lagerung in der Öffentlichkeit zu thematisieren, um frühzeitig Gegenmaßnahmen einleiten zu können.

## **5 Schlussfolgerung**

Mit dem Vergleich der kindlichen „Norm“ zu Kindern mit therapiebedürftiger lagebedingter Schädeldeformität vor und nach einer Therapie mit individueller Kopforthese konnte der Erfolg der „Helmtherapie“ erstmals in Abhängigkeit von Kindern mit normal geformtem Kopf quantifiziert werden.

Vor allem bei der Korrektur der plagiocephalen Veränderungen, also bei Störungen der Symmetrie des kindlichen Schädels, zeigte sich ein deutlicher Nutzen im Sinne einer „Normalisierung“ der Kopfform. Bei den behandelten Kindern lag meist eine schwere, wenigstens aber eine moderate Deformität vor. Schlussfolgernd legt dies nahe, dass bei einer Asymmetrie, die mindestens über der 90., jedoch sicher über der 97. Perzentile liegt, ein Erfolg der Therapie mit einer individuell angepassten Kopforthese, einem sogenannten „Helm“, zu erwarten ist.

Betrachtet man die Gruppe der brachycephalen Veränderungen, zeigen sich auch hier bei der Korrektur schwerer Veränderungen, also bei Messwerten oberhalb der 97. Perzentile, weitestgehend gute bis sehr gute Korrekturergebnisse. Kritisch in Bezug auf die Korrektur eines reinen Brachycephalus, auch eines schweren, ist ein gewisses Potenzial zur „Selbstkorrektur“ des Cranial Index im Rahmen des natürlichen kindlichen Kopfwachstums. Aufgrund der guten Ergebnisse ist die Therapie mit individueller Kopforthese eine Erfolg versprechende Therapiemöglichkeit. Eine ausführliche Aufklärung der Eltern der betroffenen Kinder über alternative Therapiemöglichkeiten wie Lagerung, Physiotherapie und Osteopathie, aber auch über den unterstützenden Effekt der Therapie mit individueller Kopforthese scheint dabei sinnvoll und notwendig.

## 6 Zusammenfassung

### 6.1 Deutsch

Seitdem im Jahr 1992 zur Prävention des plötzlichen Kindstodes die Empfehlung der Academy of Pediatrics veröffentlicht wurde, Säuglinge beim Schlafen auf dem Rücken zu lagern, ist weltweit eine deutliche Zunahme kindlicher lagebedingter Schädeldeformitäten zu verzeichnen. Eine bereits mehrfach untersuchte und erfolgreiche Therapieform ist die Korrektur der kindlichen Schädelform mittels individueller Koporthese. Hierbei wird dem Kopfwachstum eine Wachstumsrichtung vorgegeben, um eine Schädelasymmetrie oder okzipitale zentrale Abflachung auszugleichen.

Die Verfügbarkeit der Gießener Normperzentilen zur kindlichen Kopfform machte es nun erstmals möglich, Kinder mit abweichender Kopfform mit der „kraniofazialen Norm“ zu vergleichen und eine verlässliche Einschätzung asymmetrischer oder symmetrischer Schädeldeformitäten vor, während und nach einer Koporthesentherapie vorzunehmen.

Diese Studie vergleicht eine große Zahl von Kindern mit therapiebedürftigen, lagebedingten Schädeldeformitäten mit diesen Gießener Normperzentilen retrospektiv, da eine prospektive, randomisierte Studie an Säuglingen mit abnormalen Schädelformen nicht nur technisch schwierig, sondern insbesondere auch aus ethischer Sicht nicht durchführbar ist. In dieser Studie wurden deshalb über 1500 fortlaufend dokumentierte Fälle aus den Jahren 2009 bis 2014 hinzugezogen. Damit war die untersuchte Kohorte zu Beginn der Datensammlung die größte zu diesem Zeitpunkt untersuchte Gruppe und die Aussagekraft der erhobenen Daten erreicht ein hohes Maß an Validität.

In der Gruppe der behandelten Kinder mit asymmetrischer Kopfdeformität (nicht synostotischer Plagiocephalie) zeigte sich, dass 93,4 % (CVAI) und 93,3 % (CVA) der Kinder vor Therapiebeginn oberhalb der 75. Normperzentile lagen und damit zumindest leicht von der „Norm“ abwichen. Bei Therapieabschluss hatten 67 % (CVAI) und 64,7 % (CVA) der mit Koporthese therapierten Kinder den Sprung unter die 75. Perzentile geschafft und wiesen per definitionem normale anthropometrische Messparameter auf. Bei der Gruppe der mit einem nicht synostotischen „Kurzkopf“ (Brachycephalus) behandelten Kinder lagen prätherapeutisch 79,4 % der Kinder oberhalb der 75. Perzentile (CI), posttherapeutisch waren 31,0 % der behandelten Kinder unter die 75. Perzentile und

## Zusammenfassung

damit auf das Niveau normaler Messwerte gefallen. Es war somit keine behandlungsbedürftige Deformität mehr nachweisbar. Unsere Daten zeigen, dass sich Indices, die asymmetrische Schädeldeformitäten bewerten sollen, auch durch das physiologische Kopfwachstum verbessern, während dies für absolute Differenzen (CVA) nicht der Fall ist. Folglich sollte bei der Festlegung des Schweregrades eines Plagiocephalus die Einschätzung eher anhand absoluter als anhand relativer Parameter, wie zum Beispiel des CVAI, erfolgen.

Bei der Analyse der Nebenzielparameter zeigte sich, dass die Eltern der betroffenen Kinder intuitiv die Klassifikation nach dem äußeren Erscheinungsbild nutzen, also entsprechend dem Klassifikationsmodell von Argenta et al. (Argenta, David et al. 2004) zur „Laieneinschätzung“ einer lagebedingten Problematik der Kopfform. Die Frage nach vorausgegangenen, alternativen Behandlungsansätzen kann in diesem Studienmodell nur eingeschränkt beurteilt werden. Grund hierfür ist eine starke Selektion des behandelten Patientenkollektivs im Vorfeld der Erstvorstellung. Mehrlingsgeburten haben aufgrund des intrauterinen Platzmangels laut Studienlage ein erhöhtes Risiko zur Ausbildung eines „Liegeschädels“. Mit einem Anteil von 5,4 % an unserer Gesamtkohorte konnte dies im Rahmen unserer Studie nur bedingt bestätigt werden. Ursächlich hierfür ist am ehesten der oftmals frühere Beginn alternativer Therapiemaßnahmen.

Basierend auf den in dieser Studie erhobenen Daten ergibt sich perspektivisch die Möglichkeit, kindliche lagebedingte Schädeldeformitäten anhand der Gießener Normperzentilen alters- und geschlechtsgebunden zu klassifizieren. Durch den Vergleich „krank“ zu „gesund“ bzw. „in der Norm“ zu „außerhalb der Norm“ konnte die klinische Reliabilität der Normperzentilen überprüft werden. Diese haben sich damit in der klinischen Anwendbarkeit bewährt.

Artikel, die die Ergebnisse dieser Dissertation in englischer Sprache beinhalten, wurden 2012 im Journal of Pediatrics und 2017 im Journal of Neuropediatrics veröffentlicht (Wilbrand, Schmidtberg et al. 2012, Wilbrand, Kaps et al. 2017).

## 6.2 Englisch

In 1992 recommendations by the American Academy of Pediatrics have been published, which suggest placing babies in a supine position in order to prevent sudden infant death. Since then, the number of positional skull deformities has increased worldwide. A successful therapeutic option is to correct the respective skull deformity by an individual head orthosis. Hence, the head growth is directed by the orthosis in order to compensate skull asymmetry or central occipital flattening.

The „Giessen norm percentiles“ have enabled the comparison of a deviating head shape of an infant with the „craniofacial norm“ for the first time. Moreover, a reliable pre-, peri- and post-therapeutic assessment of asymmetrical or symmetrical skull deformities has been possible.

The study retrospectively compared a large number of children with positional head deformities undergoing orthotic therapy based on the „Giessen norm percentiles“, since prospective, randomized studies on infants with abnormal skull shape are both technically and ethically difficult to obtain. A total of 1500 consecutive cases from 2009 through 2014 were included. At the beginning of the data collection, the recruited cohort was the largest group investigated at this point of time, and the informative value of the collected data achieved a high degree of validity.

In children with an asymmetrical head deformity (non-synostotic plagiocephaly) it was found that 93,4 % (CVAI) and 93,3 % (CVA) of them were above the 75th percentile prior to therapy and thus at least slightly below the „norm“. At the end of treatment, 67 % (CVAI) and 64,7 % (CVA) of the children reached below the 75th percentile and, by definition, had normal anthropometric measurement parameters. In children with a non-synostotic „short head“ (brachycephaly), 79,4 % of them were pre-therapeutically above the 75th percentile (CI). Post-therapeutically 31,0 % of the respective children were below the 75th percentile and within a normal range. There was no longer any deformity present after orthotic therapy. Our data show that indices, which are supposed to evaluate asymmetrical skull deformities, also improve through physiological head growth, while this is not the case for absolute differences (CVA). Consequently, when determining the severity of plagiocephaly, the assessment should be based rather on absolute parameters than on relative parameters, such as the CVAI.

## Zusammenfassung

The analysis of the secondary study parameters revealed, that the involved parents intuitively classified their child's positional head deformity according to its external appearance, i.e. according to the classification model by Argenta et al. (Argenta, David et al. 2004). Any alternative treatment approaches could not be evaluated further within the present study concept due to a strong selection of the population prior to initial presentation. According to other studies, a multiple pregnancy increases the risk of the respective children in developing a „recumbent skull“ due to lack of intrauterine space. This could be confirmed to a limited extent in our study (5,4 %), which might be due to alternative and earlier started treatment options.

Based on the collected study data, the „Giessen norm percentiles“ enable future classifications of pediatric positional skull deformities. The clinical reliability and such the clinical usefulness of the norm percentiles were verified by comparison of the variables „sick“ versus „healthy“ and „within the norm“ versus „outside the norm“.

Results of the present thesis have been previously published in the Journal of Pediatrics, 2012 and the Journal of Neuropediatrics, 2017 (Wilbrand, Schmidtberg et al. 2012, Wilbrand, Kaps et al. 2017).

## **7 Abkürzungsverzeichnis**

AAP	American Academy of Pediatrics
SIDS	Sudden Infant Death Syndrome
CT	Computertomographie
MRT	Magnetresonanztomographie
CVA	Cranial Vault Asymmetry
CVAI	Cranial Vault Asymmetry Index
CI	Cranial Index

## 8 Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1:</b>	Die kindlichen Schädelnähte und -fontanellen. Modifiziert nach der Vorlage des „Atlas of human anatomy“ durch F.H. Netter 2006 (Netter 2006) .....	5
<b>Abbildung 2:</b>	Die parallelogrammförmige Deformierung bei lagebedingten Schädeldeformitäten versus die trapezförmige Deformierung bei Kraniosynostosen (Lambdanahtsynostose rechts) modifiziert nach Biggs 2003 (Biggs 2003). .....	6
<b>Abbildung 3:</b>	Plagiocephalus (links), Brachycephalus (Mitte) und Kombination aus Plagio- und Brachycephalus (rechts). Fotos zur Verfügung gestellt aus der Poliklinik und Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen.....	7
<b>Abbildung 4:</b>	CT eines Kleeblattschädels (Coronarnahtsynostose bds., Sagittalnahtsynostose, Metopikasynostose) mit 3-D-Rekonstruktion. 3-D-Aufsicht (links), 3-D-Frontalansicht (Mitte), CT axial Knochenfenster (rechts). Patientenfall aus der Sprechstunde der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen.....	8
<b>Abbildung 5:</b>	Screenshot einer 3-D-Fotografie (Vectra®) mit manuell eingefügten anthropometrischen Messpunkten. Patientenfall aus der Sprechstunde der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen.....	9
<b>Abbildung 6:</b>	Darstellung Rotation der Schädelbasis mit „ear-shift“ bei lagebedingter Schädeldeformität modifiziert nach Biggs 2003 (Biggs 2003).....	10
<b>Abbildung 7:</b>	Funktionsweise der Kopforthesentherapie. Patientenfall aus der Sprechstunde der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen. ....	12
<b>Abbildung 8:</b>	Klassifikationsmodell nach Argenta (Linz, Kunz et al. 2017).....	15
<b>Abbildung 9:</b>	Skelettale Referenzpunkte am kindlichen Schädel modifiziert nach Kelly und Littlefield 1999 (Kelly, Littlefield et al. 1999). ....	22
<b>Abbildung 10:</b>	Standardisierte Messung des Kopfumfanges. Patientenfall aus der Sprechstunde der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen. ....	23

## Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 11:</b>	Standardisierte Messung der Schädel­länge. Patientenfall aus der Sprechstunde der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen. ....	23
<b>Abbildung 12:</b>	Standardisierte Messung der Schädel­breite (der Messpunkt liegt bilateral 1 cm cranial des obs-Punktes). Patientenfall aus der Sprechstunde der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen. ....	24
<b>Abbildung 13:</b>	Standardisierte Messung der Schädel­diagonalen (Messpunkte sind der Frontotemporale(ft)-Punkt anterior und der Lambdoid(ld)-Punkt posterior). Patientenfall aus der Sprechstunde der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen. ....	25
<b>Abbildung 14:</b>	In der Untersuchung angewendete Indices zur Beschreibung der Schädel­deformität. ....	26
<b>Abbildung 15:</b>	Screenshot der Windows Access®-Datenbank. ....	27
<b>Abbildung 16:</b>	Normperzentilen Schädel­länge Mädchen vor (blau) und nach (rot) Helmtherapie. ....	32
<b>Abbildung 17:</b>	Normperzentilen Schädel­länge Jungen vor (blau) und nach (rot) Helmtherapie. ....	32
<b>Abbildung 18:</b>	Normperzentilen Schädel­breite Mädchen vor (blau) und nach (rot) Helmtherapie. ....	33
<b>Abbildung 19:</b>	Normperzentilen Schädel­breite Jungen vor (blau) und nach (rot) Helmtherapie. ....	33
<b>Abbildung 20:</b>	Normperzentilen Cranial Index Mädchen vor (blau) und nach (rot) Helmtherapie. ....	34
<b>Abbildung 21:</b>	Normperzentilen Cranial Index Jungen vor (blau) und rot (nach) Helmtherapie. ....	35
<b>Abbildung 22:</b>	Normperzentilen Cranial Vault Asymmetry Index Mädchen vor (blau) und nach (rot) Helmtherapie. ....	37
<b>Abbildung 23:</b>	Normperzentilen Cranial Vault Asymmetry Index Jungen vor (blau) und nach (rot) Helmtherapie. ....	38
<b>Abbildung 24:</b>	Normperzentilen Cranial Vault Asymmetry Mädchen vor (blau) und nach (rot) Helmtherapie. ....	40

## Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 25:</b> Normperzentilen Cranial Vault Asymmetry Jungen vor (blau) und nach (rot) Helmtherapie.....	41
<b>Abbildung 26:</b> Normperzentilen Diag_Ratio Mädchen vor (blau) und nach (rot) Helmtherapie.....	43
<b>Abbildung 27:</b> Normperzentilen Diag_Ratio Jungen vor (blau) und nach (rot) Helmtherapie.....	44
<b>Abbildung 28:</b> Dehnungsübungen zur Verbesserung der Mobilität der Halswirbelsäule (Wilbrand, Seidl et al. 2013).....	56

## 9 Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle 1:</b>	Klassifikation des Plagiocephalus und Brachycephalus nach Argenta (Argenta, David et al. 2004). ....	14
<b>Tabelle 2:</b>	Schweregradeinteilung lagebedingter Schädeldeformitäten nach Moss (Moss 1997). ....	15
<b>Tabelle 3:</b>	Schweregradeinteilung kindlicher Schädeldeformitäten, modifiziert nach Blecher et al. (Blecher and Howaldt 1998). ....	17
<b>Tabelle 4:</b>	Verbesserung des Längen-Breiten-Verhältnisses (CI) abhängig vom Schweregrad vor der Therapie. ....	35
<b>Tabelle 5:</b>	Verbesserung der Asymmetrie (CVAI) abhängig vom Schweregrad vor der Therapie. ....	38
<b>Tabelle 6:</b>	Verbesserung der Asymmetrie (CVA) abhängig vom Schweregrad vor der Therapie. ....	41

## 10 Literaturverzeichnis / Quellenangaben

AAP (1992). "American Academy of Pediatrics AAP Task Force on Infant Positioning and SIDS: Positioning and SIDS." Pediatrics **89**(6 Pt 1): 1120-1126.

Aihara, Y., K. Komatsu, H. Dairoku, O. Kubo, T. Hori and Y. Okada (2014). "Cranial molding helmet therapy and establishment of practical criteria for management in Asian infant positional head deformity." Childs Nerv Syst **30**(9): 1499-1509.

Argenta, L., L. David and J. Thompson (2004). "Clinical classification of positional plagiocephaly." J Craniofac Surg **15**(3): 368-372.

Argenta, L. C., L. R. David, J. A. Wilson and W. O. Bell (1996). "An increase in infant cranial deformity with supine sleeping position." J Craniofac Surg **7**(1): 5-11.

Atmosukarto, I., L. G. Shapiro, J. R. Starr, C. L. Heike, B. Collett, M. L. Cunningham and M. L. Speltz (2010). "Three-dimensional head shape quantification for infants with and without deformational plagiocephaly." Cleft Palate Craniofac J **47**(4): 368-377.

Beal, S. M. and C. F. Finch (1991). "An overview of retrospective case-control studies investigating the relationship between prone sleeping position and SIDS." J Paediatr Child Health **27**(6): 334-339.

Blecher, J. C. and H. P. Howaldt (1998). "[Treatment of non-synostotic head deformity in infants with dynamic orthosis]." Mund Kiefer Gesichtschir **2**(Suppl 1): S81-85.

Branch, L. G., K. Kesty, E. Krebs, L. Wright, S. Leger and L. R. David (2015). "Deformational plagiocephaly and craniosynostosis: trends in diagnosis and treatment after the "back to sleep" campaign." J Craniofac Surg **26**(1): 147-150.

Bredenkamp, J. K. and D. R. Maceri (1990). "Inflammatory torticollis in children." Arch Otolaryngol Head Neck Surg **116**(3): 310-313.

Bruneteau, R. J. and J. B. Mulliken (1992). "Frontal plagiocephaly: synostotic, compensational, or deformational." Plast Reconstr Surg **89**(1): 21-31; discussion 32-23.

Bundesamt, S. (2014). "Statistisches Bundesamt: 3.10: Lebend- und Totgeborene mit einem Geburtsgewicht von unter 2500 Gramm. Frühgeburten."

Bundesamt, S. (2021). "Statistisches Bundesamt: „Mehrlingsgeburten: Deutschland, Jahre, Art, der Mehrlingsgeburt“."

Bundesamt, S. (Bonn 2011). "Statistisches Bundesamt (Zw.St. Bonn). Anzahl der Gestorbenen (Todesursachenstatistik des StBa) absolut durch Plötzlichen Kindstod."

Bundesamt, S. (Wiesbaden 2011). "Statistisches Bundesamt: Bevölkerung und Erwerbstätigkeit: Zusammenfassende Übersicht Eheschließungen, Geborene und Gestorbene."

Bundesamt, S. (Wiesbaden 2011). "Statistisches Bundesamt: Lebendgeborene Insgesamt, Tabelle 6.1 Quelle N30."

Cabrera-Martos, I., M. C. Valenza, A. Benitez-Feliponi, C. Robles-Vizcaino, A. Ruiz-Extremera and G. Valenza-Demet (2013). "Clinical profile and evolution of infants with deformational plagiocephaly included in a conservative treatment program." Childs Nerv Syst **29**(10): 1893-1898.

Captier, G., D. Dessauge, M. C. Picot, M. Bigorre, C. Gossard, J. El Ammar and N. Leboucq (2011). "Classification and pathogenic models of unintentional postural cranial deformities in infants: plagiocephalies and brachycephalies." J Craniofac Surg **22**(1): 33-41.

Cavadas, P. C. and J. A. Alvarez-Garijo (1997). "Surgical correction of posterior plagiocephaly: original technique." Plast Reconstr Surg **99**(5): 1465-1466.

Clarren, S. K., D. W. Smith and J. W. Hanson (1979). "Helmet treatment for plagiocephaly and congenital muscular torticollis." J Pediatr **94**(1): 43-46.

Collett, B. R., E. H. Aylward, J. Berg, C. Davidoff, J. Norden, M. L. Cunningham and M. L. Speltz (2012). "Brain volume and shape in infants with deformational plagiocephaly." Childs Nerv Syst **28**(7): 1083-1090.

Collett, B. R., C. L. Heike, I. Atmosukarto, J. R. Starr, M. L. Cunningham and M. L. Speltz (2012). "Longitudinal, three-dimensional analysis of head shape in children with and without deformational plagiocephaly or brachycephaly." J Pediatr **160**(4): 673-678 e671.

De Bock, F., V. Braun and H. Renz-Polster (2017). "Deformational plagiocephaly in normal infants: a systematic review of causes and hypotheses." Arch Dis Child **102**(6): 535-542.

Dubé, K. and M. L. Flake (2003). "Early prevention. Occipital flattening of positional origin." Can Nurse **99**(1): 16-21.

Eppley, B. L. (2001). "Re: Helmet versus nonhelmet treatment in nonsynostotic positional posterior plagiocephaly." J Craniofac Surg **12**(1): 97.

Farkas, L. G. and C. K. Deutsch (1982). "Two new instruments to identify the standard positions of the head and face during anthropometry." Plast Reconstr Surg **69**(5): 879-880.

Farkas, L. G., J. C. Posnick and T. Hreczko (1991). "Anthropometry of the head and face in 95 Down syndrome patients." Prog Clin Biol Res **373**: 53-97.

Flannery, A. B., W. S. Looman and K. Kemper (2012). "Evidence-based care of the child with deformational plagiocephaly, part II: management." J Pediatr Health Care **26**(5): 320-331.

Flannery, A. M., M. S. Tamber, C. Mazzola, P. Klimo, Jr., L. C. Baird, R. Tyagi, D. F. Bauer, A. Beier, S. Durham, A. Y. Lin, C. McClung-Smith, L. Mitchell and D. Nikas (2016). "Congress of Neurological Surgeons Systematic Review and Evidence-Based Guidelines for the Management of Patients With Positional Plagiocephaly: Executive Summary." Neurosurgery **79**(5): 623-624.

Fortune, D. W. and W. H. Kitchen (1977). "Malformations in infants of very low birth weight." Med J Aust **1**(8): 239-242.

Fowler, E. A., D. B. Becker, T. K. Pilgram, M. Noetzel, J. Epstein and A. A. Kane (2008). "Neurologic findings in infants with deformational plagiocephaly." J Child Neurol **23**(7): 742-747.

Freudlsperger, C., J. P. Bodem, S. Kargus, G. Castrillon-Oberndorfer, J. Hoffman and M. Engel (2015). "The Incidence of Complications Associated With Molding Helmet Therapy: An Avoidable Risk in the Treatment of Positional Head Deformities?" J Craniofac Surg **26**(4): e299-302.

Glasgow, T. S., F. Siddiqi, C. Hoff and P. C. Young (2007). "Deformational plagiocephaly: development of an objective measure and determination of its prevalence in primary care." J Craniofac Surg **18**(1): 85-92.

Golden, K. A., S. P. Beals, T. R. Littlefield and J. K. Pomatto (1999). "Sternocleidomastoid imbalance versus congenital muscular torticollis: their relationship to positional plagiocephaly." Cleft Palate Craniofac J **36**(3): 256-261.

Graham, J. M., Jr., M. Gomez, A. Halberg, D. L. Earl, J. T. Kreutzman, J. Cui and X. Guo (2005). "Management of deformational plagiocephaly: repositioning versus orthotic therapy." J Pediatr **146**(2): 258-262.

Graham, J. M., Jr., J. Kreutzman, D. Earl, A. Halberg, C. Samayoa and X. Guo (2005). "Deformational brachycephaly in supine-sleeping infants." J Pediatr **146**(2): 253-257.

Hall, K. M., D. A. Besachio, M. D. Moore, A. J. Mora and W. R. Carter (2017). "Effectiveness of screening for craniosynostosis with ultrasound: a retrospective review." Pediatr Radiol **47**(5): 606-612.

Hutchison, B. L., L. A. Hutchison, J. M. Thompson and E. A. Mitchell (2004). "Plagiocephaly and brachycephaly in the first two years of life: a prospective cohort study." Pediatrics **114**(4): 970-980.

Hutchison, B. L., A. W. Stewart and E. A. Mitchell (2009). "Characteristics, head shape measurements and developmental delay in 287 consecutive infants attending a plagiocephaly clinic." Acta Paediatr **98**(9): 1494-1499.

Hutchison, B. L., J. M. Thompson and E. A. Mitchell (2003). "Determinants of nonsynostotic plagiocephaly: a case-control study." Pediatrics **112**(4): e316.

Ifflaender, S., M. Rudiger, D. Konstantelos, K. Wahls and W. Burkhardt (2013). "Prevalence of head deformities in preterm infants at term equivalent age." Early Hum Dev **89**(12): 1041-1047.

Joganic, J. L., J. M. Lynch, T. R. Littlefield and B. C. Verrelli (2009). "Risk factors associated with deformational plagiocephaly." Pediatrics **124**(6): e1126-1133.

Kane, A. A., L. J. Lo, M. W. Vannier and J. L. Marsh (1996). "Mandibular dysmorphology in unicoronal synostosis and plagiocephaly without synostosis." Cleft Palate Craniofac J **33**(5): 418-423.

Kelly, K. M., E. F. Joganic, S. P. Beals, J. A. Riggs, M. K. McGuire and T. R. Littlefield (2018). "Helmet Treatment of Infants With Deformational Brachycephaly." Glob Pediatr Health **5**: 2333794X18805618.

Kluba, S., W. Kraut, B. Calgeer, S. Reinert and M. Krimmel (2014). "Treatment of positional plagiocephaly--helmet or no helmet?" J Craniomaxillofac Surg **42**(5): 683-688.

Kluba, S., F. Rosskopf, W. Kraut, J. P. Peters, B. Calgeer, S. Reinert and M. Krimmel (2016). "Malocclusion in the primary dentition in children with and without deformational plagiocephaly." Clin Oral Investig **20**(9): 2395-2401.

Kriewall, T. J., G. K. McPherson and A. C. Tsai (1981). "Bending properties and ash content of fetal cranial bone." J Biomech **14**(2): 73-79.

Linz, C., F. Kunz, H. Bohm and T. Schweitzer (2017). "Positional Skull Deformities." Dtsch Arztebl Int **114**(31-32): 535-542.

Littlefield, T. R., K. M. Kelly, J. K. Pomatto and S. P. Beals (1999). "Multiple-birth infants at higher risk for development of deformational plagiocephaly." Pediatrics **103**(3): 565-569.

Looman, W. S. and A. B. Flannery (2012). "Evidence-based care of the child with deformational plagiocephaly, Part I: assessment and diagnosis." J Pediatr Health Care **26**(4): 242-250; quiz 251-243.

Losee, J. E. and A. C. Mason (2005). "Deformational plagiocephaly: diagnosis, prevention, and treatment." Clin Plast Surg **32**(1): 53-64, viii.

Loveday, B. P. and T. B. de Chalain (2001). "Active counterpositioning or orthotic device to treat positional plagiocephaly?" J Craniofac Surg **12**(4): 308-313.

Lutterodt, C. G., A. Sadri and S. Eccles (2015). "Effectiveness of Conservative Therapy and Helmet Therapy for Positional Cranial Deformation." Plast Reconstr Surg **136**(6): 852e-853e.

Mawji, A., A. R. Vollman, T. Fung, J. Hatfield, D. A. McNeil and R. Sauve (2014). "Risk factors for positional plagiocephaly and appropriate time frames for prevention messaging." Paediatr Child Health **19**(8): 423-427.

McKinney, C. M., M. L. Cunningham, V. L. Holt, B. Leroux and J. R. Starr (2008). "Characteristics of 2733 cases diagnosed with deformational plagiocephaly and changes in risk factors over time." Cleft Palate Craniofac J **45**(2): 208-216.

McPherson, G. K. and T. J. Kriewall (1980). "The elastic modulus of fetal cranial bone: a first step towards an understanding of the biomechanics of fetal head molding." J Biomech **13**(1): 9-16.

Meyer-Marcotty, P., H. Bohm, C. Linz, F. Kunz, N. Keil, A. Stellzig-Eisenhauer and T. Schweitzer (2012). "Head orthosis therapy in infants with unilateral positional plagiocephaly: an interdisciplinary approach to broadening the range of orthodontic treatment." J Orofac Orthop **73**(2): 151-165.

Mills, M. V. (2006). "Consider osteopathic manipulation in next positional plagiocephaly research." J Pediatr **148**(5): 706-707.

Morrison, C. S. and M. Chariker (2006). "Positional plagiocephaly: pathogenesis, diagnosis, and management." J Ky Med Assoc **104**(4): 136-140.

Moss, S. D. (1997). "Nonsurgical, nonorthotic treatment of occipital plagiocephaly: what is the natural history of the misshapen neonatal head?" Neurosurg Focus **2**(2): e3; discussion 1 p following e3.

Mulliken, J. B., D. L. Vander Woude, M. Hansen, R. A. LaBrie and R. M. Scott (1999). "Analysis of posterior plagiocephaly: deformational versus synostotic." Plast Reconstr Surg **103**(2): 371-380.

Neufeld, S. and S. Birkett (2000). "What to do about flat heads: preventing and treating positional occipital flattening." Axone **22**(2): 29-31.

Peitsch, W. K., C. H. Keefer, R. A. LaBrie and J. B. Mulliken (2002). "Incidence of cranial asymmetry in healthy newborns." Pediatrics **110**(6): e72.

Persing, J., H. James, J. Swanson, J. Kattwinkel, P. American Academy of Pediatrics Committee on, S. o. P. S. Ambulatory Medicine and S. Section on Neurological (2003). "Prevention and management of positional skull deformities in infants. American Academy of Pediatrics Committee on Practice and Ambulatory Medicine, Section on Plastic Surgery and Section on Neurological Surgery." Pediatrics **112**(1 Pt 1): 199-202.

Pollack, I. F., H. W. Losken and P. Fasick (1997). "Diagnosis and management of posterior plagiocephaly." Pediatrics **99**(2): 180-185.

Regelsberger, J., G. Dellling, K. Helmke, M. Tsokos, G. Kammler, H. Kranzlein and M. Westphal (2006). "Ultrasound in the diagnosis of craniosynostosis." J Craniofac Surg **17**(4): 623-625; discussion 626-628.

Rogers, G. F., J. Miller and J. B. Mulliken (2008). "Comparison of a modifiable cranial cup versus repositioning and cervical stretching for the early correction of deformational posterior plagiocephaly." Plast Reconstr Surg **121**(3): 941-947.

Rosenbaum T, B. P., Schweitzer T (2012). "Dynamische Kopforthesen („Helmtherapie“). Stellungnahme der gemeinsamen Therapiekonferenz der Gesellschaft für Neuropädiatrie und der deutschen Gesellschaft für Sozialpädiatrie und Jugendmedizin 2012."

Rubio, A. S., J. R. Griffet, H. Caci, E. Berard, T. El Hayek and P. Boutte (2009). "The moulded baby syndrome: incidence and risk factors regarding 1,001 neonates." Eur J Pediatr **168**(5): 605-611.

Schaaf, H., C. Y. Malik, P. Streckbein, J. Pons-Kuehnemann, H. P. Howaldt and J. F. Wilbrand (2010). "Three-dimensional photographic analysis of outcome after helmet treatment of a nonsynostotic cranial deformity." J Craniofac Surg **21**(6): 1677-1682.

Shweikeh, F., M. Nuno, M. Danielpour, M. D. Krieger and D. Drazin (2013). "Positional plagiocephaly: an analysis of the literature on the effectiveness of current guidelines." Neurosurg Focus **35**(4): E1.

Skadberg, B. T., I. Morild and T. Markestad (1998). "Abandoning prone sleeping: Effect on the risk of sudden infant death syndrome." J Pediatr **132**(2): 340-343.

Soboleski, D., D. McCloskey, B. Mussari, E. Sauerbrei, M. Clarke and A. Fletcher (1997). "Sonography of normal cranial sutures." AJR Am J Roentgenol **168**(3): 819-821.

Speltz, M. L., B. R. Collett, M. Stott-Miller, J. R. Starr, C. Heike, A. M. Wolfram-Aduan, D. King and M. L. Cunningham (2010). "Case-control study of neurodevelopment in deformational plagiocephaly." Pediatrics **125**(3): e537-542.

Spermon, J., R. Spermon-Marijnen and W. Scholten-Peeters (2008). "Clinical classification of deformational plagiocephaly according to Argenta: a reliability study." J Craniofac Surg **19**(3): 664-668.

St John, D., J. B. Mulliken, L. B. Kaban and B. L. Padwa (2002). "Anthropometric analysis of mandibular asymmetry in infants with deformational posterior plagiocephaly." J Oral Maxillofac Surg **60**(8): 873-877.

Steinberg, J. P., R. Rawlani, L. S. Humphries, V. Rawlani and F. A. Vicari (2015). "Effectiveness of conservative therapy and helmet therapy for positional cranial deformation." Plast Reconstr Surg **135**(3): 833-842.

Teichgraeber, J. F., K. Seymour-Dempsey, J. E. Baumgartner, J. J. Xia, A. L. Waller and J. Gateno (2004). "Molding helmet therapy in the treatment of brachycephaly and plagiocephaly." J Craniofac Surg **15**(1): 118-123.

Turk, A. E., J. G. McCarthy, C. H. Thorne and J. H. Wisoff (1996). "The "back to sleep campaign" and deformational plagiocephaly: is there cause for concern?" J Craniofac Surg **7**(1): 12-18.

van Adrichem, L. N., L. A. van Vlimmeren, D. Cadanova, P. J. Helders, R. H. Engelbert, H. J. van Neck and A. H. Koning (2008). "Validation of a simple method for measuring cranial deformities (plagiocephalometry)." J Craniofac Surg **19**(1): 15-21.

van Vlimmeren, L. A., R. H. Engelbert, M. Pelsma, H. M. Groenewoud, M. M. Boere-Boonekamp and M. W. der Sanden (2017). "The course of skull deformation from birth to 5 years of age: a prospective cohort study." Eur J Pediatr **176**(1): 11-21.

van Vlimmeren, L. A., Y. van der Graaf, M. M. Boere-Boonekamp, M. P. L'Hoir, P. J. Helders and R. H. Engelbert (2007). "Risk factors for deformational plagiocephaly at birth and at 7 weeks of age: a prospective cohort study." Pediatrics **119**(2): e408-418.

van Wijk, R. M., M. Pelsma, C. G. Groothuis-Oudshoorn, I. J. MJ, L. A. van Vlimmeren and M. M. Boere-Boonekamp (2014). "Response to pediatric physical therapy in infants with positional preference and skull deformation." Phys Ther **94**(9): 1262-1271.

van Wijk, R. M., L. A. van Vlimmeren, C. G. Groothuis-Oudshoorn, C. P. Van der Ploeg, M. J. Ijzerman and M. M. Boere-Boonekamp (2014). "Helmet therapy in infants with positional skull deformation: randomised controlled trial." BMJ **348**: g2741.

Virchow, R. (1851). "Ueber den Cretinismus, namentlich in Franken, und ueber pathologische Schädelform." Ver Phys Med Gesellsch Wuerzburg **230-271**.

Vles, J. S., C. Colla, J. W. Weber, E. Beuls, J. Wilmink and H. Kingma (2000). "Helmet versus nonhelmet treatment in nonsynostotic positional posterior plagiocephaly." J Craniofac Surg **11(6)**: 572-574.

Wilbrand, J. F., U. Bierther, T. Nord, M. Reinges, A. Hahn, P. Christophis, P. Streckbein, C. Kähling and H. P. Howaldt (2014). "Percentile-based assessment of craniosynostosis." J Craniomaxillofac Surg **42(5)**: 634-640.

Wilbrand, J. F., F. Hagemes, M. Wilbrand, J. Kuehnemann, F. Dey, P. Streckbein and H. P. Howaldt (2014). "Nonsynostotic cranial deformity: a six-month matched-pair photogrammetric comparison of treated and untreated infants." Cleft Palate Craniofac J **51(6)**: 632-638.

Wilbrand, J. F., K. Kaps, D. Tabak, U. Bierther, M. Wilbrand, B. A. Neubauer, J. Pons-Kuehnemann, H. P. Howaldt and A. Hahn (2017). "Normal Head Shape Parameters in the First 2 Years of Life and Effect of Helmet Therapy." Neuropediatrics **48(6)**: 432-441.

Wilbrand, J. F., N. Lautenbacher, J. Pons-Kuehnemann, P. Streckbein, C. Kähling, M. H. Reinges, H. P. Howaldt and M. Wilbrand (2016). "Treated Versus Untreated Positional Head Deformity." J Craniofac Surg **27(1)**: 13-18.

Wilbrand, J. F., K. Schmidtberg, U. Bierther, P. Streckbein, J. Pons-Kuehnemann, P. Christophis, A. Hahn, H. Schaaf and H. P. Howaldt (2012). "Clinical classification of infant nonsynostotic cranial deformity." J Pediatr **161(6)**: 1120-1125.

Wilbrand, J. F., M. Seidl, M. Wilbrand, P. Streckbein, S. Böttger, J. Pons-Kuehnemann, A. Hahn and H. P. Howaldt (2013). "A prospective randomized trial on preventative methods for positional head deformity: physiotherapy versus a positioning pillow." J Pediatr **162(6)**: 1216-1221, 1221 e1211.

Wilbrand, J. F., M. Wilbrand, C. Y. Malik, H. P. Howaldt, P. Streckbein, H. Schaaf and H. Kerkmann (2012). "Complications in helmet therapy." J Craniomaxillofac Surg **40(4)**: 341-346.

Wilbrand, J. F., M. Wilbrand, J. Pons-Kuehnemann, J. C. Blecher, P. Christophis, H. P. Howaldt and H. Schaaf (2011). "Value and reliability of anthropometric measurements of cranial deformity in early childhood." J Craniomaxillofac Surg **39(1)**: 24-29.

## 11 Publikationsverzeichnis

Wilbrand, J. F., K. Kaps, D. Tabak, U. Bierther, M. Wilbrand, B. A. Neubauer, J. Pons-Kuehnemann, H. P. Howaldt and A. Hahn (2017). "Normal Head Shape Parameters in the First 2 Years of Life and Effect of Helmet Therapy." Neuropediatrics **48**(6): 432–441.

## 12 Anhang

### 12.1 Freigabe zur Bildnutzung

28/06/2022 12:15

+49-931-201-72700

SEKR. PROF. KUEBLER

S. 01/01

**Linz, Christian**

---

**Von:** Kaps, Kerstin <Kerstin.Kaps@uniklinikum-giessen.de>  
**Gesendet:** Dienstag, 28. Juni 2022 11:12  
**An:** Linz, Christian  
**Cc:** kerstin.kaps@uk-gm.de  
**Betreff:** [EXT] Bitte um Erlaubnis zur Bildnutzung im Rahmen einer Dissertation

Sehr geehrter Prof. Dr. Dr. Linz,

Ich kontaktiere Sie, da Sie der Autor des Artikels „Positional Skull Deformities, Etiology, Prevention, Diagnosis, and Treatment“ sind. In Ihrem Artikel benutzen sie eine sehr klare und strukturierte Abbildung der klinischen Klassifikation kindlicher, lagebedingter Schädeldeformitäten nach Argenta et al. (Figure 1: Classification of positional plagiocephaly and brachycephaly according to Argenta).

Ich bin Assistenzärztin an der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums in Gießen. Im Rahmen meiner Dissertation mit dem Titel „Retrospektive Analyse zur Helmtherapie nicht- synostotischer Schädeldeformitäten verglichen mit einem Normkollektiv“ würde ich die oben genannte Abbildung gerne nutzen.

Ich würde Sie nun als Autor des Artikels um die Erlaubnis bitten oben genannte Abbildung im Rahmen meiner Dissertation verwenden zu dürfen. Sollten Sie mit der Verwendung des Bildes einverstanden sein könnten Sie auf diesem Zettel unterschrieben und ihn freundlicherweise eine Kopie an mich zurücksenden.

Vielen Dank das Sie sich die Zeit genommen haben und eine Freigabe des Bildes in Betracht ziehen.

Mit freundlichen Grüßen

Kerstin Kaps

[Kerstin.Kaps@uniklinikum-giessen.de](mailto:Kerstin.Kaps@uniklinikum-giessen.de)

Fax: 0641-985 46279

Die Erlaubnis wird hiermit gemäß den Bedingungen dieses Schreibens erteilt.

Datum: 28.06.22

Unterschrift



## 12.2 Fragebogen der Elternbefragung



UNIVERSITÄTSKLINIKUM  
GIESSEN UND MARBURG

Uniklinikum GI und MR GmbH, MKG-Chirurgie  
Klinikstrasse 33, D - 35385 Giessen

Klinik und Poliklinik für  
Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie  
- Plastische Operationen –  
Justus-Liebig-Universität Giessen  
Direktor:  
Prof. Dr.med. Dr.med.dent. H.-P. Howaldt

Klinikstraße 33  
35385 Giessen

Telefon (0641) 985-46271  
Telefax (0641) 985-46279  
E-mail: mkg@uniklinikum-giessen.de  
www.ukgm.de/ugi\_mkg  
Az.: \_\_Fragebogen/lö

Giessen, den \_\_\_\_\_

Sehr geehrte Eltern,

Sie stellen sich heute in unserer Sprechstunde für Liegeschädeldeformitäten erstmalig vor. Wir möchten Sie freundlich bitten, bereits im Wartezimmer den folgenden Fragebogen auszufüllen. Dieses dient der standardisierten Erhebung der Daten zu Ihrem Kind und hilft uns, Ihrem Kind eine bestmögliche Therapie zukommen zu lassen.

Nachname: \_\_\_\_\_

Vorname: \_\_\_\_\_

Geburtsdatum: \_\_\_\_\_

Bei den nachfolgenden Fragestellungen bitten wir Sie, das Zutreffende anzukreuzen:

**Geschlecht:**

männlich     weiblich

**Ist Ihr Kind laut errechnetem Geburtstermin zur Welt gekommen?**

ja             nein, zu spät     nein, zu früh

**In welcher Schwangerschaftswoche ist Ihr Kind zur Welt gekommen?**

\_\_\_\_\_

**Bestand eine Mehrlingsgeburt?**

ja             nein

**Hat Ihr Kind bereits Geschwister?**

ja            wenn ja, wie viele? \_\_\_\_\_  nein

**Wie war das Geburtsgewicht?**

\_\_\_\_\_ g

**Wie war die Geburtsgröße?**

\_\_\_\_\_ cm

**In welchem Lebensmonat ist Ihnen bei Ihrem Kind erstmals eine Schädeldeformität aufgefallen?**

---

**Bisher angewandte Therapie?**

- bislang keine Therapie     Umlagerungsversuche  
 Osteopathie             Craniosakraltherapie     Atlas-Therapie
- Krankengymnastik  
 nach Bobath             nach Vojta             Dehnungsübungen

**Hatten die durchgeführten Therapiemaßnahmen Einfluss auf die Beweglichkeit der Halswirbelsäule?**

- keinen Einfluss             geringen Einfluss             mittleren Einfluss  
 starken Einfluss             keine Angaben

**Hatten die durchgeführten therapeutischen Maßnahmen Einfluss auf die Kopfform?**

- keinen Einfluss       geringen Einfluss       mittleren Einfluss  
 starken Einfluss       keine Angaben

**Auf die Helmtherapie am Universitätsklinikum Gießen sind wir aufmerksam gemacht worden durch:**

- Freunde / Bekannte       Internet       Kinderarzt  
 Krankengymnast/Orthopäde       Sonstige
- 

**Wie beurteilen Sie die Deformität?**

- mild       moderat       schwer

**Wo sehen Sie eine Deformität?**

- Gesicht       Stirn       Ohren       Hinterkopf

Wir danken Ihnen recht herzlich für das Ausfüllen dieses Fragebogens und freuen uns darüber, Sie heute in unserer Helmsprechstunde begrüßen zu dürfen.

Prof. Dr. Dr. H.-P. Howaldt  
Direktor der Klinik

Dr. J.-F. Wilbrand  
Oberarzt der Klinik

### **13 Ehrenwörtliche Erklärung**

„Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne unzulässige Hilfe oder Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nichtveröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten sowie ethische, datenschutzrechtliche und tierschutzrechtliche Grundsätze befolgt. Ich versichere, dass Dritte von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen, oder habe diese nachstehend spezifiziert. Die vorgelegte Arbeit wurde weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde zum Zweck einer Promotion oder eines anderen Prüfungsverfahrens vorgelegt. Alles aus anderen Quellen und von anderen Personen übernommene Material, das in der Arbeit verwendet wurde oder auf das direkt Bezug genommen wird, wurde als solches kenntlich gemacht. Insbesondere wurden alle Personen genannt, die direkt und indirekt an der Entstehung der vorliegenden Arbeit beteiligt waren. Mit der Überprüfung meiner Arbeit durch eine Plagiatserkennungssoftware bzw. ein internetbasiertes Softwareprogramm erkläre ich mich einverstanden.“

Ort, Datum

Unterschrift

## 14 Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn PD Dr. Dr. Wilbrand für die Überlassung des Themas dieser Arbeit. Du hast mich im klinischen Alltag während der ersten neun Jahre meiner Arbeit fortwährend unterstützt und ausgebildet und warst mir, auch nachdem du dein eigener Chef geworden bist, nicht nur Mentor, sondern auch Freund. Vielen Dank!

Ich danke Herrn Prof. Dr. Dr. Howaldt, der mich von Anfang an gefördert, unterstützt und – wenn notwendig und ich mal wieder „hart am Wind gesegelt bin“ – auch gebremst hat. Ohne Sie wäre ich heute nicht da, wo ich bin.

Ein weiterer Dank gilt meinen Kolleginnen und Kollegen der Poliklinik und Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen. Bei Problemen hattet ihr jederzeit ein offenes Ohr und habt, wenn notwendig, eure Hilfe angeboten. Mit euch macht ein oft stressiger Alltag trotzdem Spaß. Gemeinsam sind wir stark.

Für die beständige Hilfe bei der Auswertung der erhobenen Daten, das Beantworten der vermeintlich unsinnigsten Fragen und dies auch noch über den Ruhestand hinaus, möchte ich an Herrn Kattenborn einen besonderen Dank aussprechen.

Jenny Hess und meinem Bruder Jan Schmidtberg möchte ich von ganzem Herzen für das Überwinden einiger lithographischer Hürden sowie das Gestalten des Layouts danken.

Nicht nur mich, sondern auch meinen Mann Gunnar hat diese Arbeit viele Nerven gekostet, aber es heißt ja „in guten wie in schlechten Zeiten“. Vielen Dank, dass du immer für mich da bist. Ich liebe Dich.

Nicht zuletzt danke ich meinen Eltern, die immer an mich glauben und mir heute noch mit Rat und Tat zur Seite stehen, wann immer ich sie brauche.